



PROJETO DE GRADUAÇÃO

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE MODELOS
SELECIONADOS DA FROTA DE UMA
ORGANIZAÇÃO MILITAR OPERATIVA DO
EXÉRCITO BRASILEIRO**

Por,
João Victor Schenkel Bertoncello

Brasília, 17 de setembro de 2024.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE MODELOS SELECIONADOS DA FROTA DE UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Por,

João Victor Schenkel Bertoncello

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Sérgio Ronaldo Granemann, UnB/ EPR (Orientador)

Prof. Clóvis Neumann, UnB/ EPR

Brasília, 17 de setembro de 2024.

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha esposa, pelo apoio, companheirismo e por acreditar no meu potencial em cada passo dessa jornada. Agradeço aos meus amigos, que sempre me apoiaram nos momentos de dificuldade, e aos professores que me guiaram com paciência e compreensão sobre a condição de estudar ao mesmo tempo em que servi oito anos no Exército Brasileiro. Este projeto é o reflexo de todo o amor, apoio e aprendizado que recebi de vocês.

Agradecimentos

A conclusão deste projeto de graduação representa um marco importante em minha jornada acadêmica, e não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de muitas pessoas.

Agradeço primeiramente minha esposa, Edelweiss, que escolheu percorrer essa jornada comigo há nove anos, e desde então passamos por diversos desafios enquanto trabalhávamos e estudávamos na graduação. Se pude atravessar todas essas dificuldades foi graças ao seu apoio, carinho, compreensão e amor.

Agradeço ao William, meu amigo há quase quinze anos, e que considero um irmão.

Agradeço ao Ian, que conheci quando ingressei na UnB em 2015 para cursar Engenharia Aeroespacial. Após trocar de curso para possibilitar meu ingresso no Exército Brasileiro, mantivemos amizade mesmo distante, torcendo pelas vitórias um do outro até hoje.

Agradeço também à minha família, que desde sempre me ofereceu encorajamento para estudar.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao meu orientador, Sérgio Ronaldo Granemann, por sua orientação, paciência e suporte inabalável ao longo deste processo. Suas valiosas sugestões e conselhos foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, sou grato à última organização militar em que servi nos últimos cinco anos, que não menciono para preservar as informações disponibilizadas nesse projeto. Agradeço por tudo que aprendi no meu período de permanência e a flexibilidade que recebi para realizar as últimas atividades da graduação.

A todos, meu mais profundo agradecimento.

RESUMO

A frota do Exército Brasileiro é composta por mais de 16.840 Viaturas Operacionais Não Blindadas que influenciam diretamente na capacidade de pronto emprego de transporte de tropas e materiais. Nesse contexto, o presente projeto tem a finalidade de realizar uma avaliação econômica de dois modelos de veículos da frota de uma Organização Militar operativa do Exército Brasileiro, localizada em Brasília-DF, por intermédio da análise da vida útil, bem como da determinação de sua vida econômica. Pretende-se determinar a quantidade de viaturas em uso que se encontram acima da vida econômica com o objetivo de calcular os impactos econômicos de realização de uma substituição idêntica para renovar a frota envelhecida.

Palavras-chave: avaliação econômica; vida econômica; substituição idêntica; substituição de frota; Exército Brasileiro.

ABSTRACT

The Brazilian Army fleet consists of more than 16,840 Non-Armored Operational Vehicles that directly influence the readiness capacity for transporting troops and materials. In this context, this project aims to perform an economic evaluation of two models of the fleet of an operational Military Organization of the Brazilian Army, located in Brasília-DF, through the analysis of their useful life, as well as the calculation of their economic life. The objective is to determine the number of vehicles in use that are beyond their economic life, with the aim of calculating the economic impacts of carrying out an identical replacement to renew the aging fleet.

Keywords: economic evaluation; economic life; identical replacements; fleet replacement; Brazilian Army.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2	JUSTIFICATIVA	12
1.3	OBJETIVOS	12
1.4	METODOLOGIA	13
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	15
2.2	SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	16
2.3	CONCEITO DE VIDA ÚTIL.....	16
2.4	CONCEITO DE VIDA ECONÔMICA.....	17
2.5	CUSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE	17
3	MODELOS DE RENOVAÇÃO DE FROTA	20
3.1	APLICAÇÕES DE MODELOS	21
3.1.1	<i>Avaliação econômica da frota brasileira de caminhões de transportadores remunerados</i>	<i>21</i>
3.1.2	<i>Avaliação econômica da frota brasileira de ônibus interestaduais de passageiros</i>	<i>21</i>
3.1.3	<i>Avaliação de cenários para substituição de uma frota veicular na administração pública baseada na determinação da vida útil econômica.....</i>	<i>22</i>
3.1.4	<i>Avaliação de substituição de frota de uma empresa transportadora em Recife.....</i>	<i>22</i>
3.1.5	<i>Veículos elétricos em órgãos públicos: metodologia para substituição gradual da frota a combustão por veículos elétricos.....</i>	<i>22</i>
4	ANÁLISE DA VIDA ECONÔMICA DE UMA FROTA DE VIATURAS DE UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DO EXÉRCITO BRASILEIRO	24
4.1	SELEÇÃO DAS VIATURAS A PARTIR DA BASE DE DADOS	24
4.2	AGRALE MARRUÁ AM21 4x4 VTNE ¾ ton	26
4.2.1	<i>Cálculo Da Vida Econômica</i>	<i>27</i>
4.2.2	<i>IMPACTOS ECONÔMICOS DA SUBSTITUIÇÃO IDÊNTICA.....</i>	<i>38</i>
4.3	MERCEDES-BENZ ATEGO 1725/42 VTNE 5 ton	39
4.3.1	<i>Cálculo Da Vida Econômica</i>	<i>43</i>
4.3.2	<i>IMPACTOS ECONÔMICOS DA SUBSTITUIÇÃO IDÊNTICA.....</i>	<i>49</i>
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	51
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Estrutura das Leis no Orçamento Público</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2 - Variação dos custos do veículo ao longo do tempo.</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3 - Fichas de Viatura emitidas pela OM operativa no 1º semestre de 2024.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 4 - Agrale Marruá AM21.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5 - Curva de depreciação operacional Agrale Marruá AM21</i>	<i>30</i>
<i>Figura 6 - Curva de depreciação mais custo de capital Agrale Marruá AM21.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 7 - Curva de custo de manutenção Agrale Marruá AM21.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 8 - Custo Anual Uniforme Equivalente Agrale Marruá AM21.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 9 - Vtr Atego 1725</i>	<i>39</i>
<i>Figura 10 - Vtr Atego 1725 sem lona</i>	<i>40</i>
<i>Figura 11 - Valor do modelo P-370 A4x2 segundo tabela Fipe.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 12 - Scania P370 B4x4HZ.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 13 - Curva de depreciação operacional MBB Atego 1725.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 14 - Curva de depreciação mais custo de capital MBB Atego 1725</i>	<i>46</i>
<i>Figura 15 - Curva de custo de manutenção MBB Atego 1725</i>	<i>47</i>
<i>Figura 16 - Custo Anual Uniforme Equivalente MBB Atego 1725</i>	<i>49</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de veículos no EB conforme Relatório Contábil do Exército Brasileiro 2022	11
Tabela 2 - Viaturas da OM operativa	25
Tabela 3 - Informações sobre Agrale Marruá AM21	27
Tabela 4 - Valor residual para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21	29
Tabela 5 - Depreciação operacional para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21.	29
Tabela 6 - Custo de capital para os 25 anos de vida útil com taxa Finame de 10,23% Agrale Marruá AM21	31
Tabela 7 - Depreciação mais custo de capital para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21	31
Tabela 8 - Custo anual de manutenção em % do valor da viatura nova para os 25 anos de vida útil	33
Tabela 9 - Custo anual de manutenção para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21	33
Tabela 10 - “Achar A dado P” para os 25 anos de vida útil.	34
Tabela 11 - “Achar A dado F” para os 25 anos de vida útil.	35
Tabela 12 - “Achar P dado F” para os 25 anos de vida útil.	35
Tabela 13 - Custo total para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21	36
Tabela 14 - Custo Anual Uniforme Equivalente Agrale Marruá AM21	37
Tabela 15 - Quantidade de Marruás existente na OM	38
Tabela 16 - Informações sobre Atego 1725 4x4	40
Tabela 17 - Composição final do custo do caminhão Atego 1725	40
Tabela 18 - Informações sobre Scania P370 B4x4HZ	42
Tabela 19 - Composição final do custo do modelo hipotético Scania P 370 B4x4HZ militarizado	42
Tabela 20 - Valor residual para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725	43
Tabela 21 - Depreciação operacional para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725	44
Tabela 22 - Custo de capital para os 25 anos de vida útil com taxa Finame de 10,23% MBB Atego 1725	45
Tabela 23 - Depreciação mais custo de capital para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725	45
Tabela 24 - Custo anual de manutenção para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725	46
Tabela 25 - Custo total para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725	48
Tabela 26 - Custo Anual Uniforme Equivalente MBB Atego 1725	48

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

l	Litro	[dm ³]
kg	Quilograma	[1000g]
ton	Tonelada	[1000kg]
cv	cavalo-vapor	[735,49875 W]
HP	horsepower	[1,0139 cv]

Subscritos

<i>t</i>	Tempo
----------	-------

Siglas

AH	Análise Horizontal
AV	Análise Vertical
CAUE	Custo Anual Uniforme Equivalente
Cl	Classe
COAAe	Centro de Operações Antiaéreas
COLOG	Comando Logístico
D Mat	Diretoria de Material
EB	Exército Brasileiro
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
MEM	Material de Emprego Militar
OM	Organização Militar
SISCOFIS	Sistema de Controle Físico
SisLogMnt	Sistema Logístico de Manutenção
TLP	Taxa de Longo Prazo
TL	Taxa de Licenciamento
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VTNE	Viatura de Transporte Não Especializado
Vtr	Viatura

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo o tema a ser abordado no trabalho é contextualizado, o seu desenvolvimento é justificado e os objetivos que o projeto pretende alcançar são elencados. Por fim, são apresentadas a metodologia e a organização do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil conta com as Forças Armadas, compostas pela Marinha, Exército e Força Aérea, como seu principal instrumento de defesa. Essas instituições devem ser capazes de contribuir de forma efetiva para o esforço nacional de defesa, mantendo-se modernas, compatíveis com a estatura político-estratégica do país e sempre prontas para o emprego. O Ministério da Defesa, junto com as três Forças Singulares, compõe o Setor de Defesa (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2020).

No contexto das Forças Singulares, a eficiência logística e a mobilidade são pilares fundamentais para o sucesso de operações administrativas, de treinamento e, sobretudo, em situações críticas de apoio às autoridades civis durante calamidades públicas. Nesse cenário, o emprego dos meios de transporte orgânicos desempenha um papel crucial, conforme descrito no seguinte trecho das NORMAS PARA O TRANSPORTE NAS FORÇAS ARMADAS (MD34-N-01), do Ministério da Defesa:

2.1.1 É princípio geral que as Forças Singulares utilizem seus meios de transporte orgânicos para o atendimento das suas necessidades administrativas, operativas, de adestramento, ou mesmo no auxílio às autoridades civis, em caso de calamidade pública.

2.1.2 Cada Força Singular deve dispor dos meios de transporte orgânicos mais apropriados às suas atividades específicas, a fim de apoiar as próprias operações.

2.1.3 Em período de normalidade as Forças Singulares administram os meios de transporte orgânicos de acordo com normas próprias e cumprem tarefas logísticas conjuntas sob a coordenação do Ministério da Defesa, observando os procedimentos comuns estabelecidos na presente publicação.

Tendo essa função em vista, é necessário que as frotas de veículos precisam ser bem administradas pelo Exército Brasileiro (EB). Neste sentido, a gestão de frotas consiste em supervisionar e administrar um conjunto de veículos pertencentes a uma mesma organização, abrangendo atividades como dimensionamento, especificação de equipamento, roteirização, controle de custos, manutenção e renovação de veículos, entre outros aspectos (VALENTE et al, 1997). No entanto, muitas empresas tratam a gestão de frotas como um fator isolado dos objetivos estratégicos, não reconhecendo plenamente os benefícios que uma gestão eficiente da frota pode proporcionar ao desempenho global, como pontualidade nos serviços e melhoria na produção (MONTENEGRO et al., 2011).

Dentre os diversos serviços relacionados à gestão de frotas, a manutenção desempenha um papel

crucial ao garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações, assegurando o funcionamento adequado do processo de produção e a preservação ambiental, com confiabilidade, segurança e custos adequados (KARDEC e NASCIF, 1998). Marcorin e Lima (2003) classificam a manutenção em preventiva, corretiva ou preditiva.

A frota de caminhões de transportadores remunerados no Brasil enfrenta desafios relacionados ao desgaste causado pelas condições precárias das rodovias, além das mudanças tecnológicas decorrentes do avanço e inovação automobilística. A obsolescência dos veículos resulta em custos elevados para transportadores autônomos, empresas e cooperativas de transporte. O aumento progressivo nos custos de manutenção ao longo do tempo é uma das razões que motivam a substituição de veículos antigos por novos (PEREIRA, 2006). A substituição de um veículo obsoleto por um novo resulta na redução dos custos operacionais, uma vez que os ativos mais recentes geralmente possuem custos de manutenção menores (RADEL et al., 2012).

De um total R\$ 20.110.233.761,86 em Bens Móveis do Exército Brasileiro, veículos somam uma parcela de 45,39%, totalizando R\$ 8.420.930.105,08. Deste valor, os veículos de Tração Mecânica compõem 43,08%, totalizando R\$ 4.065.519.281,72 (Exército Brasileiro, 2022), conforme ilustrado nas Tabelas 1.

Tabela 1 - Composição de veículos no EB conforme Relatório Contábil do Exército Brasileiro 2022

Veículos	31/12/2022 (R\$)	31/12/2021 (R\$)	AH ¹ (%)	AV ² (%)
Veículos em Geral	110.135.125,33	82.270.931,50	33,87	1,17
Veículos Ferroviários	5.567,29	0,29	1.919.655,17	0,00
Veículos de Tração Mecânica	4.065.519.281,72	4.113.862.626,57	(1,18)	43,08
Carros de Combate	3.037.461.553,84	2.794.872.045,48	8,68	32,19
Aeronaves	2.092.995.728,67	1.337.483.979,75	56,49	22,18
Embarcações	130.737.073,75	92.440.521,49	41,43	1,39
Total	9.436.854.330,60	8.420.930.105,08	12,06	100,00

Fonte: SIAFI 2021 e 2022

No âmbito do EB é esperado que as viaturas³ sejam alienadas com mais de 15 ou 25 anos de uso, dependendo da classificação da viatura (administrativa ou operacional), conforme descrito no seguinte

¹ Análise Horizontal: variação percentual do item de um período em relação ao período do ano anterior.

² Análise Vertical: participação percentual do item em relação ao total do período.

³ Todo e qualquer veículo automotor, destinado ao transporte militar de cargas, tropas ou ao uso administrativo, operacional e logístico.

trecho do PLANO DE ALIENAÇÃO DE VIATURAS PERTENCENTES AO COMANDO DO EXÉRCITO PARA O PERÍODO DE 2021 A 2025 (EB40-P-20.951), do Comando Logístico:

c. Critérios para a alienação

1) A relação inicial das viaturas que irão compor o Plano de Alienação em "A" será composta pelas viaturas administrativas com mais de 15 (quinze) anos de uso e pelas viaturas operacionais não blindadas sobre rodas com mais de 25 (vinte e cinco) anos de uso, podendo:

a) serem excluídas viaturas da relação inicial, desde que autorizadas pela Região Militar;
e

b) serem incluídas viaturas administrativas com menos de 15 (quinze) anos de uso e viaturas operacionais não blindadas sobre rodas com menos de 25 (vinte e cinco) anos de uso, desde que sejam homologadas as descargas pela Diretoria de Material.

