Seleção de veículo elétrico mais adequado para substituir veículo a diesel em operações urbanas utilizando o método AHP-Gaussiano

Lucas Moussalle Bueno Cortez (FPMRIO) *lucas.cortez@mackenzista.com.br*
Wagner dos Anjos Carvalho (FPMRIO) wagner.carvalho@mackenzie.br
Nayara Tavares Cardoso (FPMRIO) nayara.cardoso@mackenzie.br
Gabriel Jannuzzi (FPMRIO) 10425066@mackenzista.com.br

Resumo

A necessidade de reduzir custos na operação logística, somada ao crescente interesse dos consumidores por empresas ambientalmente responsáveis e à pressão pública por práticas menos poluentes, tem levado transportadoras a reconsiderar o uso de veículos movidos a diesel. Por isso, o objetivo deste artigo é selecionar um modelo, entre cinco modelos elétricos avaliados. Para estruturar esta pesquisa utilizou-se o método AHP-Gaussiano em sua abordagem cardinal, foram selecionados 5 critérios para que fosse possível trabalharmos com valores objetivos e incorpora média, desvio-padrão e fator gaussiano para priorizar alternativas de forma estruturada. As análises e cálculos foram realizados em uma planilha do Excel, a qual possui uma ferramenta criada especificamente para problemas do método AHP- Gaussiano, onde é capaz de gerar estruturas e realizar diversos cálculos importantes para assegurar uma análise completa com precisão máxima. Após a aplicação do método, verificou-se que o veículo que se destacou foi o Mercedes-Benz eCitan, este meio de transporte de carga se enquadrada como uma Van elétrica. Tal alternativa foi escolhida principalmente pelos critérios de autonomia e custo por quilômetro. De modo geral, os achados indicam que a substituição da frota a diesel é tecnicamente viável e tende a reduzir custos operacionais, ao mesmo tempo em que atende às expectativas sociais e ambientais. A decisão, porém, requer planejamento adequado da infraestrutura de recarga.

Palavras-Chaves: *AHP-Gaussiano, critério, alternativas*

Abstract

The need to reduce costs in logistics operations, coupled with growing consumer interest in environmentally responsible companies and public pressure for less polluting practices, has led transport companies to reconsider the use of diesel-powered vehicles. Therefore, the

objective of this article is to select one model from among five evaluated electric models. To structure this research, the AHP-Gaussian method in its cardinal approach was used. Five criteria were selected to work with objective values and incorporate mean, standard deviation, and Gaussian factor to prioritize alternatives in a structured way. The analyses and calculations were performed in an Excel spreadsheet, which has a tool specifically created for AHP-Gaussian problems, capable of generating structures and performing various important calculations to ensure a complete analysis with maximum precision. After applying the method, it was found that the vehicle that stood out was the Mercedes-Benz eCitan, this cargo transport vehicle being classified as an electric van. This alternative was chosen mainly based on the criteria of range and cost per kilometer. Those that showed the greatest statistical variation. Charging time did not influence the ranking, as its variations are extremely close among all the alternatives evaluated. In general, the findings indicate that replacing the diesel fleet is technically feasible and tends to reduce operating costs, while meeting social and environmental expectations. The decision, however, requires adequate planning of the charging infrastructure.

Keywords: AHP-Gaussian, criteria, alternatives

1. Introdução

Nos últimos anos, a rotina das cidades tem mudado junto com o aumento das compras e consequentemente das entregas urbanas. Assim, tornou-se perceptível o aumento de veículos circulando, principalmente caminhões de médio porte. Assim, causando congestionamentos nas vias públicas. Desta forma, causando o crescimento com a preocupação com o barulho, poluição nos habitantes das grandes cidades. Além de que, para as transportadoras, o custo de manter uma frota movida a diesel é altíssimo. Logo, há uma a discussão sobre alternativas mais limpas, já que o tema cada vez mais vem ganhando força à medida que empresas precisam se adaptar a regras ambientais mais rígidas e a clientes que esperam operações mais responsáveis. Nesse cenário as vans ou furgões elétricos surgem como uma possibilidade concreta, mas ainda cercada de dúvidas práticas.

