

PROCESSO DE ESCOLHA DO MELHOR MOTOR TURBO DIESEL PRESENTE NOS VEÍCULOS PRODUZIDOS NO MERCADO BRASILEIRO ATÉ O ANO DE 2023: UMA ANÁLISE QUANTITATIVA REALIZADA ATRAVÉS DO MÉTODO AHP-GAUSSIANO

Jordan Matheus Barbosa Araújo
jordan_barbosa517@hotmail.com
UFCG

Mateus José De Siqueira Silva
mateussiqueirasilva3@gmail.com
UFCG

João Cavalcanti Neto
joao.cavalcanti@estudante.ufcg.edu.br
UFCG

Daniel Augusto de Moura Pereira
danielmoura@ufcg.edu.br
UFCG

Marcos dos Santos
marcosdossantos@ime.eb.br
IME

Resumo: Os motores turbo diesel são conhecidos por sua eficiência e torque impressionantes. Eles utilizam um sistema de alimentação de ar comprimido, fornecido por um turbocompressor, para melhorar o desempenho do motor. A injeção direta de combustível também é uma característica comum nesses motores, permitindo uma combustão mais eficiente e maior economia de combustível. Este trabalho tem o principal intuito informar qual o melhor motor turbo diesel presente no mercado de 2023 nos veículos topo de linha das principais fabricantes e montadoras que atuam no Brasil, levando em consideração as alternativas presentes no mercado e os principais critérios quantitativos levados em consideração. O método AHP-Gaussiano foi escolhido para a modelagem. Foram levados em consideração oito alternativas e dez critérios para o estudo. Por fim, dentro das alternativas presentes, após resolução da modelagem, foi informado que o melhor

motor turbo diesel presente no mercado nacional é o EA897 V6 da Volkswagen.

Palavras Chave: Multicritério - AHP-Gaussiano - Turbo Diesel - Tomada de Decisão - Motores

1. INTRODUÇÃO

A introdução dos motores diesel no Brasil desempenhou um papel significativo no desenvolvimento do setor logístico e na economia do país. Tal acontecimento ocorreu na década de 1950, quando o Brasil buscava apoiar sua infraestrutura e expandir suas turbinas. Essa tecnologia trouxe uma série de benefícios, como maior eficiência energética, maior torque e durabilidade em comparação com os motores a gasolina. Além disso, os motores a diesel são amplamente utilizados em setores como o transporte rodoviário de carga, agricultura e construção, devido à sua capacidade de lidar com cargas pesadas e trabalhos intensivos. Assim, gerou um impacto transformador na economia brasileira, impulsionando o crescimento e a modernização de vários setores e esperançosamente para o progresso do país como um todo.

Os motores a diesel são projetados para funcionar exclusivamente com diesel (S10 ou S500), um combustível de origem fóssil. Eles operam pelo princípio da injeção, onde o ar é comprimido dentro do cilindro, elevando a temperatura e permitindo a combustão do combustível diesel injetado diretamente no cilindro. Os motores a diesel são conhecidos por sua eficiência energética e alto torque, sendo amplamente utilizados em veículos de carga e utilitários.

Por outro lado, os motores flex são projetados para funcionar com dois tipos de combustível: gasolina e etanol (álcool combustível). Esses motores são potentes com sistemas de injeção eletrônica e sensores que monitoram a proporção de combustível presente no tanque. Com base nessa proporção, o motor ajusta a mistura ar-combustível para otimizar o desempenho e a eficiência. Os veículos com motor flex oferecem aos motoristas a flexibilidade de escolher entre gasolina e etanol, dependendo do preço e disponibilidade dos combustíveis, além de promoverem uma menor emissão de gases poluentes quando abastecidos com etanol.

Os veículos motores a diesel são conhecidos por emitirem uma maior quantidade de gases poluentes em comparação com os veículos a gasolina ou com motores alternativos. Isso ocorre devido às características do próprio combustível diesel e ao processo de combustão nos motores a diesel. Os principais poluentes emitidos por veículos diesel incluem dióxido de carbono (CO₂), óxidos de partículas (NO_x), partículas sólidas, hidrocarbonetos não queimados e compostos orgânicos voláteis (VOCs). Essas emissões têm efeitos negativos na qualidade do ar, na saúde humana e no meio ambiente. No entanto, ao longo dos anos, regulamentações mais rigorosas têm sido integradas para controlar e reduzir a emissão de gases poluentes por veículos a diesel, incentivando o desenvolvimento e a adoção de tecnologias de controle de emissões, como sistemas de pós-tratamento e filtros de diesel particulado. Essas medidas visam melhorar a eficiência dos motores a diesel e reduzir seus impactos ambientais.