1.2 JUSTIFICATIVA

Como forma de auxiliar a tomada de decisão em relação ao momento ideal para substituição da frota, bem como na determinação do montante necessário para esta renovação, o presente trabalho propõe uma análise da frota de viaturas de uma Organização Militar do Exército Brasileiro localizada em Brasília-DF. Isso é fundamental porque os veículos desatualizados não apenas aumentam os gastos operacionais para as partes envolvidas no transporte, mas também contribuem significativamente para a ocorrência de consequências negativas adicionais, tais como acidentes e a emissão de poluentes atmosféricos. (ARRUDA, 2010).

De acordo com Cruvinel et al. (2012), o consumo total de combustível pelos veículos pode ser usado para estimar a quantidade total de emissões de dióxido de carbono (CO₂). A renovação da frota de veículos antigos pode levar a benefícios econômicos devido à redução do consumo de combustível, bem como a benefícios ambientais devido à redução das emissões de CO₂. Esses benefícios ambientais podem ser medidos em termos de créditos de carbono, conforme estabelecido pelo Protocolo de Kyoto.

À medida que os veículos envelhecem, os custos de seguros também aumentam devido à crescente probabilidade de ocorrência de sinistros. Além desses aspectos, é crucial considerar que a condição dos veículos desempenha um papel fundamental no desempenho dos transportadores rodoviários de carga. Uma tomada de decisão embasada na renovação da frota não apenas proporciona significativos ganhos em termos de qualidade, como produtividade, disponibilidade e conforto na utilização (MONTENEGRO et al., 2011), mas também contribui para a busca contínua de aprimoramento nos serviços prestados. Além disso, tal iniciativa visa promover a segurança no trânsito e o bem-estar da sociedade brasileira, destacando a extrema importância do controle da idade dos veículos.

1.3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

OBJETIVO GERAL

Realizar uma avaliação econômica de modelos selecionados da frota de uma Organização Militar do Exército Brasileiro, a partir da análise do momento ideal para a substituição dos veículos devido ao uso. Foi utilizada uma base de dados fornecida por uma Organização Militar operativa do Exército Brasileiro, localizada em Brasília, no Distrito Federal.

Para a amostra analisada, determinar os tipos de viaturas mais utilizadas, analisar a vida útil destas viaturas, e calcular a sua vida econômica pelo método do Custo Anual Uniforme Equivalente – CAUE (CASAROTTO E KOPITTKKE, 2010).

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar a quantidade de viaturas dos modelos selecionados em uso que se encontram acima da vida econômica com a finalidade de mensurar o montante em reais necessário para renovar toda a frota envelhecida a partir do método de substituição idêntica.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem quantitativa, uma vez que se baseia na análise de dados numéricos para a avaliação econômica de modelos selecionados da frota de uma organização militar. A pesquisa quantitativa é adequada para estudos que envolvem a quantificação de dados e a aplicação de modelos matemáticos, permitindo uma análise objetiva dos fenômenos em questão. Conforme discutido por Creswell (2014), esse tipo de abordagem é útil para identificar relações entre variáveis e possibilitar a generalização dos resultados.

Além disso, este estudo caracteriza-se como um estudo de caso, pois analisa em profundidade a substituição idêntica de modelos selecionados da frota de uma organização militar operativa do Exército Brasileiro através do CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente). O estudo de caso, conforme descrito por Yin (2015), é uma metodologia apropriada para examinar fenômenos em seu contexto real, permitindo uma análise detalhada de situações complexas e particulares.

Os passos adotados para alcançar os objetivos da pesquisa são ordenados a seguir:

- 1- Elaboração do referencial teórico com base na teoria da substituição de equipamentos;
- 2- Análise da amostra de dados a ser utilizada com o auxílio de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel;
- 3- Seleção dos modelos de viaturas mais usados;
- 4- Identificação da vida útil da viatura de acordo com a legislação do EB.
- 5- Cálculo dos custos de depreciação operacional e dos custos de capital para cada ano de vida útil da viatura;

- 6- Cálculo do valor residual da viatura para cada ano de vida útil;
- 7- Cálculo dos custos de manutenção para cada ano de vida útil da viatura;
- 8- Soma dos custos de depreciação operacional e custos de capital aos custos de manutenção para obtenção dos custos totais para cada ano de vida útil da viatura;
- 9- Elaboração de tabelas financeiras com os fatores de desconto e atualização para cada ano de vida útil da viatura;
- 10- Cálculo da vida econômica das viaturas a partir do método do Custo Anual Uniforme Equivalente – CAUE, aplicado para todos os anos de vida útil da viatura;
- 11- Mensuração dos impactos econômicos do método de substituição idêntica para renovar a frota de viaturas com idade superior à vida econômica.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado em três capítulos, além deste capítulo introdutório. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico, o qual é dividido em cinco tópicos: dispêndios do transporte rodoviário de cargas, vida útil, vida econômica, renovação da frota e poluição atmosférica.

O capítulo 3 apresenta modelos de renovação de frota e cita cinco estudos sobre aplicação de modelos de renovação.

O capítulo 4 contém a descrição dos passos do modelo utilizado para a análise da vida econômica de dois modelos de viaturas de uma frota de organização militar operativa. Para tal, conta com um tópico inicial que realiza a análise de uma base de dados, seleção das viaturas mais usadas e identificação de sua vida útil. Posteriormente, o cálculo da vida econômica das viaturas selecionadas é desenvolvido pelo método do Custo Anual Uniforme Equivalente – CAUE, sendo dividido em três itens: custos de depreciação e de capital, custos de manutenção e o próprio CAUE. Na sequência, este capítulo apresenta os impactos econômicos da substituição idêntica das viaturas com idade superior à vida econômica.

Por último, o capítulo 5 é composto pelas conclusões e recomendações para trabalhos futuros a partir dos resultados obtidos como forma de ampliar o alcance do tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo traz o referencial teórico do trabalho e é dividido nas seguintes seções: administração pública, substituição de equipamentos, conceito de vida útil e conceito de vida econômica.

2.1 ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Para embasar a análise da avaliação econômica da frota no contexto das Forças Armadas, é pertinente inicialmente examinar a literatura voltada para o processo de operações em organizações que não possuem o lucro como principal foco, categoria na qual se insere a organização militar em foco.

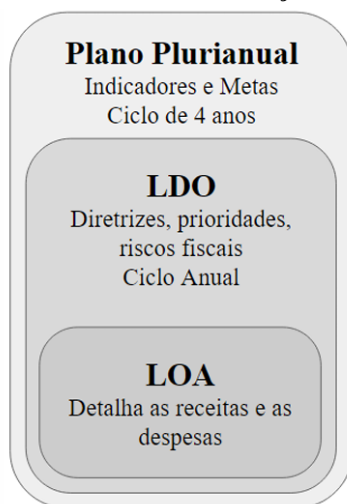
Conforme destacado por Slack (2009, p. 08), "a administração da produção é também relevante para empresas cujo objetivo primordial não seja gerar lucros". O autor enfatiza que:

"as operações precisam enfrentar o mesmo conjunto de decisões – como produzir seus produtos ou serviços, investir em tecnologia, subcontratar algumas de suas atividades, criar medidas de desempenho, melhorar o desempenho de suas atividades e assim por diante."
(SLACK, 2009)

De acordo com Lamberti (2012), a Administração Pública é composta por um conjunto de recursos institucionais, materiais, financeiros e humanos, estruturados para implementar as decisões políticas. Ela está subordinada ao poder político e atua como um instrumento para alcançar objetivos específicos preestabelecidos.

A Constituição Federal de 1988, em sua Seção II - Dos Orçamentos, no artigo 165, define que são de iniciativa do Poder Executivo as leis referentes ao plano plurianual, às diretrizes orçamentárias e aos orçamentos anuais (BRASIL, 1988). Assim, o processo orçamentário é composto por essas três leis fundamentais, que formam a base para a organização e execução orçamentária. A Figura 1 ilustra a disposição hierárquica dessas leis.

Figura 1 - Estrutura das Leis no Orçamento Público



Fonte: Adaptado de Lamberti (2012) e Brasil (1988).

O Plano Plurianual (PPA) estabelece as prioridades da administração pública para um período de quatro anos, começando no 2º ano de um mandato e terminando no 1º ano do mandato seguinte. Ele define os objetivos e metas para despesas de capital, incluindo investimentos de execução plurianual, sob risco de responsabilização legal caso não sejam incluídos. A Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) define as metas e prioridades para o exercício financeiro seguinte, guiando a elaboração da Lei Orçamentária Anual (LOA), que estima receitas e autoriza despesas. Qualquer gasto além do previsto requer autorização legislativa para créditos adicionais (BRASIL, 1998).

2.2 SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

De acordo com Oliveira (2000), os equipamentos são substituídos devido ao desgaste natural causado pelo uso ou pela ocorrência de falhas. Quando ocorre uma falha, a decisão de substituição pode ser focada nos componentes que falharam, ou pode-se optar por substituir o equipamento em intervalos regulares, reduzindo assim a probabilidade de falhas ou paradas não programadas. Feldens (2006) identificou quatro tipos de fatores que levam à substituição de um equipamento: desgaste, obsolescência, exigências do mercado e vantagens exógenas.

A substituição também pode ser motivada por mudanças nas exigências do mercado ou no ambiente operacional, quando há a necessidade de novos equipamentos para a realização das mesmas atividades da organização, conforme mencionado por Feldens (2006). Já as vantagens exógenas referem-se a fatores financeiros que podem acelerar a substituição de um equipamento, mesmo que ele ainda esteja em boas condições de uso. Esses fatores incluem créditos facilitados, subsídios para aquisição e ofertas de novos equipamentos em troca de produtos ou serviços.

Os estudos indicam que prolongar o uso de equipamentos além de sua vida útil econômica pode gerar impactos negativos nos resultados financeiros, uma vez que os custos operacionais aumentam de maneira desproporcional ao envelhecimento do bem.

2.3 CONCEITO DE VIDA ÚTIL

A vida útil de um veículo corresponde ao intervalo que se inicia com o começo de sua operação e se estende até o ponto em que ele deixa de ser funcional. Esse período pode ser prolongado indefinidamente, desde que haja disponibilidade de peças de reposição que permitam manter suas condições operacionais. A duração da vida útil é influenciada por uma série de fatores, como a qualidade original do veículo, a intensidade de seu uso, a eficácia e frequência da manutenção, o nível de desgaste, a obsolescência, as condições da pavimentação, a adequação do veículo à sua função, além do cuidado dispensado pelo condutor, entre outros aspectos (PACHECO, 2004).

Segundo Degarmo e Canada (1973), a durabilidade de um ativo refere-se ao período máximo de

utilização de um bem, sendo influenciada pela forma como é empregado e mantido pelos responsáveis. Essa durabilidade está intrinsecamente ligada à extinção da capacidade produtiva. Ao examinar os veículos destinados ao transporte de carga, é viável analisar o ciclo de vida durante o qual desempenham suas funções conforme padrões adequados de produtividade, segurança operacional e eficiência econômica. A vida útil, portanto, é determinada pela fase do ciclo de vida do caminhão na qual suas funções essenciais são comprometidas.

2.4 CONCEITO DE VIDA ECONÔMICA

A vida econômica de um veículo está diretamente relacionada à busca pela eficiência e eficácia no uso do bem. Esse conceito abrange o período desde a aquisição até o momento em que o custo médio anual atinge seu valor mínimo, sem considerar reformas, retíficas, recondiçõamentos ou ampliações. Conforme destacado por Furtado et al. (2004, p. 52), "trata-se do período durante o qual o bem pode continuar a oferecer a mesma quantidade e qualidade de serviços para os quais foi designado, sem incorrer em despesas de manutenção que ultrapassem os padrões inicialmente planejados".

Degarmo e Canada (1973) acrescentam que a vida econômica de um ativo corresponde ao ponto em que o custo anual uniforme equivalente para operar ou possuir esse bem é o mais baixo. À medida que os custos operacionais aumentam devido à depreciação e ao desgaste, refletindo uma maior necessidade de manutenção, a vida econômica se encerra quando o custo-benefício de manter o equipamento não é mais sustentável.

2.5 CUSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE

A vida econômica de um ativo está vinculada ao período em que o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) de possuir e manter o equipamento é mínimo. Ao longo dos anos, os custos operacionais dos bens aumentam, simultaneamente à redução de seu valor de mercado, devido ao desgaste e à maior necessidade de manutenção. A vida econômica é determinada no ponto em que não é mais viável manter o equipamento devido aos custos de operação e manutenção tão elevados que superam os benefícios de sua operação (DEGARMO e CANADA, 1973). De acordo com Pereira (2006) e Pereira e Rocha (2006), a vida econômica média da frota brasileira de caminhões é de oito anos.

Casarotto e Kopittke (2010) afirmam que o método do CAUE é apropriado para avaliar atividades operacionais que envolvem investimentos recorrentes, como a aquisição de novos veículos. A padronização dos resultados para valores anuais equivalentes facilita a tomada de decisão com base em análise racional, proporcionando maior lucratividade à empresa em vez de depender apenas de experiências passadas.

O momento ideal para substituir um veículo é determinado por sua vida econômica, não por sua capacidade de sobrevivência ou vida útil total. O cálculo da vida econômica por meio do método CAUE transforma os custos de possuir e manter em custos anuais equivalentes, aplicando uma taxa de juros

correspondente à remuneração do capital sobre o investimento ou à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (VEY e ROSA, 2003).

Rodrigues (2012) destaca que os custos de possuir decrescem rapidamente nos primeiros anos e moderadamente ao longo da vida útil do veículo. Esses custos incluem a depreciação operacional (valor residual e despesa de depreciação operacional) e a remuneração do capital (taxa de TMA sobre o valor de investimento). Os custos de manutenção, por sua vez, são baixos inicialmente e aumentam de forma acelerada nos últimos anos da vida útil do veículo, compreendendo custos com peças e mão de obra, bem como prejuízos pela paralisação para manutenção.

Os custos de operação e outros custos fixos não são incluídos no cálculo do CAUE, pois variam pouco ao longo da vida útil do veículo em comparação com os custos de possuir e manter. Os custos de operação englobam despesas com combustível, pneus, câmaras de ar, lavagem e lubrificação, enquanto os outros custos abrangem IPVA, licenciamento, seguro obrigatório, seguro facultativo, custos administrativos, salários e encargos de motoristas (RODRIGUES, 2012).

O equacionamento do cálculo do CAUE, conforme proposto por Casarotto e Kopittke (2010), é específico para o método de substituição idêntica, utilizando a vida econômica. Esse método realiza um equilíbrio entre dois custos: o custo de investimento inicial, que tende a maximizar a vida útil do bem, e os custos de operação/manutenção, que tendem a encurtar a vida útil do bem, pois são crescentes. A determinação da vida econômica é realizada considerando o CAUE do ativo para todas as vidas úteis possíveis, identificando o ano em que o CAUE é mínimo.

O modelo de CAUE proposto por Casarotto e Kopittke (2010) utiliza o preço do veículo novo como custo de investimento no ano zero, o custo total para cada ano de vida útil do veículo (soma de depreciação, custos de capital e manutenção), o valor residual do veículo para cada ano de vida útil, considerado como receita no ano correspondente, e os fatores das tabelas financeiras para cada ano de vida útil.