A *European Enviroment Agency* (EEA), trouxe em 2022, um estudo onde é admitido que os veículos elétricos são extremamente bem-vistos nas grandes cidades, tendo em vista que eles diminuem drasticamente qualquer tipo de poluição que poderia ser causada pelos caminhões a diesel. Um relatório muito importante, realizado pela *World Health Organization* (WHO) em 2021, creditou aos meios de transporte movidos a combustível fóssil, a

nomenclatura de principais poluidores da atmosfera. Logo, mostrando a grande necessidade de realizar a troca desses veículos de forma mais antecipada possível.

Entretanto, conforme levantamento realizado pela Confederação Nacional de Transporte (CNT) indica que o Brasil possui uma frota nacional registrada de 14,8 milhões de veículos de carga. Portanto, trocar uma frota inteira não é apenas substituir esses meios de transporte de carga por outro modelo politicamente correto. É preciso entender como as vans ou furgões elétricos se comportam nas ruas da cidade, quanto tempo ficam parados recarregando, qual é o impacto no custo total e até como isso mexe na rotina de rotas e horários. A discussão deixa de ser apenas ambiental e passa a envolver a operação como um todo.

Com isso, o objetivo da pesquisa é identificar, de maneira objetiva, o melhor veículo elétrico para a função, garantindo que a melhor alternativa para substituir os veículos a diesel seja extremamente superior em termos de economia financeira e sustentabilidade. Portanto, o estudo deste objetivo levará critérios que atendam às necessidades dessas transportadoras.

2. Referencial teórico

O "*Analytic Hierarchy Process* (AHP)", proposto pelo professor Thomas Saaty (1970), consolidou-se como um dos métodos multicritério mais difundidos devido à sua capacidade de estruturar problemas complexos em níveis hierárquicos e transformar julgamentos subjetivos em medidas quantitativas. Ao utilizar comparações paritárias e a escala fundamental de 1 a 9, o AHP tradicional permite priorizar alternativas com base em preferências humanas, desde que tais julgamentos apresentem consistência, avaliada por meio da Razão de Consistência. Entretanto, esses julgamentos nem sempre são estáveis e podem variar significativamente entre avaliadores, sobretudo em decisões que envolvem múltiplos especialistas.

Essa característica levou ao desenvolvimento de extensões metodológicas capazes de lidar com incertezas de forma mais explícita. Entre essas variações, destaca-se o AHP-Gaussiano, cuja literatura contemporânea apresenta duas abordagens complementares, aplicadas conforme o tipo de problema analisado. A primeira se apoia em fundamentos estatísticos e trata julgamentos como variáveis aleatórias; a segunda substitui julgamentos subjetivos por valores cardinais das alternativas, eliminando a comparação par a par entre critérios.

A abordagem probabilística, documentada em estudos recentes como os de Ferreira et al. (2024), Matsui et al. (2025), Minatel (2024) e Russo e Russo (2024), parte da premissa de que julgamentos humanos apresentam variabilidade natural, que pode ser modelada por

distribuições normais. Nessa estrutura, cada comparação paritária é representada por uma média e um desvio-padrão obtidos a partir de múltiplas avaliações. Essa versão do AHP-Gaussiano permite capturar não apenas a preferência predominante, mas também a dispersão entre avaliadores, funcionando como um indicador adicional de confiabilidade. Comparações com alta variabilidade sugerem falta de consenso, enquanto valores mais estreitos indicam estabilidade decisória.

Ao mesmo tempo, uma segunda linha metodológica do AHP-Gaussiano vem sendo consolidada a partir de desenvolvimentos que ampliam o método tradicional ao eliminar a necessidade de comparações subjetivas entre critérios, reduzindo significativamente o esforço cognitivo do decisor. Assim, os pesos não surgem de julgamentos subjetivos, mas dos próprios valores numéricos observados nos critérios em análise. Essa abordagem é adequada apenas quando os critérios possuem mensurações concretas como custo, tempo, distância, capacidade ou eficiência e se revela especialmente útil em ambientes nos quais há disponibilidade de dados objetivos. Essa estrutura mantém coerência com princípios matemáticos presentes no AHP clássico ao preservar etapas de cálculo de prioridades e normalização, mas modifica a forma de obtenção dos pesos, rompendo com a dependência das comparações par a par.