Nos dias atuais o preço médio do diesel está em R\$5,05. Já o preço médio da gasolina e álcool, respectivamente, estão em R\$ 5,35 e R\$ 4,84, dito isto, existe mais um impacto negativo para a aquisição dos veículos diesel, já que normalmente eles já são caros por sua robustez e confiabilidade.

Este estudo tem caráter comparativo e informativo aos possíveis compradores de veículos diesel. Caso algum comprador desses veículos esteja interessado em saber qual o melhor motor, caso este fator, influencie no momento de aquisição de um determinado veículo ou configuração, através deste estudo, o leitor terá uma fundamentação forjada à dados para saber qual motor lhe atenderá melhor diante um grande número de alternativas.

2. REFENCIAL TEÓRICO

2.1 MOTORES

Para Brunetti (2012), as máquinas térmicas são dispositivos que possibilitam a conversão de calor em trabalho. Essa energia pode ser obtida de diversas fontes como combustão, energia elétrica, energia nuclear, entre outras.

Os motores podem ser divididos basicamente em dois grupos distintos, os que operam pela admissão da mistura ar-combustível (ciclo Otto) e posteriormente promovem a combustão pela queima da mistura por meio de uma faísca, e os que apenas aspiram ar e logo após a compressão o combustível é pulverizado, o que logo promove a combustão devido ao alto calor e pressão gerados pela compressão do ar de admissão (ciclo diesel) (MAHLE, 2017).

Segundo Mahle (2017), os motores de combustão interna ciclo Otto e ciclo diesel ainda podem ser classificados de acordo com algumas de suas características, quais sejam: a) quanto à ignição: faísca ou compressão; b) quanto ao movimento do pistão: alternativo (Otto, Diesel) ou rotativo (wankel, quasi-turbina); c) em relação ao duty cycle: 2 vezes e 4 vezes; d) quanto ao número de cilindros: mono ou multicilíndrico; e) quanto à disposição dos cilindros: em linha ao contrário (boxer) ou em V a uma estrela (radial); f) quanto ao uso:

1. Estacionário: destinado ao uso em máquinas estacionárias que operam no mesmo modo de rotação de geradores e soldadores;
2. Industriais: são utilizados em máquinas que requerem requisitos operacionais especiais, como tratores, carregadeiras, guindastes, compressores de ar, máquinas de mineração, veículos fora de estrada;
3. Veículos: utilizados na condução de veículos em geral, como caminhões e ônibus;
4. Marítimos: são projetados para conduzir barcos e máquinas de uso marítimo.

2.2 MOTORES DIESEL

Os motores a diesel são caracterizados pela admissão apenas de ar, que, após ser comprimido dentro da câmara de combustão, recebe o combustível sob uma pressão superior à pressão do ar. A combustão ocorre pela chamada autoignição, que ocorre quando o combustível entra em contato com o ar aquecido por alta pressão na câmara de combustão. O combustível que é injetado ao final da compressão do ar é o diesel, mas o motor também pode funcionar com outros combustíveis, inclusive óleo vegetal in natura (TILLMANN, 2013).

Na análise básica, os motores a diesel operam de maneira muito semelhante a um motor de ciclo Otto. Na primeira fase, chamada de admissão, o ar é aspirado, passa pela válvula de admissão, que está aberta, simultaneamente entra no cilindro, a válvula de descarga é fechada. No segundo caso, após o fechamento das válvulas de admissão e escape, o ar é comprimido dentro do cilindro a uma pressão de cerca de 40-45 kgf/cm², a temperatura chegando a cerca de 800°C a uma taxa de compressão de 18:1. Perto do ponto morto superior (TDC), o óleo combustível é injetado no cilindro. Esse óleo, misturado ao ar em altas temperaturas, se auto inflama e a expansão dos gases resultantes obriga o pistão a realizar o terceiro golpe do ciclo, a expansão. Pouco antes de o pistão atingir o ponto morto inferior (PMI), a válvula de descarga se abre e os gases começam a escapar de dentro do cilindro. Após atingir o PMS e fechar a válvula de descarga, inicia-se uma nova aspiração e assim um novo ciclo (VARELLA; SANTOS, 2010). A Figura 1 abaixo retrata os ciclos descritos.