Assim, Casarotto e Kopittke (2010) definem que os fatores das tabelas financeiras são "achar A dado P", "achar A dado F" e "achar P dado F". Inicialmente, o fator "achar A dado P" refere-se à busca por uma série uniforme (A) dado um valor presente (P), utilizando uma taxa de juros (i) em um período igual a (n). A Equação (1) apresenta a fórmula desse fator:

$$\left(\frac{A}{P}; i; n\right) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (1)$$

O fator "achar A dado F" tem o propósito de encontrar uma série uniforme (A) equivalente a um valor futuro (F), usando uma taxa de juros (i) em um período igual a (n). A Equação (2) apresenta a fórmula desse fator:

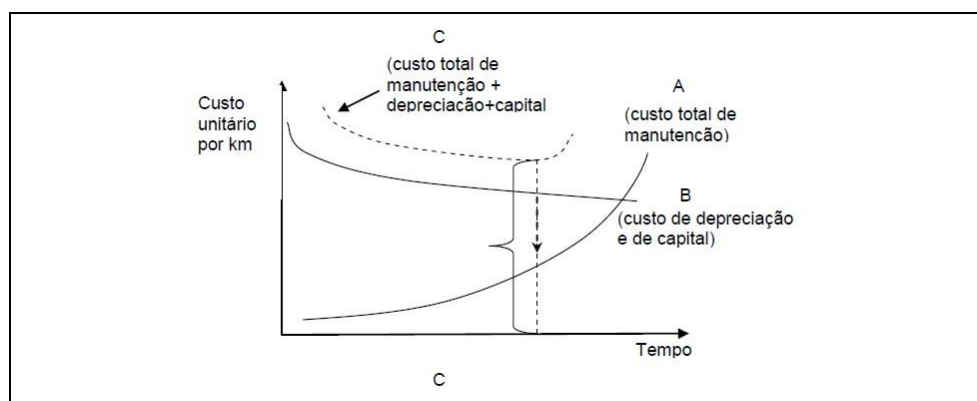
$$\left(\frac{A}{F}; i; n\right) = \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

Por fim, o fator "achar P dado F" consiste em encontrar um valor presente (P), equivalente a um valor futuro (F), utilizando uma taxa de juros (i) em um período igual a (n). A Equação (3) traz a fórmula desse fator:

$$\left(\frac{P}{F}; i; n\right) = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (3)$$

A Figura 2 apresenta de forma isolada os custos considerados para o cálculo do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), delineados pelas curvas A e B, assim como a soma destes para formar o custo total, representado pela curva C. O custo total geralmente assume a forma de uma parábola, ou seja, um polinômio de segundo grau, com uma inflexão em determinado ponto da vida do veículo que indica o menor custo anual unitário equivalente. Esse ponto, conhecido como a vida econômica do veículo, define o ponto ótimo para a sua substituição. Após esse momento, os custos aumentam, tornando a operação do veículo desvantajosa em termos econômicos (MONTENEGRO et al., 2011).

Figura 2 - Variação dos custos do veículo ao longo do tempo.



Fonte: Adaptado de VALENTE et al., 1997.

Conforme evidenciado pela curva A, os veículos mais recentes apresentam custos de manutenção inferiores devido ao menor desgaste natural de peças mecânicas e outros componentes. Esses custos tendem a aumentar ao longo do tempo, pois há uma elevação nos gastos para reparar ou substituir peças que sofrem desgaste com o decorrer dos anos. A utilização limitada do veículo, resultando em baixa eficiência devido a períodos prolongados de inatividade para manutenção, amplifica os custos de manutenção. Essa despesa excessiva com a manutenção pode eventualmente superar a economia obtida ao não adquirir um novo veículo (MONTENEGRO et al., 2011).

Analisando a curva B, por outro lado, percebe-se que a depreciação parte de valores mais elevados no início da vida útil do veículo e diminui progressivamente ao longo do tempo. Isso ocorre porque os veículos mais antigos tendem a perder menos valor anualmente em comparação com veículos mais recentes. A curva B também abrange os custos de remuneração do capital, também conhecidos como custos de capital, que representam a quantia que o investidor deixa de ganhar ao aportar recursos na compra do veículo. Esses custos decrescem com o tempo devido à desvalorização do veículo e à redução do montante investido (MONTENEGRO et al., 2011).

3 MODELOS DE RENOVAÇÃO DE FROTA

A noção de substituição de equipamentos remonta aos princípios da Administração Científica, buscando maximizar o valor presente do ativo por meio da análise do ciclo de vida e da determinação do ponto ótimo para sua substituição, conhecido como vida econômica (FELDENS et al., 2010). Conforme destacado por Motta e Calôba (2002), o problema da determinação da vida econômica dos equipamentos, para efeitos de substituição, pode ser visualizado em quatro situações distintas:

- Quando o bem já não é adequado para a atividade, perdendo a eficiência operacional;
- Quando o bem atinge seu limite de vida útil;
- Quando o bem se torna obsoleto devido ao avanço tecnológico;
- Quando métodos mais eficientes podem ser economicamente viáveis.

No contexto brasileiro, é comum que muitas empresas mantenham equipamentos antigos em operação mesmo quando sua viabilidade econômica é comprometida. A cultura administrativa predominante no Brasil tende a lidar com problemas à medida que surgem, não antecipando decisões preventivas, como a substituição de ativos (CASAROTTO e KOPITTKKE, 2010).

A substituição de equipamentos pode ocorrer de diversas formas, desde a escolha de ativos similares, porém novos, até a avaliação de ativos que desempenham funções distintas. Casarotto e Kopittke (2010) propõem cinco modelos tradicionais de substituição de equipamentos:

- i. **Baixa sem reposição:** ocorre quando linhas de produção ou projetos são desativados, o equipamento está perdendo sua razão de existir para a empresa antes de atingir o fim da sua vida, frente a evolução de processos e produtos, e sua substituição deixa de ser economicamente viável;
- ii. **Substituição idêntica:** acontece quando os equipamentos são substituídos por ativos com as mesmas características, pois não sofrem impacto significativo do avanço tecnológico. Esse método se aplica a grande parte dos veículos, motores elétricos e máquinas operatrizes, que podem ser utilizados por vários anos desde que recebam manutenção adequada e de qualidade. No entanto, os custos operacionais tendem a aumentar ao longo do tempo devido ao desgaste natural do equipamento, enquanto o custo de capital tende a diminuir, ou seja, quanto maior a vida útil do bem, menor será seu custo de capital;
- iii. **Substituição não idêntica:** ocorre quando o equipamento é substituído por outro com características distintas e aprimoradas devido ao avanço tecnológico pontual;
- iv. **Substituição com progresso tecnológico:** os avanços contínuos proporcionam vantagens operacionais à medida que equipamentos mais modernos superam os antigos em termos de eficiência financeira e tempo de operação;
- v. **Substituição estratégica:** Este modelo busca produtos mais diversificados e de maior qualidade para se manter competitivo no mercado. Ao compará-lo com os demais modelos apresentados, nota-se

uma ênfase nas receitas geradas pelos equipamentos, enquanto os outros focam principalmente nas diferenças de custos operacionais entre o equipamento atual e o potencial substituto.

Parâmetros como depreciação, custos elevados e tempo de manutenção, confiabilidade associada à incerteza do desempenho do equipamento e a quilometragem percorrida para indicar desgaste mecânico são utilizados para determinar o momento ideal para a substituição de veículos (CASAROTTO e KOPITKE, 2010).

A aplicação do método CAUE na renovação da frota pode gerar ganhos financeiros ao evitar despesas excessivas com manutenção, além de ampliar a qualidade relacionada à produtividade, disponibilidade e conforto do motorista, impactando diretamente na satisfação do cliente. Contudo, a substituição de equipamentos, por ser geralmente irreversível, demanda investimentos significativos e carece de liquidez, ou seja, os ativos não são convertidos em receita rapidamente. Portanto, a decisão de substituição deve ser baseada em dados confiáveis e realistas, alinhada à política financeira da organização, uma vez que decisões precipitadas podem acarretar sérios problemas de capital de giro (CASAROTTO e KOPITKE, 2010).

Ademais, os veículos desempenham um papel importante na representação da imagem da organização, sendo que, quando novos e bem cuidados, tendem a transmitir uma imagem positiva associada à empresa proprietária (MONTENEGRO et al., 2011). Assim, o momento ideal para a substituição da frota influencia diretamente no processo de atendimento, evitando problemas relacionados à baixa confiabilidade, como a ocorrência de defeitos frequentes na prestação de serviços, como a quebra do caminhão, paralisação para socorro mecânico, reboque e atrasos (VALENTE et al., 1995).

3.1 APLICAÇÕES DE MODELOS

Considerando a aplicação de modelos de renovação de frota, destacam-se os seguintes projetos relacionados à substituição de veículos.

3.1.1 Avaliação econômica da frota brasileira de caminhões de transportadores remunerados

Martinovic (2015) evidenciou que a aplicação do método do Custo Anual Uniforme Equivalente possibilitou a determinação da vida econômica de caminhões tratores mais utilizados em empresas de transporte. Concluiu-se que uma porcentagem significativa dos caminhões avaliados estava acima da vida econômica de 8 anos, indicando a necessidade de substituição. Esse estudo ressalta a importância da renovação da frota para evitar custos elevados de manutenção e garantir a eficiência operacional.

3.1.2 Avaliação econômica da frota brasileira de ônibus interestaduais de passageiros

Mendonça (2016) aplicou também o método do CAUE para avaliar a vida econômica de ônibus convencionais interestaduais. Identificou-se que aproximadamente 24,74% dos ônibus analisados

estavam acima do menor CAUE de 9 anos e deveriam ser substituídos, evidenciando os altos custos de manutenção associados à idade dos veículos. Além disso, estimou-se o impacto econômico da renovação da frota, bem como a externalidade negativa de poluição atmosférica gerada pelos ônibus obsoletos.

3.1.3 Avaliação de cenários para substituição de uma frota veicular na administração pública baseada na determinação da vida útil econômica

Mezzari (2017) destaca a avaliação das condições e critérios atuais na gestão de frota do Município de Caxias do Sul, com foco na otimização da aplicação dos recursos públicos. O estudo abordou os custos de manutenção da frota e propôs novos critérios de substituição baseados em análises técnico-econômicas, como o cálculo da vida útil econômica. A falta de informações detalhadas sobre os custos individualizados de cada veículo dificultou a análise completa, evidenciando a necessidade de um sistema integrado de gestão de frota.

A implementação de um sistema que reúna todas as informações, como custos de manutenção, prazos e revisões, é crucial para melhorar a tomada de decisões. O estudo demonstrou que a aplicação das teorias econômicas propostas pode gerar benefícios, otimizando o uso dos recursos financeiros.

A análise revelou que, embora a amostra avaliada tenha uma idade média de 2,9 anos, 59% dos componentes já atingiram o fim da vida útil econômica. A projeção sugere que grande parte da frota, que não foi avaliada por falta de dados, também está além da vida útil econômica.

Além disso, práticas experimentais de reorganização da frota mostraram que a otimização da utilização dos veículos pode reduzir custos. Por fim, as simulações de substituição indicaram uma otimização de recursos financeiros, com economias de 12% para substituições não-idênticas, 39,76% para veículos alugados, e 41,31% ao aplicar a metodologia do CAUE, auxiliando na decisão entre aquisição ou terceirização.

3.1.4 Avaliação de substituição de frota de uma empresa transportadora em Recife

O estudo de Vaz e Machado (2017) teve como objetivo determinar o momento ideal para a substituição dos caminhões Volkswagen VW/24.280 CRM da empresa J N J Produtos para Padaria LTDA, utilizando o método do Custo Anual de Operação (CAO). A análise indicou que a vida econômica dos caminhões é de aproximadamente cinco anos, quando os custos operacionais começam a aumentar, justificando a substituição. A viabilidade financeira foi confirmada pelos indicadores Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL), e o leasing foi identificado como a melhor opção de financiamento. O método, aplicável a outros equipamentos, otimiza os investimentos e aumenta a lucratividade da empresa.

3.1.5 Veículos elétricos em órgãos públicos: metodologia para substituição gradual da frota a combustão por veículos elétricos

Thomé (2021) destaca a relevância de substituir frotas públicas de veículos a combustão por elétricos, enfatizando aspectos de sustentabilidade, governança e economia. O estudo aplicou uma

metodologia que avaliou a infraestrutura, condições de recarga e economia de energia, usando uma estimativa de payback simples. O caso da Base Aérea de Santa Maria mostrou que a substituição de 47 veículos reduziu em 49,6% os custos com abastecimento, gerando uma economia anual de R\$80.000,00. Ao integrar energia fotovoltaica, foi possível eliminar os custos de abastecimento. A aplicação em larga escala traria economia significativa ao Estado e serviria como modelo educacional e sustentável.

4 ANÁLISE DA VIDA ECONÔMICA DE UMA FROTA DE VIATURAS DE UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DO EXÉRCITO BRASILEIRO

O presente capítulo tem o objetivo de realizar a análise da vida econômica de uma frota de viaturas de uma Organização Militar do Exército Brasileiro. Os cálculos necessários para a obtenção da vida econômica serão divididos em custos de depreciação operacional e de capital, custos de manutenção e o próprio CAUE. Por fim, os impactos econômicos da substituição idêntica das viaturas obsoletas serão mensurados.

4.1 SELEÇÃO DAS VIATURAS A PARTIR DA BASE DE DADOS

O Comando Logístico (COLOG) informou no dia 15 de agosto de 2023, em resposta ao Pedido 60143004451202318 via Serviço de Informações ao Cidadão do Exército Brasileiro (SIC-EB), que o Exército Brasileiro possui cerca de 2.177 viaturas operacionais blindadas, 16.840 viaturas operacionais não blindadas e 7.651 viaturas administrativas, cujos números se alteram a cada dia.

A base de dados utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho foi fornecida por uma Organização Militar (OM) operativa do Exército Brasileiro (EB), localizada em Brasília-DF, através do Sistema de Controle Físico (SISCOFIS) e do Sistema Logístico de Manutenção (SisLogMnt). O SISCOFIS é um sistema desenvolvido para o EB. O SisLogMnt foi desenvolvido pela Diretoria de Material, a fim de proporcionar o efetivo controle de operação e de manutenção dos Materiais de Emprego Militar da Classe IX (motomecanizados e blindados).

Os sistemas SISCOFIS e SisLogMnt contém dados de todas as viaturas do EB, porém o acesso à informação é determinado pelo escalão que acessa os sistemas. Desta forma, uma OM operativa tem acesso apenas aos dados de suas viaturas. Sendo assim o banco de dados fornecido contém exatamente 44 viaturas registrados, os quais são 35 viaturas operacionais não blindadas e 9 viaturas administrativas.

Após consolidar os dados da relação de material carga emitida pelo SISCOFIS e relatório de disponibilidade de viaturas emitida pelo SisLogMnt, foi construído a Tabela 2.

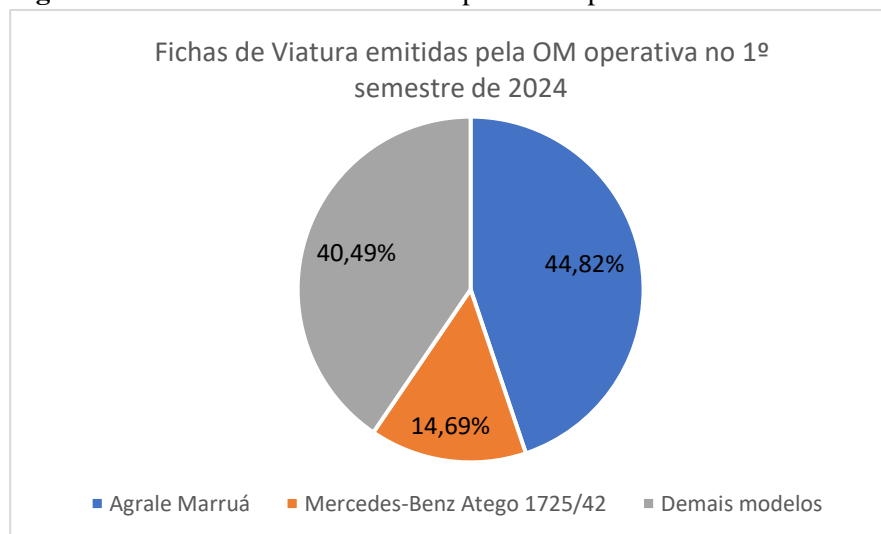
Tabela 2 - Viaturas da OM operativa

Modelo de viatura	Ano	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total	Observação
Mercedes Atego 1725/42	2013	13	R\$ 296.700,00	R\$ 3.857.100,00	Operacional
Volkswagen Constellation 31-32	2015	4	R\$ 530.000,00	R\$ 2.120.000,00	Operacional
Agrale Marruá AM21	2013	8	R\$ 160.650,00	R\$ 1.285.200,00	Operacional
Agrale Marruá AM21	2014	3	R\$ 180.060,00	R\$ 540.180,00	Operacional
Agrale Marruá AM23 (COAAe)	2012	3	R\$ 149.433,17	R\$ 448.299,50	Operacional
Volkswagen Mascarello 18.320 E	2013	1	R\$ 399.000,00	R\$ 399.000,00	Administrativa
Agrale Mascarello Gran	2015	1	R\$ 326.800,00	R\$ 326.800,00	Administrativa
Ford Cargo 2623	2012	1	R\$ 263.500,00	R\$ 263.500,00	Operacional
Mercedes Comil Svelto MIDI 141	2013	1	R\$ 247.747,00	R\$ 247.747,00	Administrativa
Agrale Marruá AM20	2009	2	R\$ 92.235,57	R\$ 184.471,14	Operacional
Fiat Ducato 2.8 Minibus (Ambulância)	2014	1	R\$ 142.980,00	R\$ 142.980,00	Administrativa
Agrale Marruá AM20	2011	1	R\$ 120.900,00	R\$ 120.900,00	Operacional
Ford Ranger	2012	1	R\$ 92.000,00	R\$ 92.000,00	Administrativa
Fiat Doblô 1.8 Essence	2019	1	R\$ 69.072,00	R\$ 69.072,00	Administrativa
Renault Logan	2015	1	R\$ 36.800,00	R\$ 36.800,00	Administrativa
Fiat Pálio	2008	1	R\$ 14.506,76	R\$ 14.506,76	Administrativa
Chevrolet Astra	2008	1	R\$ 13.810,27	R\$ 13.810,27	Administrativa
Somatório		44	-	R\$ 10.162.366,67	-

Fonte: Desenvolvido pelo autor, dados do SISCOFIS e SisLogMnt 2024.