De acordo com Ana Carolina Russo em 2024, a emergência do AHP-Gaussiano representa uma evolução metodológica relevante: ele permite que, dependendo da natureza do problema seja dominado por incerteza e variância humana, seja pautado em dados objetivos mensuráveis o decisor escolha a abordagem mais adequada. A flexibilidade de alternar entre uma análise baseada em julgamentos e outra baseada em dados, ou adotar a forma determinística quando apropriado, amplia a aplicabilidade do método em áreas como engenharia, saúde pública, tecnologia, logística e políticas públicas. Diversos estudos recentes relatam sua adoção com sucesso nesses campos.

Em suma, a coexistência dessas duas linhas de aplicação o AHP "clássico" e o AHP-Gaussiano demonstra que o método multicritério permanece robusto e adaptável: preserva sua coerência original, mas se adapta às exigências contemporâneas de tomadas de decisão mais fundamentadas, consistentes e transparentes, conforme a complexidade dos contextos enfrentados por gestores e pesquisadores.

3. Metodologia

3.1 Tipo de pesquisa

Este estudo caracteriza-se como aplicado, pois busca solucionar um problema real enfrentado por uma transportadora nacional cujo nome foi preservado por motivos de confidencialidade. A abordagem adotada é quantitativa, já que utiliza indicadores objetivos dos veículos analisados e modelagem probabilística para o tratamento dos pesos e prioridades pelo método AHP-Gaussiano. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, pois descreve o comportamento das alternativas, quantifica a contribuição relativa de cada critério e demonstra o impacto da substituição tecnológica na operação logística.

3.2 Definição de critérios

Os critérios adotados foram definidos com base em um conjunto de 5 veículos da mesma categoria, cuja transportadora estudada avaliou como ideais para o serviço a ser realizado e através de revisões de literatura sobre mobilidade elétrica e seleção de veículos comerciais. Os critérios incluídos, de natureza objetiva, foram:

1º - Autonomia

A autonomia de um veículo é a distância máxima que ele consegue percorrer antes de precisar reabastecer, neste caso, recarregar a bateria. Nos veículos elétricos este cálculo é realizado da multiplicação da capacidade da bateria (kWh) vezes a eficiência energética (Km/kWh).

2 º - Capacidade de armazenamento

A capacidade de armazenamento de um veículo é o volume ou peso máximo de carga que ele pode transportar de forma segura e dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante e pela legislação. A capacidade de um veículo pode ser medida por metro cúbico ou por quilograma e tonelada. Neste estudo foi utilizado como métrica o quilograma.

3º - Preço para Recarga

O custo de abastecimento de um veículo elétrico é o valor gasto para recarregar a bateria, considerando a quantidade de energia consumida (kWh) e o preço da eletricidade no local de recarga. Este custo é calculado com a energia necessária para recarga e a tarifa de energia elétrica.

4 º - Tempo de Recarga

É o período necessário para que a bateria de um veículo elétrico alcance determinado nível de carga, partindo de um estado inicial. O tempo de recarga pode depender da potência do carregador, capacidade da bateria, tecnologia do veículo e o estado da bateria.

5 º - Consumo

O consumo de um carro elétrico é a quantidade de energia elétrica que o veículo utiliza para percorrer uma determinada distância, geralmente expressa em kWh por quilômetro (kWh/km) ou kWh por 100 quilômetros (kWh/100 km). É calculado pela divisão da energia utilizada pela distância percorrida. Vale ressaltar que o peso do veículo, a forma que motorista conduz, tipo de trajeto, temperatura ambiente e o uso dos sistemas como ar-condicionado ou aquecimento pode influenciar diretamente no consumo.

Portanto, a escolha desses cinco critérios se dá pelo fato de que, através desses 5 pontos, poderemos atingir o melhor resultado. Pois, ao juntar essas características, elas irão assegurar uma avaliação completa, objetiva e diretamente relacionada ao desempenho operacional e econômico do veículo. Cada um deles cobre um aspecto crítico da operação logística e, quando analisados em conjunto, reduzem significativamente o risco de uma escolha inadequada.

3.3 Método AHP-Gaussiano

O "*Analytical Hierarchy Process Gaussian*" foi escolhido por se tratar de método multicritério que é capaz de resolver situações cujo fatores de decisão são cem porcento quantitativos. Ademais, o problema deste estudo necessitava de um método que pudesse atender a extrema necessidade de um ranqueamento dentre as opções disponibilizadas. Por isso, a ferramenta utilizada para resolver esta questão foi o método AHP-Gaussiano, cujo método se demonstrou extremamente compatível com a resolução do problema em questão.