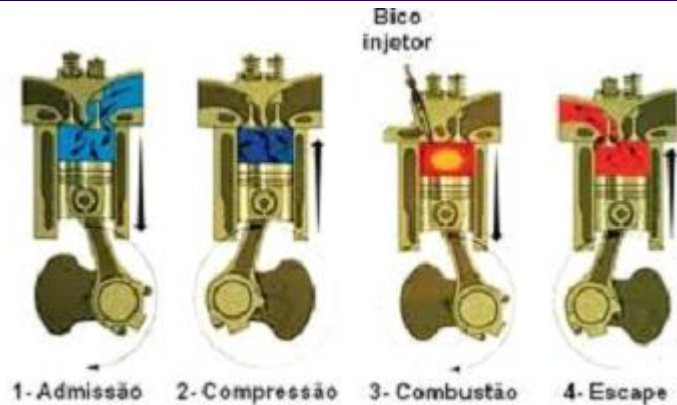


Figura 1: Ciclo de combustão do Motor Diesel
Fonte: Mahle (2017)

2.3 ELEMENTOS MECÂNICOS

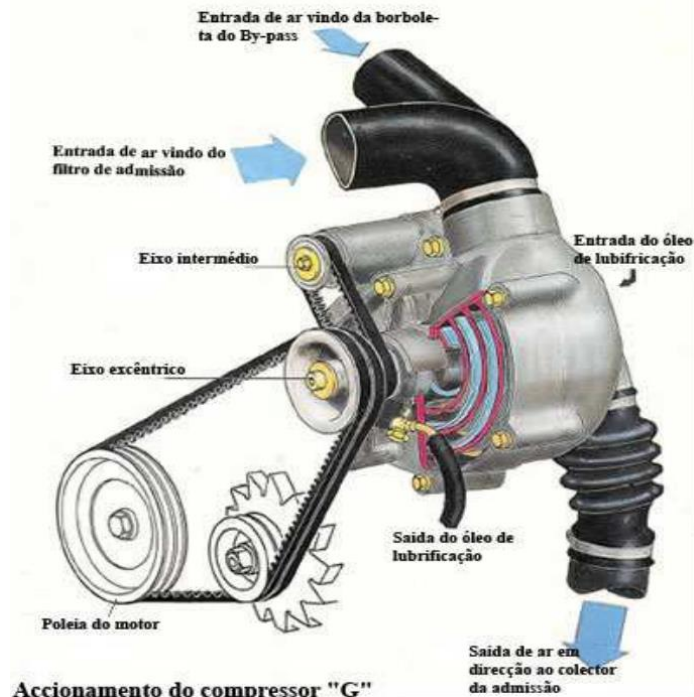
Vários elementos mecânicos são necessários para o correto funcionamento de um motor diesel, que pode ser dividido em dois grupos principais, elementos estacionários e elementos móveis. Os componentes estacionários, como o nome sugere, são componentes fixos sem movimento relativo, entre eles: bloco, cabeçote, cárter, coletor de admissão e coletor de escape. Partes móveis são aquelas que apresentam movimento relativo no motor, ou seja, biela, pistão/anel, virabrequim, árvore de cames, válvulas, kit de acionamento de válvulas, polia e antivibrador, bomba de óleo e bomba de água (MAHLE, 2017).

2.4 SOBREALIMENTAÇÃO

O conceito básico da sobrealimentação é adicionar uma quantidade de ar (motores a diesel) ou mistura (motores explosivos) ao sistema de admissão do motor maior que a admissão normal do motor. altitude, devido à diminuição da densidade do ar, além de ser utilizado para aumentar a potência do motor por unidade de volume útil (volume do cilindro) e por ciclo (rotação) (PINTO e VALENTE, 2017).

A turboalimentação é realizada por meio de compressores de volume acionados diretamente pelo motor ou também utilizando para esse fim a energia dos gases de escape, de forma que ela se concentre na turbina, que por sua vez aciona o compressor centrífugo (PINTO e VALENTE, 2017).

Na sobrealimentação mecânica, um sistema com um compressor acionado mecanicamente é usado e isso é chamado de compressor de deslocamento positivo. Este compressor é uma bomba de ar e pode produzir até 50% mais potência do que motores naturalmente aspirados do mesmo tamanho. Os compressores mais antigos produziam um ruído considerável, mas os atuais são muito mais silenciosos. A Figura 2 retrata um compressor mecânico superalimentado (PINTO e VALENTE, 2017).