Analisando o valor total, somatório do valor atual dos viaturas de mesmo modelo, é possível observar que os maiores são do **Mercedes-Benz Atego 1725**, em segundo **Volkswagen Constellation 31-32**, seguido pelo **Agrale Marruá AM21 2013**.

Ao acessar os dados de Ficha de Viatura no SisLogMnt, modo de controle de operação das viaturas, foi observado 531 fichas abertas no primeiro semestre de 2024, sendo as viaturas mais utilizados **Agrale Marruá** (sem separação entre **AM20** e **AM21**), com 238 fichas, e **Mercedes-Benz Atego 1725**, com 78 fichas, somando quase 60% do total. A Figura 3 traz os percentuais dos modelos mais utilizados.

Figura 3 - Fichas de Viatura emitidas pela OM operativa no 1º semestre de

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Levando em consideração os maiores valores em patrimônio da OM e os modelos mais utilizados pela OM no primeiro semestre de 2024, optou-se por selecionar **Mercedes-Benz Atego 1725** e **Agrale Marruá AM21**. Cabe observar que ambas as viaturas são classificadas como operacionais, logo, em conformidade com o plano de alienação citado na contextualização, possuem vida útil de 25 anos.

4.2 AGRALE MARRUÁ AM21 4x4 VTNE ¾ ton

A Viatura de Transporte Não Especializado (VTNE) é desenvolvida pela Agrale para o Exército Brasileiro, Marruá AM21 4x4, para transporte de tripulantes ou carga de 750kg mais reboque de 750 kg, com capota removível e carroceria metálica com teto de vinil.

Conforme informado pela Agrale (2017), o modelo AM-21 da Agrale Marruá foi desenvolvido especialmente para as Forças Armadas, pois é capaz de chegar com grande facilidade aos locais de mais difícil acesso e pode realizar as mais duras missões. Possui forte e potente trem de força, amplo curso da suspensão e resistência do conjunto. Viatura confiável em todos os tipos de operações, o Agrale Marruá (Figura 4) também reduz custos de logística da tropa e tem simplicidade de manutenção e fácil reposição de peças.

Figura 4 - Agrale Marruá AM21



AGRALE MARRUÁ AM21 - VTNE 3/4



Fonte: Agrale. Disponível em:

https://agrale.com.br/pdf/pt/utilitarios_militar_utilitario_militar_agrale_marruaam21_vtne_ton_2.pdf?date=1557337772. Acesso em: 29 de julho de 2024.

A Tabela 3 apresenta mais informações a respeito do modelo da viatura considerada.

Tabela 3 - Informações sobre Agrale Marruá AM21

Modelo	Motor	Potência (cv/rpm)	Ano	Peso em ordem de marcha (Kg)	Capacidade de carga (Kg)	Preço atual (R\$)
Agrale Marruá AM21	CUMMINS ISF 2.8	150/3.200	2013	3.195	750	160.650,00

Fonte: Manual da viatura.

Conforme relatório do Tribunal de Contas da União (2017), em 15/6/2018 foi realizada a sessão do Pregão Eletrônico 5/2018, na qual a Agrale ofertou o modelo Marruá AM21 por R\$ 257.380,00. Como a aquisição de viaturas por parte do Exército ocorre por aquisição de lotes de viaturas, para determinar o valor de aquisição de novos Marruá AM21 4x4, o valor viatura nova se dará por correção monetária sobre o valor do Pregão Eletrônico 05/2018.

Por meio do cálculo de correção de valores do Banco Central, o valor de aquisição de uma viatura Marruá AM21 nova, corrigido de junho de 2018 para julho de 2024 pelo IPCA, com índice de correção no período de 1,39869310, é de R\$ 359.995,63.

4.2.1 Cálculo Da Vida Econômica

O método de substituição a ser adotado na análise da frota de viaturas Agrale Marruá AM21 4x4 foi o de substituição idêntica, a qual propõe que todas as viaturas com idade superior à vida econômica sejam substituídas por uma viatura do mesmo modelo, porém novo.

Para a realização do cálculo da vida econômica pelo método do Custo Anual Uniforme Equivalente, é preciso obter os custos de depreciação, de capital e de manutenção da viatura escolhida para somá-los e obter os custos totais distribuídos pelos 25 anos de vida útil da viatura.

4.2.1.1 Custos de depreciação e de capital

Os custos de propriedade, compostos pela depreciação e pelos custos de capital, diminuem de forma acentuada nos primeiros anos e mais suavemente ao longo da vida útil do veículo (Rodrigues, 2012). Para o cálculo da depreciação, será utilizado o valor residual do modelo atual mostrado na Tabela 4. Esse valor residual servirá como base para aplicar a depreciação operacional, calculada por meio de uma curva exponencial, a fim de obter uma taxa constante de desvalorização anual. Os custos de capital, por outro lado, serão determinados com base em uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), representada pela taxa de juros do mercado, aplicada ao valor de investimento do veículo, que corresponderá ao seu valor residual em cada ano de sua vida útil (Radel et al., 2012).

Conforme Valente et al., (1995), existem diversos métodos para o cálculo da depreciação de veículos e equipamentos. Os modelos que apresentam custos decrescentes com a idade do veículo são os mais adequados, pois refletem de maneira mais precisa a perda de valor em comparação aos modelos de depreciação linear. Diante disso, o método escolhido para o cálculo da depreciação operacional do veículo em análise foi o da depreciação exponencial, que parte do princípio de que o valor do caminhão diminui anualmente em uma porcentagem fixa do valor inicial do período.

A depreciação operacional é representada por uma curva exponencial com queda acentuada nos primeiros anos e mais suave nos anos posteriores (Casarotto e Kopittke, 2010). Utiliza-se, então, a Equação (4) a seguir:

$$VRE = P(1 + t)^N \quad (4)$$

Onde VRE é o valor residual estimado, P é o preço de compra do caminhão, t é a taxa de depreciação e N é o período em anos. A taxa t é calculada pela Equação (5):

$$t = \left(\frac{VRE}{P}\right)^{\frac{1}{N}} - 1 \quad (5)$$

Por fim, o valor residual para o referido ano n é dado pela Equação (6):

$$VRn = P(1 + t)^n \quad (6)$$

Primeiramente, é necessário obter o valor de investimento da viatura. O preço de um modelo novo Agrale Marruá AM21, conforme apresentado anteriormente, é de R\$ 359.995,63. Além disso, tem-se que o preço médio de um Agrale Marruá AM21 com 11 anos de idade, é de R\$ 160.650,00 se vendido no ano de 2024 (SISCOFIS, 2024).

Portanto, aplicando este valor na Equação (5) anterior para o valor residual estimado, a taxa de depreciação para os 11 anos de vida útil a serem considerados é de -0,0707, ou seja, é de 7,07% de depreciação ao ano, valor próximo dos encontrados nas avaliações de Martinovic (2015) e Mendonça (2016). Porém, na contabilidade fiscal, a depreciação é calculada pela taxa prevista na normativa da Receita Federal, a qual prevê uma vida útil de 5 anos para veículos de carga, com depreciação de 20% ao ano (Receita Federal, 2017).

A Tabela 4 apresenta os valores residuais para os 25 anos de vida útil da viatura considerado.

Tabela 4 - Valor residual para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21

Ano	Valor Residual	Ano	Valor Residual
1	R\$ 334.534,71	14	R\$ 128.917,71
2	R\$ 310.874,53	15	R\$ 119.799,93
3	R\$ 288.887,73	16	R\$ 111.327,00
4	R\$ 268.455,96	17	R\$ 103.453,33
5	R\$ 249.469,24	18	R\$ 96.136,52
6	R\$ 231.825,37	19	R\$ 89.337,21
7	R\$ 215.429,37	20	R\$ 83.018,78
8	R\$ 200.192,99	21	R\$ 77.147,22
9	R\$ 186.034,21	22	R\$ 71.690,93
10	R\$ 172.876,82	23	R\$ 66.620,55
11	R\$ 160.650,00	24	R\$ 61.908,76
12	R\$ 149.287,93	25	R\$ 57.530,23
13	R\$ 138.729,44		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Para o cálculo da depreciação operacional referente a cada ano n de vida útil, será utilizada a Equação (7) a seguir, a qual se baseia no valor residual do ano anterior multiplicado pela taxa de desvalorização para obter a depreciação de determinado ano:

$$Dn = t \cdot VR_{n-1} \quad (7)$$

A Tabela 5 contém a depreciação operacional para cada ano de vida útil da viatura.

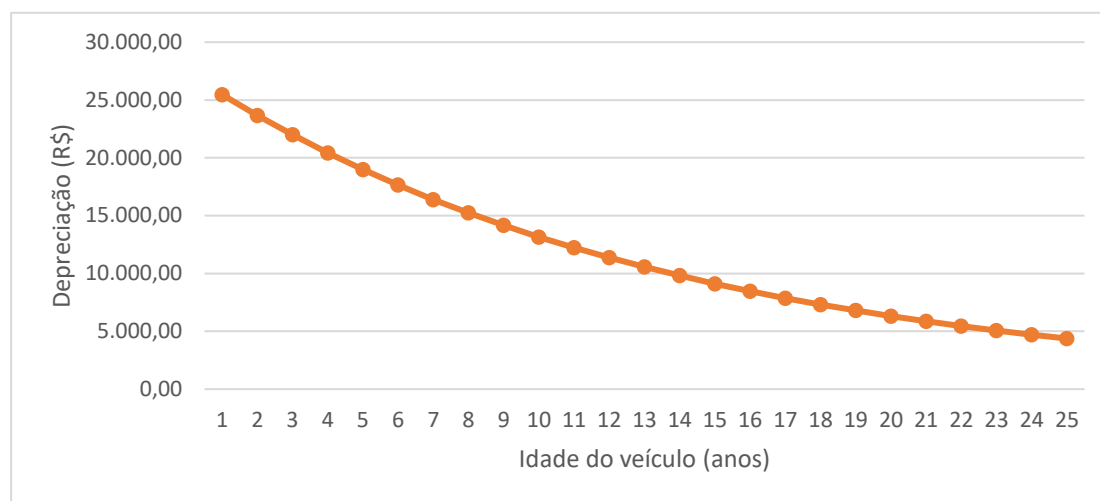
Tabela 5 - Depreciação operacional para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21.

Ano	Depreciação Operacional	Ano	Depreciação Operacional
1	R\$ 25.460,92	14	R\$ 9.811,73
2	R\$ 23.660,18	15	R\$ 9.117,79
3	R\$ 21.986,80	16	R\$ 8.472,93
4	R\$ 20.431,77	17	R\$ 7.873,67
5	R\$ 18.986,72	18	R\$ 7.316,80
6	R\$ 17.643,87	19	R\$ 6.799,32
7	R\$ 16.396,00	20	R\$ 6.318,43
8	R\$ 15.236,38	21	R\$ 5.871,56
9	R\$ 14.158,78	22	R\$ 5.456,29
10	R\$ 13.157,39	23	R\$ 5.070,39
11	R\$ 12.226,82	24	R\$ 4.711,78
12	R\$ 11.362,07	25	R\$ 4.378,54
13	R\$ 10.558,48		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

A Figura 5 a seguir apresenta o gráfico da curva exponencial da depreciação operacional.

Figura 5 - Curva de depreciação operacional Agrale Marruá AM21



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

A partir da Figura 5, observa-se que a depreciação é mais acentuada nos primeiros anos de vida útil da viatura, enquanto nos anos posteriores os valores de depreciação tendem a ser menores. Isso reflete o fato de que as viaturas perdem mais valor nos primeiros anos, em comparação à menor desvalorização que ocorre nos anos mais avançados de sua vida útil.

Os custos de possuir um veículo não se limitam apenas à depreciação operacional; incluem também a remuneração do capital investido. Esse custo de capital, ou remuneração do capital, reflete o retorno nominal em percentual sobre o capital total investido na aquisição do veículo, representando o rendimento que poderia ser obtido caso o valor investido fosse aplicado no mercado financeiro (Rodrigues, 2012). A TMA adotada será correspondente a taxa de juros aplicada no mercado, ou seja, a taxa do BNDES Finame, a qual consiste na taxa de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES feito por intermédio de instituições financeiras credenciadas, para produção e aquisição de máquinas, equipamentos e bens de informática e automação, e bens industrializados a serem empregados no exercício da atividade econômica do cliente. Os bens devem ser novos, de fabricação nacional e credenciados pelo BNDES (BNDES, 2024), garantindo estabilidade no valor das parcelas do financiamento (FRANÇOIS, 2015).

A taxa de juros do financiamento proposta pelo BNDES para o Setor público na linha BNDES Finame BK Aquisição e Comercialização é composta por Custo financeiro (será utilizado a TLP), taxa do BNDS de 1,85% ao ano e taxa do agente financeiro. TLP é composta por uma taxa atualizada mensalmente mais o IPCA, desta forma será utilizada os valores do mês de julho de 2024, onde TLP é 6,13% e o IPCA é 0,38%. Para a taxa do agente financeiro será utilizada a média do spread bancário do mês junho de 2024 (último mês disponibilizado), que segundo o Banco Central do Brasil (2024) situou-se em uma média de 18,3% nas operações de crédito do Sistema Financeiro Nacional (SFN). Desta forma a taxa do agente financeiro encontrada foi de 1,87% e a taxa Finame fixa aplicada será de 10,23% a.a, valor 5% abaixo dos utilizados nas avaliações de Martinovic (2015) e Mendonça (2016).

Considerando os valores residuais para os 25 anos e aplicando a taxa Finame fixa de 10,23% a cada ano, a Tabela 6 apresenta os custos de capital para o período de vida útil considerado.

Tabela 6 - Custo de capital para os 25 anos de vida útil com taxa Finame de 10,23% Agrale Marruá AM21

Ano	Custo de Capital	Ano	Custo de Capital
1	R\$ 34.222,90	14	R\$ 13.188,28
2	R\$ 31.802,46	15	R\$ 12.255,53
3	R\$ 29.553,21	16	R\$ 11.388,75
4	R\$ 27.463,04	17	R\$ 10.583,28
5	R\$ 25.520,70	18	R\$ 9.834,77
6	R\$ 23.715,74	19	R\$ 9.139,20
7	R\$ 22.038,42	20	R\$ 8.492,82
8	R\$ 20.479,74	21	R\$ 7.892,16
9	R\$ 19.031,30	22	R\$ 7.333,98
10	R\$ 17.685,30	23	R\$ 6.815,28
11	R\$ 16.434,50	24	R\$ 6.333,27
12	R\$ 15.272,15	25	R\$ 5.885,34
13	R\$ 14.192,02		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Sendo assim, a Tabela 7 apresenta os custos de possuir, os quais representam a soma da depreciação operacional aos custos de capital para cada ano da vida útil da viatura.