As principais fórmulas utilizadas no AHP-Gaussiano são:

1ª - Utilizada para os critérios monotônicos é necessário a conversão de cada critério por meio da formula (1).

$$a_{ij} = \frac{1}{aij} \tag{1}$$

2ª - Após estabilizar os critérios, o próximo passo é utilizar a formula (2).

$$x_{ij} = \frac{aij}{\sum_{i=1}^{n} aij} \tag{2}$$

3ª - Para calcular a média e desvio-padrão respectivamente das alternativas escolhidas será necessário a utilização das formulas (3) e (4).

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} xij}{n} \tag{3}$$

$$\sigma j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Xij - \overline{Xj^2})}{n}} \tag{4}$$

4ª - Após o cálculo da média e desvio-padrão, iremos realizar o cálculo do fator gaussiano g_j de cada critério através da formula (5).

$$g_j = \frac{\sigma j}{x} \tag{5}$$

5ª - Para calcularmos o peso de cada critério, devemos dividir o fator gaussiano de cada critério pela somatória dos fatores gaussianos, utilizaremos a fórmula (6).

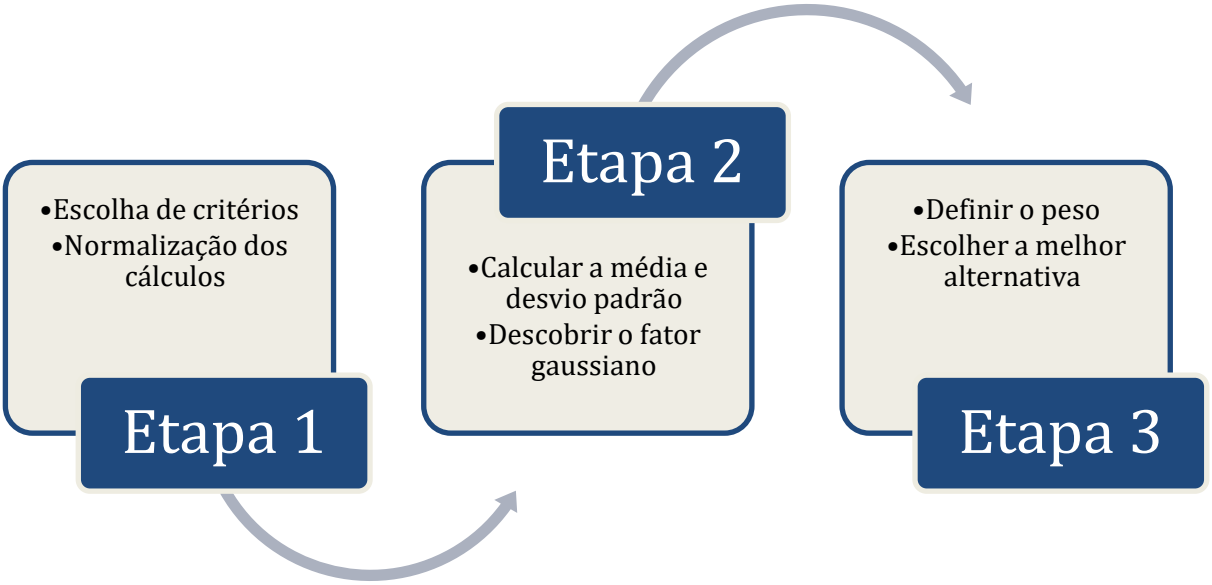
$$W_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^{m} g_j} \tag{6}$$

3.4 Ferramenta computacional

Para realizar os cálculos e formatar o problema de forma prática, foi utilizado uma ferramenta computacional. A mesma foi desenvolvida para funcionar no Microsoft Excel, sendo assim disponível em planilhas, fator que auxiliou na popularização da ferramenta no âmbito educacional, ele funciona mais precisamente em *Visual Basic for Applications* (VBA), outra ferramenta disponível em todas as plataformas da Microsoft.

A ferramenta funciona como um software matemático, a mesma utiliza de um conjunto de funções presentes no Excel que a torna capaz de gerar tabelas, para que o pesquisador possa catalogar os critérios e suas importâncias, obviamente sua função principal está em realizar todos os cálculos necessários para resolver o problema em questão. Além dos cálculos principais, a ferramenta também te entrega o valor da média, desvio padrão e fator gaussiano.