Tabela 7 - Depreciação mais custo de capital para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21

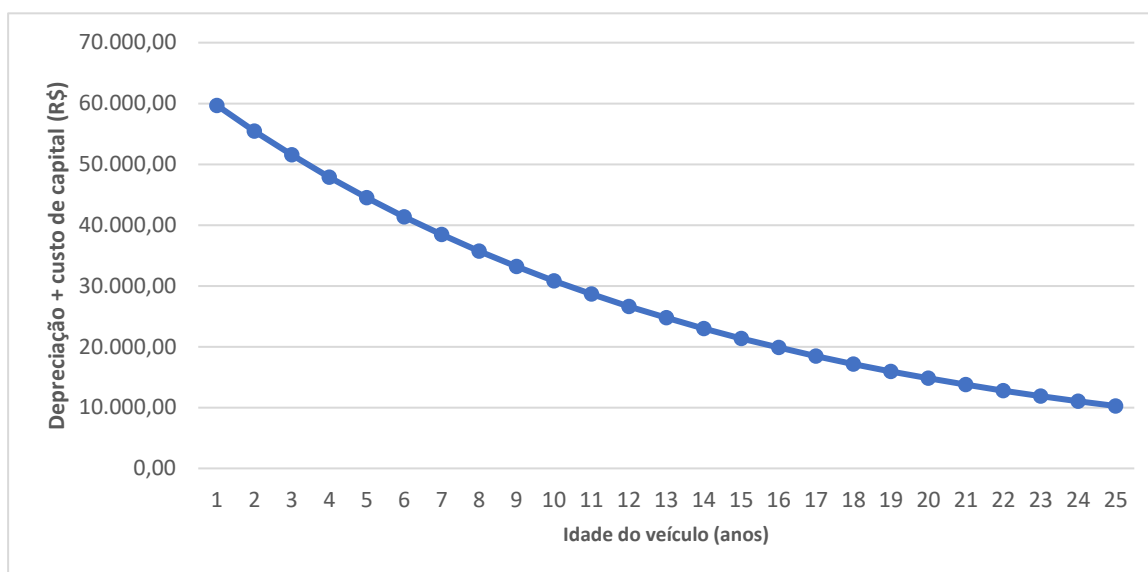
Ano	Depreciação mais Custo de Capital	Ano	Depreciação mais Custo de Capital
1	R\$ 59.683,82	14	R\$ 23.000,01
2	R\$ 55.462,65	15	R\$ 21.373,32
3	R\$ 51.540,01	16	R\$ 19.861,68
4	R\$ 47.894,81	17	R\$ 18.456,95
5	R\$ 44.507,42	18	R\$ 17.151,57
6	R\$ 41.359,61	19	R\$ 15.938,51
7	R\$ 38.434,42	20	R\$ 14.811,25
8	R\$ 35.716,12	21	R\$ 13.763,72
9	R\$ 33.190,08	22	R\$ 12.790,27
10	R\$ 30.842,69	23	R\$ 11.885,67
11	R\$ 28.661,32	24	R\$ 11.045,05
12	R\$ 26.634,23	25	R\$ 10.263,88
13	R\$ 24.750,51		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

A partir da Tabela 7, foi construída a Figura 6, contendo a soma da depreciação ao custo de capital para cada ano de vida útil da viatura. Observa-se que a curva segue o mesmo padrão da curva exponencial de depreciação, visto que o custo de capital é calculado a partir do valor residual obtido após a depreciação.

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Figura 6 - Curva de depreciação mais custo de capital Agrale Marruá AM21.



4.2.1.2 Custos de manutenção

Os custos de manutenção, que são inicialmente baixos, aumentam significativamente nos últimos anos da vida útil do veículo. É essencial considerar tanto os custos diretos de manutenção quanto os custos associados à paralisação do veículo para esses serviços. Segundo Valente et al., (1995), ao atingir certa idade, o veículo deve ser substituído por um novo, a fim de evitar despesas excessivas e frequentes paradas para reparos.

Uma prática comum para determinar os custos de manutenção é expressá-los em relação ao valor do veículo novo. Assim, o total das despesas de manutenção em um determinado ano, incluindo gastos com peças, mão de obra e paralisações, é proporcional ao valor do investimento no veículo novo. Como os custos de manutenção aumentam com a idade do veículo, serão aplicados os percentuais crescentes estimados por Valente et al., (1995) para o custo anual de manutenção.

Os percentuais sugeridos por Valente et al., (1995), que são apresentados na Tabela 8, foram adotados para este estudo. É importante destacar que essas porcentagens são estimativas, uma vez que os custos reais de manutenção variam conforme a sistemática de manutenção adotada, programas de treinamento de motoristas, tipo de carga transportada, condições das vias percorridas, entre outros fatores. Como os percentuais foram calculados para uma vida útil de até 12 anos, o valor correspondente ao décimo segundo ano (41,70%) foi mantido para os anos subsequentes, a fim de se adequar à vida útil da viatura analisado.

Tabela 8 - Custo anual de manutenção em % do valor da viatura nova para os 25 anos de vida útil

Ano	Custo Anual de Manutenção em % do Valor da Vtr Nova	Ano	Custo Anual de Manutenção em % do Valor da Vtr Nova
1	11,20%	14	41,70%
2	12,30%	15	41,70%
3	13,50%	16	41,70%
4	15,70%	17	41,70%
5	17,80%	18	41,70%
6	20,10%	19	41,70%
7	22,30%	20	41,70%
8	25,50%	21	41,70%
9	28,80%	22	41,70%
10	32,40%	23	41,70%
11	36,80%	24	41,70%
12	41,70%	25	41,70%
13	41,70%		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Assim, o custo anual de manutenção para cada ano de vida útil do caminhão será calculado aplicando as porcentagens mencionadas anteriormente sobre o valor da viatura nova, que é de R\$ 359.995,63. Os valores resultantes são apresentados na Tabela 9.

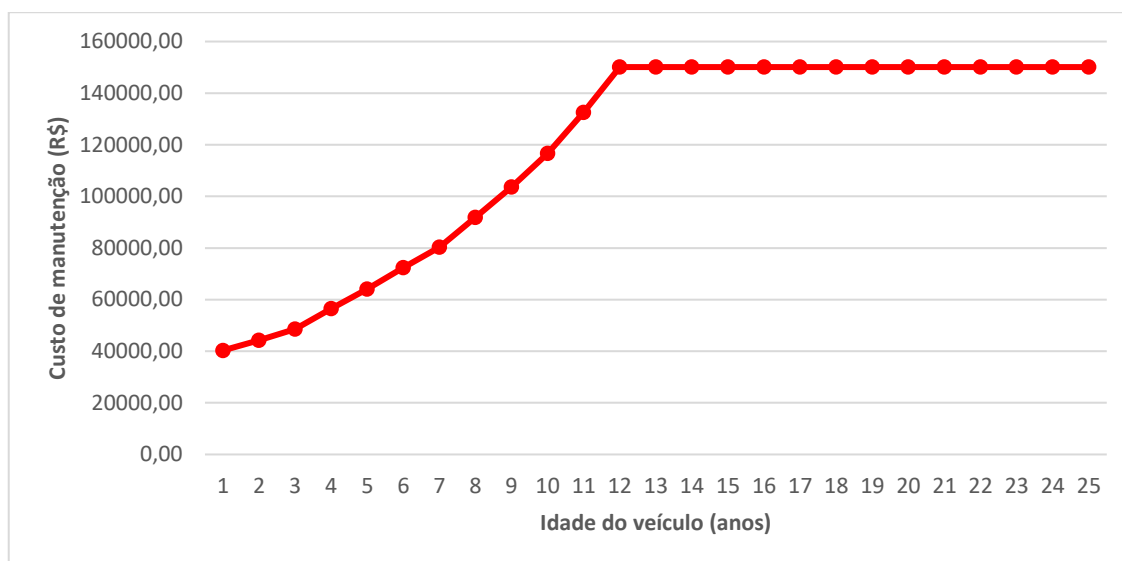
Tabela 9 - Custo anual de manutenção para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21

Ano	Custo Anual de Manutenção	Ano	Custo Anual de Manutenção
1	R\$ 40.319,51	14	R\$ 150.118,18
2	R\$ 44.279,46	15	R\$ 150.118,18
3	R\$ 48.599,41	16	R\$ 150.118,18
4	R\$ 56.519,31	17	R\$ 150.118,18
5	R\$ 64.079,22	18	R\$ 150.118,18
6	R\$ 72.359,12	19	R\$ 150.118,18
7	R\$ 80.279,03	20	R\$ 150.118,18
8	R\$ 91.798,89	21	R\$ 150.118,18
9	R\$ 103.678,74	22	R\$ 150.118,18
10	R\$ 116.638,58	23	R\$ 150.118,18
11	R\$ 132.478,39	24	R\$ 150.118,18
12	R\$ 150.118,18	25	R\$ 150.118,18
13	R\$ 150.118,18		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Com base na Tabela 9, foi possível elaborar a Figura 7, que ilustra os custos de manutenção para cada ano de vida útil da viatura. Observa-se que esses custos são maiores nos anos mais avançados de uso. Como as porcentagens aplicadas ao valor da viatura novo são fornecidas apenas para até 12 anos de vida útil, a partir desse ponto, o custo de manutenção permanece constante. No entanto, esses valores constantes não afetam significativamente o cálculo da vida econômica da viatura.

Figura 7 - Curva de custo de manutenção Agrale Marruá AM21.



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

4.2.1.3 Custo Anual Uniforme Equivalente

De acordo com Casarotto e Kopittke (2010), para calcular o Custo Anual Uniforme Equivalente, é necessário utilizar os fatores das tabelas financeiras (achar A dado P, achar A dado F e achar P dado F). A Tabela 10 a seguir apresenta os valores do fator "achar A dado P" para cada ano de vida útil da viatura.

Tabela 10 - “Achar A dado P” para os 25 anos de vida útil.

Ano	Achar A dado P (juros de 10,23% a.a.)	Ano	Achar A dado P (juros de 10,23% a.a.)
1	1,102300	14	0,137452
2	0,577970	15	0,133205
3	0,403744	16	0,129572
4	0,317043	17	0,126443
5	0,265349	18	0,123733
6	0,231157	19	0,121373
7	0,206963	20	0,119309
8	0,189016	21	0,117496
9	0,175231	22	0,115898
10	0,164357	23	0,114486
11	0,155597	24	0,113234
12	0,148421	25	0,112122
13	0,142460		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

A Tabela 11 contém os valores para o fator “achar A dado F” para cada ano de vida útil da viatura.

Tabela 11 - “Achar A dado F” para os 25 anos de vida útil.

Ano	Achar A dado F (juros de 10,23% a.a.)	Ano	Achar A dado F (juros de 10,23% a.a.)
1	1,000000	14	0,035152
2	0,475670	15	0,030905
3	0,301444	16	0,027272
4	0,214743	17	0,024143
5	0,163049	18	0,021433
6	0,128857	19	0,019073
7	0,104663	20	0,017009
8	0,086716	21	0,015196
9	0,072931	22	0,013598
10	0,062057	23	0,012186
11	0,053297	24	0,010934
12	0,046121	25	0,009822
13	0,040160		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Por fim, a Tabela 12 a seguir traz os valores para o fator “Achar P dado F” para cada ano de vida útil da viatura.

Tabela 12 - “Achar P dado F” para os 25 anos de vida útil.

Ano	Achar P dado F (juros de 10,23% a.a.)	Ano	Achar P dado F (juros de 10,23% a.a.)
1	0,907194	14	0,255742
2	0,823001	15	0,232008
3	0,746622	16	0,210476
4	0,677331	17	0,190943
5	0,614470	18	0,173222
6	0,557444	19	0,157146
7	0,505710	20	0,142562
8	0,458777	21	0,129331
9	0,416200	22	0,117329
10	0,377574	23	0,106440
11	0,342533	24	0,096562
12	0,310744	25	0,087600
13	0,281905		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

Para calcular o Custo Anual Uniforme Equivalente, é necessário determinar os custos totais para cada ano de vida útil da viatura. Esses custos são obtidos pela soma da depreciação, dos custos de capital e dos custos de manutenção. A Tabela 13 a seguir apresenta os custos totais para todos os anos de vida útil.

Tabela 13 - Custo total para os 25 anos de vida útil Agrale Marruá AM21

Ano	Custo Total	Ano	Custo Total
1	R\$ 100.003,33	14	R\$ 173.118,19
2	R\$ 99.742,11	15	R\$ 171.491,50
3	R\$ 100.139,42	16	R\$ 169.979,86
4	R\$ 104.414,13	17	R\$ 168.575,13
5	R\$ 108.586,64	18	R\$ 167.269,75
6	R\$ 113.718,73	19	R\$ 166.056,69
7	R\$ 118.713,45	20	R\$ 164.929,43
8	R\$ 127.515,01	21	R\$ 163.881,89
9	R\$ 136.868,82	22	R\$ 162.908,45
10	R\$ 147.481,27	23	R\$ 162.003,85
11	R\$ 161.139,71	24	R\$ 161.163,23
12	R\$ 176.752,41	25	R\$ 160.382,06
13	R\$ 174.868,68		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

Com todos os valores necessários para o cálculo do CAUE em mãos, é preciso aplicá-los corretamente. Para cada ano de vida útil, os custos anuais que não se encontram no início ou no final do período considerado devem ser trazidos ao presente utilizando o fator "achar P dado F" correspondente. Após multiplicar cada custo anual pelo seu respectivo fator "achar P dado F", esses valores devem ser somados ao valor de investimento da viatura. Em seguida, aplica-se o fator "achar A dado P" para obter a série uniforme equivalente ao valor presente total P.

Depois, o valor residual do custo total do último ano (ano final do período) é subtraído, e o valor resultante é multiplicado pelo fator "achar A dado F" para calcular a série uniforme equivalente ao valor futuro F. Finalmente, soma-se esse valor à série uniforme obtida pelo fator "achar A dado P" para encontrar o Custo Anual Uniforme Equivalente para cada um dos 25 anos de vida útil da viatura.

De forma simplificada, Silva, Nogueira e Reis (2012) propõem a Equação (8) para o cálculo do CAUE:

$$CAUE_t = \sum_{t=n}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \times \frac{(1+i)^t \times i}{(1+i)^t - 1} \quad (8)$$

Na Equação (8), CAUE_t representa o Custo Anual Uniforme Equivalente para o período t, FC_t é o fluxo de caixa líquido do período t, i é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), e t é o período considerado. Essa equação transforma um fluxo de caixa líquido desigual em uma série de pagamentos uniformes, resultando em saídas de caixa idênticas para cada um dos períodos analisados.