Figura 1. Framework das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

4. Resultados e discussão

A aplicação do método AHP-Gaussiano permitiu identificar, com base nos dados coletados, qual dos cinco veículos elétricos avaliados se mostra mais adequado para substituir a frota a diesel utilizada pela transportadora. A modelagem estatística, associada às médias e aos desvios-padrão, evidenciou diferenças importantes entre as alternativas, especialmente nos critérios que apresentaram maior variabilidade.

As tabelas montadas no Excel ajudaram a visualizar a importância da escolha de critérios precisos e coerentes com a necessidade da empresa, como autonomia, eficiência energética e custo. Esses critérios acabaram representando o peso real da decisão, já que foram capazes de revelar diferenças efetivas no comportamento dos veículos. Para a tomada de decisão final, usamos estes processos:

1º Processo – Criação da Base

Para organizar o problema foi utilizado uma planilha do Excel onde foi criado uma função especifica para a realização do método AHP-Gaussiano, onde foi gerado uma tabela com 5 alternativas e 5 critérios essências.

Figura 2. Tabela inicial da ferramenta computacional

Fonte: BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021.

Figura 3. Tabela após adição dos dados

Tipo	MAX	MAX	MIN	MIN	MAX
	Autonomia (Km)	Capacidade armazenamento (Kg)	Preço para Recarga (Reais)	Tempo de Recarga (Horas)	Consumo a cada kWh/100 Km
Renault Kangoo E-Tech Electric	210	690	0,8	8	21
Citroën ë-Berlingo Van	280	780	0,9	7	18
Peugeot e-Partner	300	780	0,9	8	16
Nissan Townstar EV	301	800	0,8	7	15
Mercedes-Benz eCitan	284	715	0,8	8	19

Fonte: BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021

2º Processo - Realização dos Cálculos Referentes

Após garantir a conformidade dos dados e garantir o alinhamento dos critérios, a função criada e disponibilizada em Excel realizou o cálculo de cada critério se baseando em três quesitos: Média, Desvio Padrão e Fator Gaussiano.

Figura 4. Resultado dos Cálculos

	Autonomia (Km)	Capacidade armazenamento (Kg)	Preço para Recarga (Reais)	Tempo de Recarga (Horas)	Consumo a cada kWh/100 Km
Renault Kangoo E-Tech Electric	0,152727273	0,183266932	0,209302326	0,189189189	0,235955056
Citroën ë-Berlingo Van	0,203636364	0,207171315	0,186046512	0,216216216	0,202247191
Peugeot e-Partner	0,218181818	0,207171315	0,186046512	0,189189189	0,179775281
Nissan Townstar EV	0,218909091	0,2124834	0,209302326	0,216216216	0,168539326
Mercedes-Benz eCitan	0,206545455	0,189907039	0,209302326	0,189189189	0,213483146
Média	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Desvio Padrão	0,027289692	0,012654586	0,012737734	0,014803312	0,026825475
Fator Gaussiano	0,136448458	0,063272931	0,063688669	0,074016562	0,134127375
Fator G. Norma.	0,28935914	0,134179609	0,135061244	0,156963068	0,284436939

Fonte: BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021

3º Processo – Escolha do veículo através da resposta gerada pela ferramenta

Ao final da análise criteriosa, será realizada então a escolha do veículo substituto através do ranqueamento realizado pelo método AHP-Gaussiano.

Figura 6. Resultados Finais

	Autonomia (Km)	Capacidade armazenamento (Kg)	Preço para Recarga (Reais)	Tempo de Recarga (Horas)	Consumo a cada kWh/100 Km	AHP-G	RANK
Renault Kangoo E-Tech Electric	0,152727273	0,183266932	0,209302326	0,189189189	0,235955056	0,19386	5
Citroën ë-Berlingo Van	0,203636364	0,207171315	0,186046512	0,216216216	0,202247191	0,20331	2
Peugeot e-Partner	0,218181818	0,207171315	0,186046512	0,189189189	0,179775281	0,19689	4
Nissan Townstar EV	0,218909091	0,2124834	0,209302326	0,216216216	0,168539326	0,202	3
Mercedes-Benz eCitan	0,206545455	0,189907039	0,209302326	0,189189189	0,213483146	0,20393	1
Média	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Desvio Padrão	0,027289692	0,012654586	0,012737734	0,014803312	0,026825475		
Fator Gaussiano	0,136448458	0,063272931	0,063688669	0,074016562	0,134127375		
Fator G. Norma.	0,28935914	0,134179609	0,135061244	0,156963068	0,284436939		