Os valores calculados para o CAUE em cada ano de vida útil são apresentados na Tabela 14 a seguir:

Tabela 14 - Custo Anual Uniforme Equivalente Agrale Marruá AM21

Ano	C.A.U.E.	Ano	C.A.U.E.
1	R\$ 162.291,81	14	R\$ 166.360,85
2	R\$ 160.072,04	15	R\$ 167.208,77
3	R\$ 158.220,16	16	R\$ 167.849,65
4	R\$ 157.399,62	17	R\$ 168.332,22
5	R\$ 157.014,30	18	R\$ 168.693,11
6	R\$ 156.997,42	19	R\$ 168.960,09
7	R\$ 157.188,72	20	R\$ 169.154,45
8	R\$ 157.847,86	21	R\$ 169.292,61
9	R\$ 158.844,06	22	R\$ 169.387,31
10	R\$ 160.136,45	23	R\$ 169.448,50
11	R\$ 161.784,15	24	R\$ 169.483,94
12	R\$ 163.756,50	25	R\$ 169.499,76
13	R\$ 165.240,13		

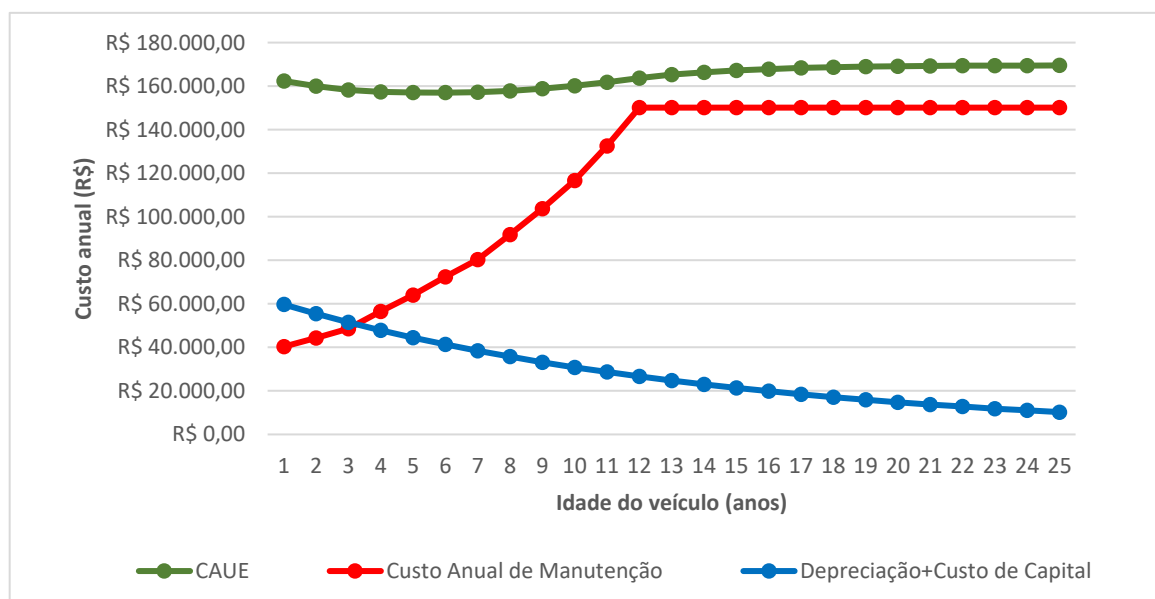
Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

Conclui-se que o menor Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) é alcançado após seis anos de vida da viatura, indicando uma vida econômica de 6 anos. Isso significa que, até esse ponto, é mais econômico manter a viatura do que substituí-la. No entanto, após seis anos, a substituição é recomendada, pois os custos anuais começam a aumentar no ano seguinte.

É importante destacar que, ao substituir uma viatura com 6 anos ou mais por um novo, o CAUE no primeiro ano será superior ao dos anos subsequentes de vida útil. No entanto, para justificar o benefício da renovação, é necessário considerar a redução no CAUE resultante da venda da viatura antiga.

A Figura 8 mostra a evolução dos custos calculados: depreciação somada ao custo de capital, custo de manutenção e o Custo Anual Uniforme Equivalente.

Figura 8 - Custo Anual Uniforme Equivalente Agrale Marruá AM21



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

A Figura 8 tem como objetivo ilustrar graficamente a vida econômica da viatura considerada, correspondendo ao ponto em que o CAUE é mínimo. Esse gráfico identifica o momento até o qual é mais vantajoso manter a viatura e a idade a partir da qual se torna viável substituí-la.

4.2.2 IMPACTOS ECONÔMICOS DA SUBSTITUIÇÃO IDÊNTICA

Ao substituir as viaturas com idade acima da vida econômica de 6 anos, os custos são reduzidos, as externalidades negativas são diminuídas, melhorando a capacidade operacional da OM operativa. Sendo assim, calcula-se o impacto econômico da substituição idêntica das viaturas com idade igual ou superior a 6 anos do referido banco de dados.

A Tabela 18 mostra a quantidade de viaturas Agrale Marruá AM20 e AM21.

Tabela 15 - Quantidade de Marruás existente na OM

Modelo de Viatura	Ano	Existente
Agrale Marruá AM21	2013	8
Agrale Marruá AM21	2014	3
Agrale Marruá AM20	2009	2
Agrale Marruá AM20	2011	1
TOTAL		14

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

As principais diferenças entre AM20 e AM21 aparecem ao comparar ficha técnica das viaturas e é possível observar motor diferente na AM21, que proporciona um aumento de potência de 132cv para 150cv, além do sistema elétrico de 12v na AM21 e 24v na AM20, implicando na necessidade de 1 e 2 baterias, respectivamente. A grande maioria das peças em comum entre os 2 modelos proporciona custos semelhantes de manutenção.

Dada a semelhança entre os modelos, a análise CAUE no presente trabalho pode ser expandida para o modelo AM20, e no caso todos as viaturas possuem tempo de vida superior a 6 anos. Desta forma, a substituição idêntica por novas viaturas Marruá AM21, no valor de R\$ 359.995,63, implica em um impacto econômico no valor de R\$ 5.039.938,82, levando em conta apenas a OM operativa do presente trabalho.

Considerando ainda a existência de uma grande quantidade de viaturas Agrale Marruá em outras OMs do EB, como indica o site Tecnologia & Defesa (2023) sobre recebimento de um grande lote de 89 viaturas de transporte 4x4 Agrale Marruá, implica em acesso a um banco de dados de escalão superior para avaliar quantidade de viaturas do modelo presente na força e parcela que ultrapassa os 6 anos de vida para determinar com exatidão o impacto econômico na frota do exército brasileiro como um todo.

4.3 MERCEDES-BENZ ATEGO 1725/42 VTNE 5 ton

A Viatura de Transporte Não Especializado (VTNE) desenvolvida pela Mercedes-Benz para o Exército Brasileiro, Atego 1725 4x4, é uma viatura tática de médio porte com capacidade para transportar 5.000 kg em estradas, versão militar modificada da versão civil Mercedes-Benz Atego 1725 4x4 2p (diesel) 2012.

Projetada para o transporte de tropas, munições e materiais de uso geral, graças a carroceria possuir bancos laterais dobráveis e banco no centro removível. A viatura também conta com uma grade dianteira reforçada e tomadas de ar elevadas, permitindo o atravessar de cursos de água com profundidade de até 80 cm.

Conforme Mercedes-Benz (2012), o caminhão Atego 1725 (Figuras 9 e 10) com tração integral 4x4, modelo homologado pelo Exército, é reconhecido no mercado pela força, robustez e resistência, especialmente nas severas operações fora de estrada, típicas do transporte, serviços e apoios de campo das unidades militares.

Figura 9 - Vtr Atego 1725



Fonte: foto de Gabriel Orosco, 2017. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/gabrielorosco/35820372430/in/photostream/>. Acesso em: 29 de julho de 2024.

Figura 10 - Vtr Atego 1725 sem lona



Fonte: foto de Hélio Filho e Ademir Ribeiro (SECOM), 2019. Disponível em: <https://www.es.gov.br/Noticia/cinco-mil-pessoas-acompanham-volta-do-desfile-civico-militar-a-vitoria>. Acesso em: 29 de julho de 2024.

A Tabela 16 apresenta mais informações a respeito do modelo de viatura considerada.

Tabela 16 - Informações sobre Atego 1725 4x4

Modelo	Motor	Potência (cv/rpm)	Ano	Tara (Kg)	Capacidade de carga (Kg)	Preço atual (R\$)
Mercedes-Benz Atego 1725 4x4	OM-9060 LA (6 cyl)	245/2.200	2013	5500	6268	296.700,00

Fonte: Manual da viatura.

Segundo relatório de Tomada de Contas do Tribunal de Contas da União (2018), a composição final do custo unitário do caminhão Atego 1725 4x4 militar do Pregão Eletrônico 5/2018 do Comando Logístico do Exército – COLOG, adquirindo 20, 30 e 35 unidades para três estados diferentes, ocorre conforme Tabela 17.

Tabela 17 - Composição final do custo do caminhão Atego 1725

Item	Valor
Caminhão Atego 1725 4x4	R\$ 220.000,00
Implementação Rossetti	R\$ 128.000,00
Garantia de 24 meses	R\$ 5.344,00
Difal – Diferença de alíquota interestadual de ICMS	R\$ 48.400,00
Frete	R\$ 11.500,00
TOTAL	R\$ 413.244,00

Fonte: Relatório TC-023.421/2018-5.

Conforme relatório do Tribunal de Contas da União (2018), o item “Caminhão Atego 1725 4x4” na Tabela 18 indica valor do modelo não militarizando, enquanto o item “Implementação Rossetti” é o valor da modificação para tornar o modelo militarizado por uma empresa especializada (Rossetti Equipamentos Rodoviários).

Como o modelo Atego 1725 4x4 não se encontra mais no catálogo da empresa Mercedes-Benz e a consulta a tabela Fipe mostrou que o último ano modelo do Atego 1725 foi em 2012, será realizado estimativa de preço de um modelo atual semelhante militarizado de forma hipotética:

- i. substituir o Caminhão Atego 1725 4x4 por um modelo idêntico atual;
- ii. utilizar preço da tabela Fipe do modelo selecionado;
- iii. realizar correção monetária dos demais valores da tabela 18 para 2024.

Os principais parâmetros para identificar um modelo semelhante ao Atego 1725 4x4 são: caminhão semipesado, mínimo de 245cv de potência do motor (no mínimo mesma potência do Atego 1725), tração 4x4 para deslocamento *Off Road* e cabine simples.

Após pesquisar catálogo de produtos nos sites oficiais de marcas de caminhões como Mercedes-Benz, Volkswagen, Agrale, MAN, Iveco, Ford, Volvo e Scania não foi encontrado nenhum modelo 4x4, apenas 4x2, 6x2, 6x4, 8x2 e 8x4. Porém o site da Scania oferece uma ferramenta de customização, o “Configure seu Scania”, que selecionando Operação Off-road, aplicação Carga Geral, tipo de chassi rígido, Configuração de eixo B4x4, série da cabine P, altura cabine simples, o resultado é um Scania P370 B4x4HZ.

Após consulta ao site da tabela Fipe, não foi encontrado modelo P-370 com tração 4x4, desta forma será utilizado o valor fornecido para o modelo 4x2 conforme Figura 11.

Figura 11 - Valor do modelo P-370 A4x2 segundo tabela Fipe

Mês de referência:	agosto de 2024
Código Fipe:	513368-8
Marca:	SCANIA
Modelo:	P-370 A 4x2 2p (diesel)(E6)
Ano Modelo:	2024
Autenticação	5zdys7269rdvt
Data da consulta	quinta-feira, 22 de agosto de 2024 20:08
Preço Médio	R\$ 704.560,00

Fonte: Fipe

A Figura 12 ilustra o modelo selecionado e a Tabela 18 apresenta informações do veículo.

Figura 12 - Scania P370 B4x4HZ



Fonte: SCANIA BRASIL. Disponível em: <<https://configurator.scania.com/build/5267/5657/>>. Acesso em: 21 de agosto de 2024.

Tabela 18 - Informações sobre Scania P370 B4x4HZ

Modelo	Motor	Potência (HP)	Ano	Preço atual (R\$)
Scania P 370 B4x4HZ	DC13 162 370 hp Euro 6 / Proconve P8 (DL)	370	2024	704.560,00

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Aplicando correção monetária de junho de 2018 para julho de 2024 através do IPCA aos demais valores da tabela 19, foi obtido o índice de correção no período de 1,39869310. Na sequência foi elaborado a composição do custo do modelo hipotético Scania P 370 B4x4HZ militarizado. O Difal foi considerado pela diferença entre ICMS de veículos em São Paulo (12%), visto que as fábricas da Scania se encontra em São Bernardo do Campo-SP, e o ICMS de veículos do Distrito Federal (18%), local onde se encontra o COLOG, órgão do Exército Brasileiro responsável pela último pregão eletrônico conforme relatório do Tribunal de Contas da União (2018).

Tabela 19 - Composição final do custo do modelo hipotético Scania P 370 B4x4HZ militarizado

Item	Valor
Caminhão Scania P 370 B4x4HZ	R\$ 704.560,00
Implementação Rossetti	R\$ 179.032,72
Garantia de 24 meses	R\$ 7.474,62
Difal – Diferença de alíquota interestadual de ICMS	R\$ 54.429,14
Frete	R\$ 16.084,97
TOTAL	R\$ 961.581,45

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

4.3.1 Cálculo Da Vida Econômica

O método de substituição a ser adotado na análise da frota de viaturas MERCEDES-BENZ ATEGO 1725/42 foi o de substituição idêntica, análogo ao que foi desenvolvido na seção 4.2 AGRALE MARRUÁ AM21 4x4 VTNE ¾ ton. Desta forma, para realizar o cálculo da vida econômica pelo método do Custo Anual Uniforme Equivalente, é preciso obter os custos de depreciação, de capital e de manutenção da viatura escolhida para somá-los e obter os custos totais distribuídos pelos 25 anos de vida útil da viatura.

4.3.1.1 Custos de depreciação e de capital

Conforme descrito na seção 4.2.1.1 Custos de depreciação e de capital da viatura Agrale Marruá AM21, serão utilizadas as equações (4), (5) e (6) para determinar respectivamente a depreciação operacional, a taxa de depreciação, e o valor residual estimado do Mercedes-Benz Atego 1725.

Primeiramente, é necessário obter o valor de investimento da viatura. O preço de um modelo novo, conforme apresentado anteriormente, é de R\$ 961.581,45. Além disso, tem-se que o preço médio de um Atego 1725 4x4 com 11 anos de idade, é de R\$ 296.700,00 se vendido no ano de 2024 (SISCOFIS, 2024). Portanto, aplicando este valor na Equação (5) para o valor residual estimado, a taxa de depreciação para os 11 anos de vida útil a serem considerados é de -0,1014, ou seja, é de 10,14% de depreciação ao ano.

A Tabela 20 apresenta os valores residuais para os 25 anos de vida útil do caminhão considerado.

Tabela 20 - Valor residual para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725

Ano	Valor Residual	Ano	Valor Residual
1	R\$ 864.095,34	14	R\$ 215.300,14
2	R\$ 776.492,48	15	R\$ 193.472,79
3	R\$ 697.770,88	16	R\$ 173.858,32
4	R\$ 627.030,16	17	R\$ 156.232,39
5	R\$ 563.461,20	18	R\$ 140.393,39
6	R\$ 506.336,93	19	R\$ 126.160,17
7	R\$ 455.003,98	20	R\$ 113.369,92
8	R\$ 408.875,21	21	R\$ 101.876,36
9	R\$ 367.423,03	22	R\$ 91.548,03
10	R\$ 330.173,31	23	R\$ 82.266,80
11	R\$ 296.700,00	24	R\$ 73.926,51
12	R\$ 266.620,25	25	R\$ 66.431,76
13	R\$ 239.590,02		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Para o cálculo da depreciação operacional referente a cada ano n de vida útil, será utilizada a

Equação (7), a qual se baseia no valor residual do ano anterior multiplicado pela taxa de desvalorização para obter a depreciação de determinado ano.

A Tabela 21 contém a depreciação operacional para cada ano de vida útil da viatura.

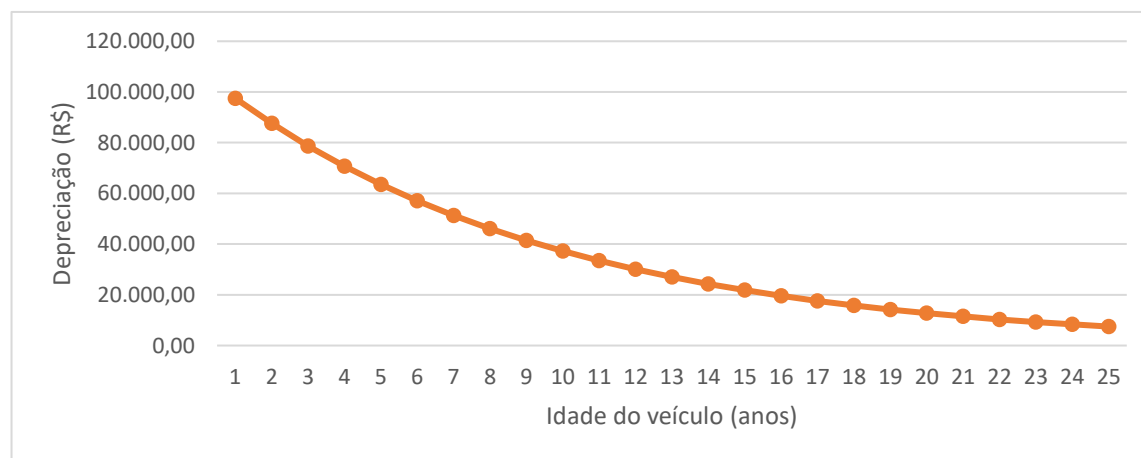
Tabela 21 - Depreciação operacional para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725

Ano	Depreciação Operacional	Ano	Depreciação Operacional
1	R\$ 97.486,11	14	R\$ 24.289,88
2	R\$ 87.602,87	15	R\$ 21.827,35
3	R\$ 78.721,60	16	R\$ 19.614,47
4	R\$ 70.740,72	17	R\$ 17.625,93
5	R\$ 63.568,96	18	R\$ 15.839,00
6	R\$ 57.124,27	19	R\$ 14.233,22
7	R\$ 51.332,95	20	R\$ 12.790,25
8	R\$ 46.128,77	21	R\$ 11.493,56
9	R\$ 41.452,19	22	R\$ 10.328,33
10	R\$ 37.249,72	23	R\$ 9.281,23
11	R\$ 33.473,31	24	R\$ 8.340,29
12	R\$ 30.079,75	25	R\$ 7.494,74
13	R\$ 27.030,23		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

A Figura 13 apresenta a curva exponencial da depreciação operacional.

Figura 13 - Curva de depreciação operacional MBB Atego 1725



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Na Fig. 13 observa-se o mesmo comportamento da Fig. 4, depreciação mais acentuada nos primeiros anos de vida útil da viatura, enquanto os anos posteriores apresentam valores de depreciação menores.

Como mencionado na seção anterior, além da depreciação operacional, gastos de possuir uma viatura também incluem a remuneração do capital investido. Desta forma será utilizado a taxa Finame

fixa aplicada de 10,23% a.a como TMA.

Considerando os valores residuais para os 25 anos e aplicando a taxa Finame fixa de 10,23% a cada ano, a Tabela 22 apresenta os custos de capital para o período de vida útil considerado.

Tabela 22 - Custo de capital para os 25 anos de vida útil com taxa Finame de 10,23% MBB Atego 1725

Ano	Custo de Capital	Ano	Custo de Capital
1	R\$ 88.396,95	14	R\$ 22.025,20
2	R\$ 79.435,18	15	R\$ 19.792,27
3	R\$ 71.381,96	16	R\$ 17.785,71
4	R\$ 64.145,19	17	R\$ 15.982,57
5	R\$ 57.642,08	18	R\$ 14.362,24
6	R\$ 51.798,27	19	R\$ 12.906,18
7	R\$ 46.546,91	20	R\$ 11.597,74
8	R\$ 41.827,93	21	R\$ 10.421,95
9	R\$ 37.587,38	22	R\$ 9.365,36
10	R\$ 33.776,73	23	R\$ 8.415,89
11	R\$ 30.352,41	24	R\$ 7.562,68
12	R\$ 27.275,25	25	R\$ 6.795,97
13	R\$ 24.510,06		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Sendo assim, a Tabela 23 apresenta os custos de possuir, os quais representam a soma da depreciação operacional aos custos de capital para cada ano da vida útil da viatura.

Tabela 23 - Depreciação mais custo de capital para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725

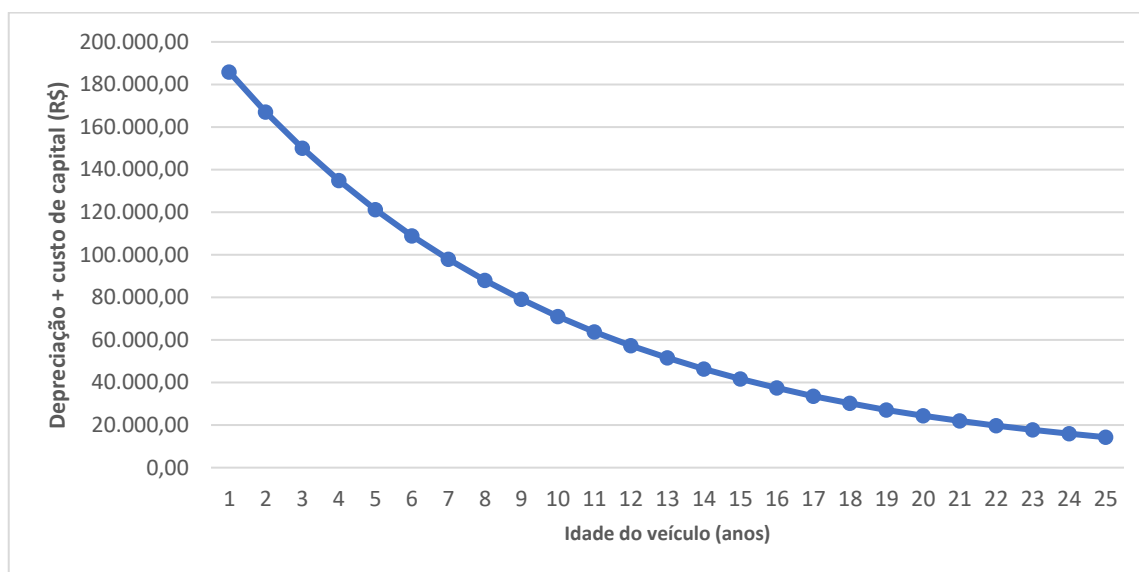
Ano	Depreciação mais Custo de Capital	Ano	Depreciação mais Custo de Capital
1	R\$ 185.883,06	14	R\$ 46.315,08
2	R\$ 167.038,05	15	R\$ 41.619,61
3	R\$ 150.103,56	16	R\$ 37.400,18
4	R\$ 134.885,91	17	R\$ 33.608,51
5	R\$ 121.211,04	18	R\$ 30.201,24
6	R\$ 108.922,54	19	R\$ 27.139,41
7	R\$ 97.879,86	20	R\$ 24.387,99
8	R\$ 87.956,70	21	R\$ 21.915,51
9	R\$ 79.039,56	22	R\$ 19.693,69
10	R\$ 71.026,45	23	R\$ 17.697,13
11	R\$ 63.825,72	24	R\$ 15.902,97
12	R\$ 57.355,00	25	R\$ 14.290,71
13	R\$ 51.540,29		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

A partir da Tabela 23, foi construída a Figura 14, contendo a soma da depreciação ao custo de capital para cada ano de vida útil da viatura. Observa-se que a curva segue o mesmo padrão da curva

exponencial de depreciação.

Figura 14 - Curva de depreciação mais custo de capital MBB Atego 1725



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

4.3.1.2 Custos de manutenção

Os custos de manutenção inicialmente baixos, aumentam significativamente nos últimos anos da vida útil da viatura. De forma análoga ao item **4.2.1.2 Custos de manutenção** da Agrale Marruá AM21, será utilizado os percentuais sugeridos por Valente et al., (1995), que são apresentados na Tabela 8.

Assim, o custo anual de manutenção para cada ano de vida útil do caminhão será calculado aplicando as porcentagens mencionadas anteriormente sobre o valor da viatura nova, que é de R\$ 961.581,45. Os valores resultantes são apresentados na Tabela 24.

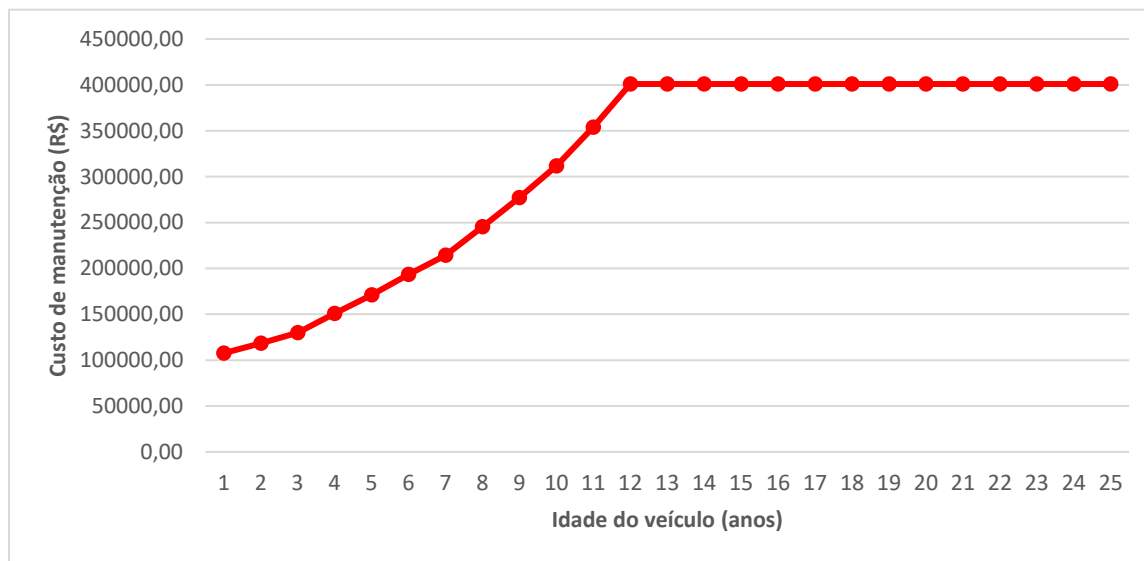
Tabela 24 - Custo anual de manutenção para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725

Ano	Custo Anual de Manutenção	Ano	Custo Anual de Manutenção
1	R\$ 107.697,12	14	R\$ 400.979,46
2	R\$ 118.274,52	15	R\$ 400.979,46
3	R\$ 129.813,50	16	R\$ 400.979,46
4	R\$ 150.968,29	17	R\$ 400.979,46
5	R\$ 171.161,50	18	R\$ 400.979,46
6	R\$ 193.277,87	19	R\$ 400.979,46
7	R\$ 214.432,66	20	R\$ 400.979,46
8	R\$ 245.203,27	21	R\$ 400.979,46
9	R\$ 276.935,46	22	R\$ 400.979,46
10	R\$ 311.552,39	23	R\$ 400.979,46
11	R\$ 353.861,97	24	R\$ 400.979,46
12	R\$ 400.979,46	25	R\$ 400.979,46
13	R\$ 400.979,46		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Com base na Tabela 24, foi elaborada a Figura 15, que ilustra os custos de manutenção para cada ano de vida útil do caminhão. Observa-se que esses custos são maiores nos anos mais avançados de uso. Da mesma forma que na Figura 6, apresenta estabilização a partir de 12 anos devido ao fato das porcentagens aplicadas ao valor da viatura nova são fornecidas na literatura apenas para até 12 anos de vida útil.

Figura 15 - Curva de custo de manutenção MBB Atego 1725



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

4.3.1.3 Custo Anual Uniforme Equivalente

Para calcular o Custo Anual Uniforme Equivalente, segundo Casarotto e Kopittke (2010), é necessário utilizar os fatores das tabelas financeiras (achar A dado P, achar A dado F e achar P dado F). Será utilizado as tabelas 10, 11 e 12 do item **4.2.1.3 Custo Anual Uniforme Equivalente** da Agrale Marruá AM21, por ambos os casos utilizarem a mesma taxa de juros.

Para calcular o Custo Anual Uniforme Equivalente, é necessário determinar os custos totais para cada ano de vida útil da viatura. Esses custos são obtidos pela soma da depreciação, dos custos de capital e dos custos de manutenção. A Tabela 25 apresenta os custos totais para todos os anos de vida útil.

Tabela 25 - Custo total para os 25 anos de vida útil MBB Atego 1725

Ano	Custo Total	Ano	Custo Total
1	R\$ 293.580,18	14	R\$ 447.294,55
2	R\$ 285.312,56	15	R\$ 442.599,08
3	R\$ 279.917,05	16	R\$ 438.379,64
4	R\$ 285.854,19	17	R\$ 434.587,97
5	R\$ 292.372,53	18	R\$ 431.180,71
6	R\$ 302.200,41	19	R\$ 428.118,87
7	R\$ 312.312,52	20	R\$ 425.367,45
8	R\$ 333.159,97	21	R\$ 422.894,97
9	R\$ 355.975,02	22	R\$ 420.673,16
10	R\$ 382.578,84	23	R\$ 418.676,59
11	R\$ 417.687,69	24	R\$ 416.882,44
12	R\$ 458.334,46	25	R\$ 415.270,18
13	R\$ 452.519,76		

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

Com todos os valores necessários para o cálculo do CAUE em mãos, é preciso aplicá-los corretamente. De forma análoga a seção **4.2.1.3 Custo Anual Uniforme Equivalente** da Agrale Marruá AM21 será utilizado a equação (8) proposta por Silva, Nogueira e Reis (2012) para o cálculo do CAUE.

Os valores calculados para o CAUE em cada ano de vida útil são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Custo Anual Uniforme Equivalente MBB Atego 1725

Ano	C.A.U.E.	Ano	C.A.U.E.
1	R\$ 489.436,07	14	R\$ 452.114,06
2	R\$ 476.058,49	15	R\$ 453.175,24
3	R\$ 464.608,24	16	R\$ 453.846,43
4	R\$ 456.741,92	17	R\$ 454.236,42
5	R\$ 450.765,31	18	R\$ 454.424,31
6	R\$ 446.410,12	19	R\$ 454.467,98
7	R\$ 443.169,08	20	R\$ 454.410,08
8	R\$ 441.665,98	21	R\$ 454.282,08
9	R\$ 441.490,16	22	R\$ 454.107,22
10	R\$ 442.478,46	23	R\$ 453.902,70
11	R\$ 444.741,42	24	R\$ 453.681,13
12	R\$ 448.155,52	25	R\$ 453.451,75
13	R\$ 450.511,71		

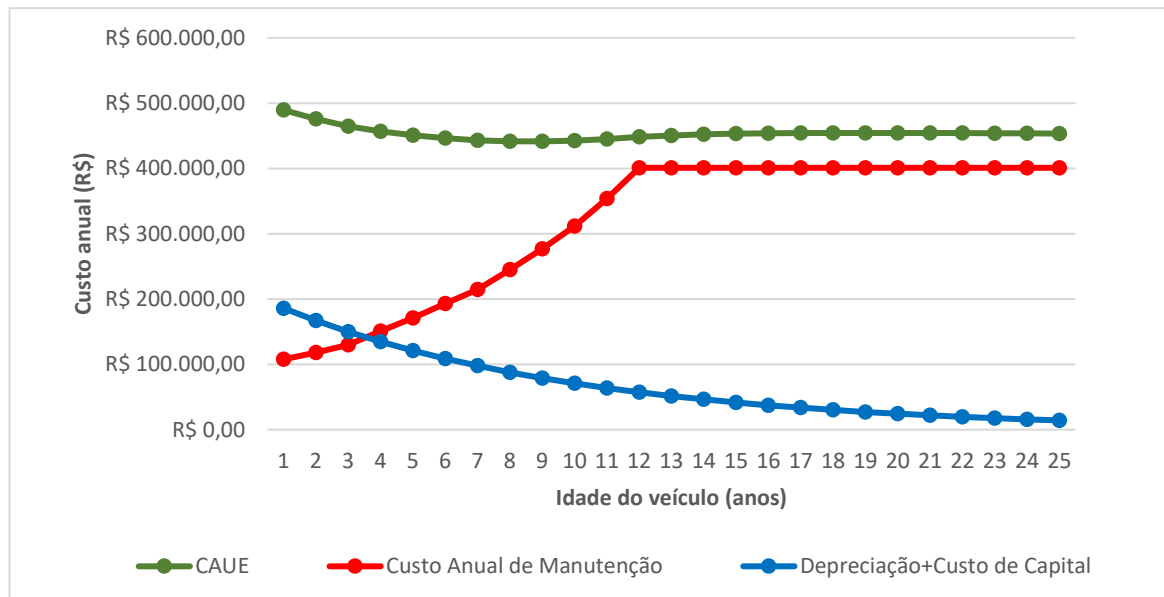
Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Conclui-se que o menor Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) é alcançado após nove anos de vida da viatura, indicando uma vida econômica de 9 anos. Isso significa que, até esse ponto, é mais econômico manter a viatura do que substituí-la. No entanto, após nove anos, a substituição é recomendada, pois os custos anuais começam a aumentar no ano seguinte.