Fonte: BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021

4.1 Análise de sensibilidade

No resultado consolidado do AHP-Gaussiano, um dos modelos se sobressaiu de forma consistente. Ao analisar o conjunto dos resultados, fica evidente que a transição da frota a diesel para veículos elétricos traz ganhos operacionais e econômicos relevantes. O custo por quilômetro reduzido se mostra particularmente vantajoso em operações de alta rotatividade, além de contribuir para uma redução contínua das despesas da empresa. Mesmo não abordados de forma quantitativa, benefícios como menor impacto ambiental e redução do ruído tornam a solução ainda mais atrativa.

Figura 2. Teste de sensibilidade Matriz de decisão

	Autonomia (Km)	Capacidade armazenamento (Kg)	Preço para Recarga (Reais)	Tempo de Recarga (Horas)	Consumo a cada kWh/100 Km	AHP-G	RANK
Renault Kangoo E-Tech Electric	0,152727273	0,183266932	0,209302326	0,189189189	0,235955056	0,19386	5
Citroën ë-Berlingo Van	0,203636364	0,207171315	0,186046512	0,216216216	0,202247191	0,20331	2
Peugeot e-Partner	0,218181818	0,207171315	0,186046512	0,189189189	0,179775281	0,19689	4
Nissan Townstar EV	0,218909091	0,2124834	0,209302326	0,216216216	0,168539326	0,202	3
Mercedes-Benz eCitan	0,206545455	0,189907039	0,209302326	0,189189189	0,213483146	0,20393	1
Média	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Desvio Padrão	0,027289692	0,012654586	0,012737734	0,014803312	0,026825475		
Fator Gaussiano	0,136448458	0,063272931	0,063688669	0,074016562	0,134127375		
Fator G. Norma.	0,28935914	0,134179609	0,135061244	0,156963068	0,284436939		

Fonte: BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021

Entretanto, para assegurar a confiabilidade do estudo, foi realizada a prova real através da geração de outra planilha onde diferentemente do primeiro processo realizado foram incluídas sete alternativas.

O objetivo desse estudo secundário era assegurar que a escolha da alternativa quatro, o Mercedes- Benz eCitan era de fato a escolha correta para realizar a troca de frota. Logo, foram adicionadas duas alternativas fictícias, onde uma alternativa deve exercer a função de melhor alternativa possível e a outra deve ser a pior alternativa possível de acordo com os critérios.

Figura 7. Teste de sensibilidade

	Autonomia (Km)	Capacidade armazenamento (Kg)	Preço para Recarga (Reais)	Tempo de Recarga (Horas)	Consumo a cada kWh/100 Km	AHP-G	RANK
Renault Kangoo E-Tech Electric	0,111405836	0,132310642	0,14867	0,13725	0,15672	0,13998	5
Citroën ë-Berlingo Van	0,148541114	0,149568552	0,13215	0,15686	0,13433	0,14258	3
Peugeot e-Partner	0,159151194	0,149568552	0,13215	0,13725	0,1194	0,13641	6
Nissan Townstar EV	0,159681698	0,153403643	0,14867	0,15686	0,11194	0,1425	4
Mercedes-Benz eCitan	0,15066313	0,137104506	0,14867	0,13725	0,14179	0,14364	2
Ficticia 1	0,169761273	0,15915628	0,19822	0,18301	0,22388	0,19311	1
Ficticia 2	0,100795756	0,118887824	0,09149	0,0915	0,11194	0,10178	7
Média	0,142857143	0,142857143	0,14286	0,14286	0,14286		
Desvio Padrão	0,026216979	0,014058368	0,03171	0,02809	0,03935		
Fator Gaussiano	0,183518853	0,098408579	0,222	0,19666	0,27548		
Fator G. Norma.	0,188019129	0,100821769	0,22744	0,20148	0,28224		

Fonte: BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021

4.2 Resultado

No conjunto, os resultados mostram que o veículo da Mercedes-Benz é a opção mais adequada. O estudo também demonstrou que a decisão não dependeu de um único atributo isolado, mas sim do conjunto de fatores, os quais se organizam dentro das necessidades reais da operação. O uso do AHP-Gaussiano permitiu enxergar essas diferenças com mais clareza, reduzindo a subjetividade e oferecendo uma base sólida para que as transportadoras, enfim sejam capazes de realizar a transição para a frota elétrica de forma mais segura, eficiente e planejada.