É importante lembrar que ao substituir uma viatura com nove anos ou mais por um novo, o CAUE no primeiro ano será superior ao dos anos subsequentes de vida útil. Portanto, para justificar o benefício da renovação, é necessário considerar a redução no CAUE resultante da venda da viatura antiga.

A Figura 16 mostra a evolução dos custos calculados: depreciação somada ao custo de capital, custo de manutenção e o Custo Anual Uniforme Equivalente.

Figura 16 - Custo Anual Uniforme Equivalente MBB Atego 1725



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

A Figura 16 tem como objetivo ilustrar graficamente a vida econômica da viatura considerada, correspondendo ao ponto em que o CAUE é mínimo em 9 anos. O gráfico identifica o momento limite em que é mais vantajoso manter a viatura e momento inicial em que se torna viável substituí-la. Trata-se de uma ferramenta essencial para apoiar a tomada de decisões no transporte rodoviário de cargas (Radel et al., 2012).

Comparando os resultados de CAUE dos veículos do presente trabalho e das avaliações de Martinovic (2015) e Mendonça (2016), é possível observar que a taxa de depreciação e Taxa Mínima de Atratividade possuem grande influência no menor CAUE, onde quanto maior a TMA e a taxa de depreciação, mais tarde ocorrerá o CAUE mais baixo.

4.3.2 IMPACTOS ECONÔMICOS DA SUBSTITUIÇÃO IDÊNTICA

Ao substituir as viaturas com idade acima da vida econômica de 9 anos, os custos são reduzidos, as externalidades negativas são diminuídas, melhorando a capacidade operacional da OM operativa. Sendo assim, calcula-se o impacto econômico da substituição idêntica das viaturas com idade igual ou superior a 9 anos do referido banco de dados.

Observando a Tabela 2, nota-se que existem 13 viaturas Mercedes-benz Atego 1725 na OM operativa, todas com 11 anos de vida. Desta forma, a substituição idêntica das treze Atego 1725 pelo modelo hipotético Scania P 370 B4x4HZ militarizado, no valor de R\$ 961.581,45, implica em um impacto econômico no valor de R\$ 12.500.588,83, levando em conta apenas a OM operativa do presente trabalho.

Considerando ainda a existência de uma grande quantidade de viaturas Mercedes-Benz Atego 1725 em outras OMs do EB, como indica o site da Mercedes-Benz (2012) sobre a aquisição de um grande lote de 1.567 viaturas Atego 1725, é necessário viabilizar o acesso a um banco de dados de escalão superior para avaliar quantidade de viaturas do modelo presente na força e parcela que ultrapassa os 9 anos de vida, para determinar com exatidão o impacto econômico na frota do exército brasileiro como um todo.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo possibilitou uma avaliação econômica detalhada de dois modelos selecionados da frota de viaturas uma organização militar operativa do Exército Brasileiro localizada em Brasília. Para tanto, foi crucial a mensuração de todos os custos envolvidos na posse e manutenção de viaturas. Com a aplicação do método do Custo Anual Uniforme Equivalente, foi possível determinar o momento ideal para a renovação da frota de viaturas Agrale Marruá e Mercedes-Benz Atego 1725, concluindo que a vida econômica das viaturas da amostra selecionada é, respectivamente, de 6 e 9 anos, com base no método de substituição idêntica de veículos.

A grande diferença entre a vida econômica encontrada no presente estudo e a vida útil determinada dos modelos de viatura selecionados deve ser observada levando em consideração que a vida útil de um veículo corresponde ao intervalo que se inicia sua operação até o ponto em que ele deixa de ser funcional, enquanto a vida econômica chega ao fim quando o custo-benefício de mantê-lo não é mais sustentável.

Os resultados revelaram que na amostra analisada todas as viaturas dos modelos Agrale Marruá e Mercedes-Benz Atego 1725 ultrapassaram as respectivas vidas econômicas de 6 e 9 anos e, portanto, deveriam ser substituídas. Cabe observar que as viaturas com menor tempo de vida eram três marruás AM21 com dez anos de vida. Para renovar essa frota obsoleta, estima-se um investimento aproximado de R\$ 5.039.938,82 para trocar 14 Agrale Marruá e R\$ 12.500.588,83 para trocar 13 Mercedes-Benz Atego 1725, totalizando R\$ 17.540.497,65.

O estudo evidenciou que viaturas que operam além da vida econômica acarretam altos custos de manutenção, o que pode tornar a operação insustentável para as Forças Armadas, comprometendo a capacidade operacional. Essa situação ocorre, em parte, pela diretriz de utilização das viaturas até o final de sua vida útil, sem a consideração de métodos de substituição baseados na vida econômica para auxiliar na tomada de decisão sobre o momento ideal para renovar suas viaturas.

Os resultados deste trabalho podem servir como base para políticas de planejamento e financiamento para aquisição de viaturas em melhores momentos. Dado que todas as viaturas dos modelos selecionados para avaliação nessa amostra estão com tempo de vida acima do CAUE encontrado, e podendo ser observada a mesma situação em outras OM pelo fato do EB adquirir grandes lotes de viaturas nas licitações, a renovação dessa frota é uma solução para aumentar a capacidade de pronto emprego da força.

É importante ressaltar que, para a determinação dos custos de manutenção foram utilizados percentuais sobre valor de veículo novo sugeridos por Valente et al., (1995). Para determinar os custos de manutenção de forma mais precisa dos veículos especiais do EB, é necessária implementação de uma função no SisLogMnt, ou sistema equivalente em uso, que possibilite a aferição do custo médio de manutenção de cada modelo de viatura, para cada ano de vida útil, baseado nos dados inseridos no

sistema por todas as OM.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a aplicação do cálculo do Custo Anual Uniforme Equivalente a todas as categorias da frota do Exército Brasileiro com uma base de dados maior que englobe as viaturas da força em cada região de atuação, além da comparação de diferentes métodos de substituição de equipamentos, avaliando o impacto econômico de cada um. Por fim, sugere-se a inclusão da externalidade negativa de acidentes e de emissão de CO₂, com o objetivo de obter uma visão mais abrangente das externalidades envolvidas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRALE ARGENTINA. Ficha técnica Agrale Marruá AM20/AM20 CC Disponível em: <http://www.agraleargentina.com.ar/pdf/es/old/77.pdf>. Acesso em: 29 de julho de 2024.
- AGRALE. Agrale expõe na LAAD 2015 sua família de viaturas para aplicações militares e de segurança. Disponível em: <http://www.agrale.com.br/pt/imprensa/noticias/detalhes/387> >. Acesso em: 29 de julho de 2024.
- AGRALE. Ficha técnica Agrale Marruá AM21 4x4. Disponível em: <https://www.agrale.com.br/2019/ficha-tecnica/pt/viatura-militar-am21-vtne-ton-2/78/> >. Acesso em: 29 de julho de 2024.
- AGRALE. Forças armadas concluem aprovação das viaturas militares Agrale Marruá. Disponível em: <https://www.agrale.com.br/pt/imprensa/noticias/detalhes/123/forças-armadasconcluem-aprovacao-das-viaturas-militares-agrale-marrua>>. Acesso em: 29 de julho de 2024.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Cálculo de correção de valores. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores#:~:text=A%20atualiza%C3%A7%C3%A3o%20C3%A9%20obtida%20multiplicando,IPCA%2F100%2B1>. Acesso em: 20 agosto 2024.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Estatísticas monetárias e de crédito. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/estatisticasmonetariascredito>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). BNDES Finame BK Aquisição e Comercialização. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-bk-aquisicao-comercializacao/>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Histórico da parcela fixa da TLP. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/historico-da-parcela-fixa-da-tlp/>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). TLP - Taxa de Longo Prazo. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/tlp-taxa-de-longo-prazo/>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. 292p.
- BUSCA DE PEDIDOS E RESPOSTAS, Lei de Acesso à Informação. Tabela com a frota de veículos terrestres do EB - Pedido 6014300445120231816/07/2023 - Acesso Concedido. Disponível em: < <https://buscalai.cgu.gov.br/PedidosLai/DetallePedido?id=6020947> >. Acesso em: 23 de maio de 2024.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CRESWELL, J. W. Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto. 3. ed.

- Porto Alegre: Artmed, 2014.
- CRUVINEL, R. R. S.; PINTO, P. V. H. ; GRANEMANN, S. R. Mensuração econômica da emissão de CO₂ da frota dos transportadores autônomos de cargas brasileiros. *Journal of Transport Literature*, v.6, n.2, pp. 234-252, 2012.
- DEGARMO, E. P.; CANADA, J. R. *Engineering economy*. 5. ed. New York: Macmillan Publishing Co. Inc, 1973.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. *MANUAL DE TRANSPORTE PARA USO NAS FORÇAS ARMADAS - MD34-M-04*. 1. Ed. Brasília: EB, 2013.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. *Norma Administrativa Relativa aos Materiais de Gestão da Diretoria de Material - NARMAT - E1340-N-20.001*. 1. Ed. Brasília: EB, 2016.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. *NORMAS PARA O TRANSPORTE NAS FORÇAS ARMADAS - MD34-N-01*. 1. Ed. Brasília: EB, 2013.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. *Plano de Alienação de Viaturas Pertencentes ao Comando do Exército para o período de 2021 a 2025 (EB40-P-20.951)*, 2020. Disponível em: < http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/02_reguladoras/05_comando_logistico/port_n_174_colog_21out2020.html >. Acesso em: 17 de dezembro de 2023.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. *Relatório Contábil do Exército Brasileiro 2022, 2023*. Disponível em: < <https://www.eb.mil.br/documents/d/ouvidoria/demonstracoes-contabeis-2022-2> >. Acesso em: 22 de novembro de 2023.
- FELDENS, A. G. F. *Sistemática para Desenvolvimento de Políticas de Substituição de Frotas de Ônibus para Transporte Público Urbano: Uma Abordagem Multicritério*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- FELDENS, A.; MULLER, C. J; FILOMENA, T. P.; KLIEMANN NETO F. J.; CASTRO, A. S.; ANZANELLO, M. J. *Política para Avaliação e Substituição de Frota por Meio da Adoção de Modelo Multicritério*. ABCustos - Associação Brasileira de Custos, v.5, n.1, 2010.
- FIPE. *Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas*. Disponível em: <https://www.fipe.org.br/pt-br/home>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- FRANÇOIS, V. *Nova regra do Finame beneficia caminhões*. Disponível em: <<https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/nova-regra-do-finame-beneficia-caminhoes>> . Acesso em: 23 de agosto de 2024.
- FURTADO, Cláudio V. *Parecer técnico: metodologia de cálculo dos valores de locação de infraestrutura compartilhada*. São Paulo: FGV, 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Inflação*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. *Manutenção – Função Estratégica*. 1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1998.
- LAMBERTI, J. R. P. *Finanças e Orçamento Público*. 1 ed. Maringá: CESUMAR, 2012.

- MARCORIN, W. R., LIMA, C. R. C. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia* • v. 11, nº 22 – pp. 35-42, 2003.
- MARTINOVIC, Letícia do Valle Pires. Avaliação econômica da frota brasileira de caminhões de transportadores remunerados. 2015. 45 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/12668>>. Acesso em: 25 de abril de 2024.
- MENDONÇA, Ana Campos de. Avaliação econômica da frota brasileira de ônibus interestaduais de passageiros. 2016. 54 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/15673>>. Acesso em: 25 de abril de 2024.
- MERCEDES-BENZ. Mercedes-Benz vende mais de 2.000 veículos para o governo brasileiro. Disponível em: <<https://www.mercedes-benz-trucks.com.br/institucional/imprensa/releases/caminhoes/2012/10/1565-mercedes-benz-vende-mais-de-2-000-veiculos-para-o-governo-brasileiro>>. Acesso em: 29 de julho de 2024.
- MEZZARI, Vinicius Troian. Avaliação de cenários para substituição de uma frota veicular na administração pública baseada na determinação da vida útil econômica. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/handle/11338/3039>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.
- MINISTÉRIO DA DEFESA. Livro branco de defesa nacional. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf>. Acesso em 23 de agosto de 2024.
- MONTENEGRO, L. C. S., BOURAHLI, A., FERNANDES, I. A. Determinação do momento adequado para substituição de veículos em empresas com frota própria: estudo de caso no setor público. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da FUNDACE, Ribeirão Preto-SP*, 2011.
- MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas, 2002.
- OLIVEIRA, M. D. M. Custo Operacional e Ponto de Renovação de Tratores Agrícolas de Pneus: Avaliação de Uma Frota. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- PACHECO, L. P. Ponto econômico de renovação de frotas de veículos nas organizações: Um estudo de caso na Secretaria de Estado da Fazenda da Bahia – IFMT / NORTE, no período de 1996 – 2003. Salvador: UFBA, 2004.
- PEREIRA, D. B. S. Análise do impacto das condições de rodovias pavimentadas na renovação da frota de transporte rodoviário de carga. Dissertação de Mestrado em Transportes. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006.
- PEREIRA, D. B. S.; ROCHA, C. H. Análise do impacto das condições de rodovias pavimentadas na rentabilidade da frota de transporte rodoviário de carga: um estudo de caso. Brasília: Anais da ANPET, 2006.

- RADEL, E., SANDOVAL, D. M. G. L., PEREIRA, P. R., MACHADO, S. C. C., GRANEMANN, S.R. Análise da vida econômica da frota brasileira de caminhões. II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa-PR, 2012.
- RECEITA FEDERAL DO BRASIL. Instrução Normativa RFB nº 1.700, de 14 de março de 2017. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?naoPublicado=&idAto=81268&visao=compilado>>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- ROCHA, C. H., ARRUDA, B. D. L.; ROCHA, M. O. M. Renovação da frota de caminhões de carga agropecuária. Anais do XXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Vitória-ES, 2009.
- RODRIGUES, R. H. P. Plano diretor de transportes frota oficial. Disponível em: Acesso em: 20 de março de 2024.
- SCANIA. Configurador de veículos. Disponível em: https://configurator.scania.com/?etel_market=5267&etel_language=5657. Acesso em: 21 de agosto de 2024.
- SCANIA. Nossa produção. Disponível em: <https://www.scania.com/latinamerica/pt/home/our-operations.html>. Acesso em: 21 ago. 2024.
- SECRETARIA DA FAZENDA DO RIO GRANDE DO SUL. Aliquotas do DIFAL. Disponível em: <https://dfe-portal.svrs.rs.gov.br/Difal/Aliquotas>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- SILVA, B. A. O.; NOGUEIRA, S. G.; REIS, E. A. D. Determinação do momento ótimo para substituição de equipamentos sob as óticas da gestão econômica e da engenharia econômica. XXXII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Bento Gonçalves-RS, 2012.
- TECNODEFESA. Exército recebe mais viaturas Marruá para o SISFRON. Disponível em: <https://tecnodefesa.com.br/exercito-recebe-mais-viaturas-marrua-para-o-sisfron/>. Acesso em: 22 de agosto 2024.
- THOMÉ, Belisario Antonio. Veículos elétricos em órgãos públicos: metodologia para substituição gradual da frota a combustão por veículos elétricos. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23023>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Representações formuladas por unidade técnica do TCU. Pregões eletrônicos do Comando Logístico do Exército, com baixo índice de competição e ausência de parâmetros comparativos de preços. Aquisição de motocicletas, pick-ups, automóveis (viaturas táticas leves de reconhecimento) e caminhões de interesse do Exército. Matéria tratada no TC-020.474/2017-2. Relatório. Brasília, DF: TCU, 2018. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/tcu/673574823/inteiro-teor-673574839>>. Acesso em: 08 de agosto de 2024.
- VALENTE, A. M., PASSAGLIA, E., NOVAES, A.G. Gestão de Frotas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFSC. Florianópolis-SC, 1995.
- VALENTE, A.M., PASSAGLIA, E. E NOVAES, A.G. Gerenciamento de transporte e frotas. Pioneira: São Paulo, 1997.
- VAZ, Lucas Lorena Alves; MACHADO, Paulo Victor Guerra. Avaliação de substituição de

frota de uma empresa transportadora em recife. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/46684>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

VEY, I. H.; ROSA, R. M. Substituição de frota em empresa de transporte municipal de passageiros: um estudo de caso. Anais da IX Convenção de Contabilidade do Rio Grande do Sul. Gramado-RS, 2003.

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.