5. Considerações finais

A aplicação do AHP-Gaussiano mostrou com clareza que o Mercedes-Benz eCitan é o veículo elétrico que se encaixa melhor na rotina da transportadora. O objetivo do estudo foi alcançado, já que foi possível comparar as alternativas de forma prática e entender como cada uma delas se comporta quando os critérios são analisados juntos.

O modelo melhor avaliado se destacou pela boa autonomia, custo por quilômetro mais baixo e desempenho consistente. Mesmo não sendo o mais barato na compra, mostrou um equilíbrio geral que tende a gerar retorno ao longo do uso.

Embora o tempo de recarga não tenha influenciado a decisão, a infraestrutura continua sendo um ponto de atenção. É um fator que não muda o ranking, mas muda a operação. Por isso, qualquer avanço rumo à eletrificação precisa vir acompanhado de planejamento sobre instalação de carregadores e ciclos de uso.

O trabalho abre espaço para novos desdobramentos. Futuras pesquisas podem incluir simulações de rotas reais, análises de custo total de propriedade ou mesmo comparar o AHP-Gaussiano com outros métodos multicritério. Isso ajudaria a entender se a escolha permanece estável em contextos diferentes.

REFERÊNCIAS

BLASKIEVICZ, D. Transporte de cargas é gargalo no cenário das grandes cidades | Mobilidade Estadão | Mundo CCR. Disponível em: https://mobilidade.estadao.com.br/meios-de-transporte/transporte-de-cargas-e-gargalo-no-cenario-das-grandes-cidades/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 nov. 2025.

CITROËN. Ë-Berlingo & Berlingo Van: prices & specifications effective from 1 July 2025 – MY26A (B0) enhanced online prices & specs. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: http://www.citroen.co.uk/content/dam/citroen/uk/b2c/tools/brochure/pdf/van-range/berlingo-van-price-specification-guide.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

COSTA, Hélio R.; SILVA, Antonio C. Métodos multicritério de apoio à decisão. São Paulo: Atlas, 2019.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Transport and environment report. Copenhagen: EEA, 2022.

FERREIRA, Ricardo et al. Priorização dos casos de testes de software: uma abordagem utilizando "Clustering" e AHP-Gaussiano. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, 56., 2024. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2024.

GOMES, Luiz F. A. M.; ARAYA, Marcela C. G.; CARIGNANO, Claudia. Tomada de decisão em cenários complexos. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

MATSUI, Angela C. S. et al. Desenrola Brasil: aplicação do método multicritério de tomada de decisão AHP-Gaussiano à luz da Lei 14.690/23. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 12., 2025. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2025.

MERCEDES-BENZ. The Mercedes-Benz eCitan: electric panel van model. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: http://bluesky-cogcms.cdn.imgeng.in/media/zgccln0h/ecitan-price-list-nov-2023.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

MINATEL, D. AHP-Gaussian to enhance model selection. [S.l.]: ENIAC/SBC, 2024.

NISSAN. Townstar Van. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: https://www.nissan.pt/veiculos/novos-veiculos/townstar-van.html. Acesso em: 20 nov. 2025.

PEUGEOT. New Peugeot electric van range: e-Partner / e-Expert and e-Boxer. Allure makes your business better. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: http://www.media.stellantis.com/em-en/peugeot/press/new-peugeot-electric-van-range-e-partner-e-expert-and-e-boxer-allure-makes-your-business-better?. Acesso em: 20 nov. 2025.

RENAULT. Kangoo E-Tech. [S.l.: s.n.], 2025. Disponível em: https://www.renault.com.br/veiculos-eletricos/kangoo-e-tech.html. Acesso em: 20 nov. 2025.

RUSSO, Ana Carolina; RUSSO, Edison. Application of the AHP-Gaussian method to support decision-making based on DATASUS indicators. Gestão & Produção, São Carlos, 2024.

RUSSO, A. C.; RUSSO, E. Application of the AHP-Gaussian method to support the prioritization of workers' health actions in Brazil, based on data from DATASUS. Gestão & Produção, v. 31, 2024.

SAATY, Thomas L. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis G. Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process. 2. ed. New York: Springer, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Ambient Air Pollution: Health Impacts. Geneva: WHO, 2021.