Accionamento do compressor "G"

Figura 2: Compressor de sobrealimentação mecânico

Fonte: Pinto e Valente (2017)

Os compressores de deslocamento positivo são acionados pelo movimento natural do motor, geralmente por uma correia, corrente ou engrenagem. Estes giram em alta velocidade que pode atingir a faixa de 15.000 rotações por minuto (PINTO e VALENTE, 2017).

Os supercompressores têm algumas vantagens sobre os turbocompressores devido à maneira como são acionados, uma das quais é que eles geram mais potência para o motor em baixas rotações. Outra vantagem de um compressor cilíndrico é que ele tem uma resposta mais rápida, não sofre o efeito "lag" de um turbo. A principal desvantagem do compressor é que ele priva o motor de potência com seu acionamento mecânico, e essa perda aumenta com o aumento da rotação do motor (PINTO e VALENTE, 2017).

Na turboalimentação, o turboalimentador é um compressor de ar que serve para forçar a alimentação do motor a combustão. A Figura 3 abaixo apresenta um modelo ilustrativo de turboalimentação (PINTO e VALENTE, 2017).

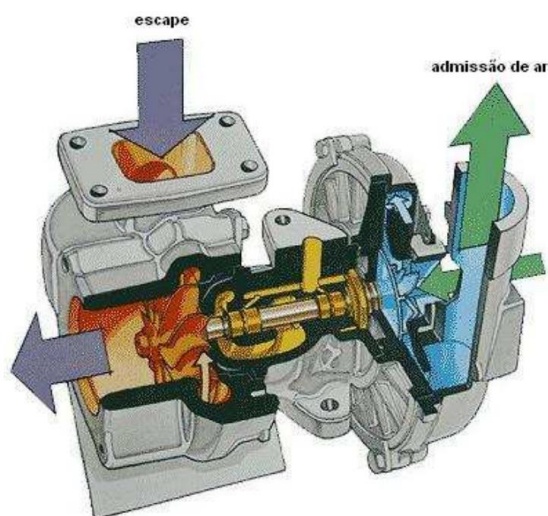


Figura 3: Representação de um turbo alimentador

Fonte: Pinto e Valente (2017)

O princípio de funcionamento do turbocompressor é reduzir a densidade do ar na admissão do motor para gerar mais potência usando o máximo de ar possível no processo. O turbocompressor possui um compressor acionado por uma turbina, instalada no escapamento do motor, gerando assim a força necessária para sua movimentação ao invés de acionamento mecânico (PINTO e VALENTE, 2017).

Meio de um eixo a um compressor radial. A turbina é acionada pelos gases de escape do motor, que por sua vez fornece a energia necessária ao compressor para aumentar a compressão da admissão do motor. Para controlar essa compressão, é utilizada uma válvula chamada Waste gate, que após a calibração tem a função de regular a pressão de turbo, evitando danos ao turbo e ao motor (MAHLE, 2017).

O ar que entra no motor permite uma melhor combustão e desempenho, principalmente em baixas rotações, reduzindo assim a emissão de poluentes nessa faixa (MAHLE, 2017).

2.5 AHP-GAUSSIANO

O método AHP-Gaussian (Gaussian Hierarchical Process) é um método multicritério com um novo método, uma modificação do primeiro método AHP apresentado por Santos, Costa e Gomes (2021), baseado em uma análise de sensibilidade com base na característica gaussiana. Dessa forma, ele pode descobrir o peso do critério nos dados quantitativos das alternativas para as condições apropriadas a partir dos dados apresentados na matriz de decisão (SANTOS; COSTA; GOMES, 2021).

Este método visa remover as dependências da tabela de verificação entre os critérios, o que elimina a necessidade de um par de verificações independentes entre os critérios para encontrar os pesos correspondentes, onde a estatística conduz e segue a sequência de outros métodos, pois a determinação reside no uso de os conceitos de média e desvio padrão (SANTOS; COSTA; GOMES, 2021). A estrutura matemática é dada pelo mesmo princípio lógico do Método AHP clássico proposto por Saaty (1980). Sua classificação também é organizada por não utilizar o conceito da escala de Saaty. Em Moreira (2021), o AHP-Gaussiano está relacionado e incorpora a essência do método de compensação de forma que os fatores contidos na matriz de decisão sejam independentes de outros fatores e os atributos qualitativos sejam transformados e convertidos em propriedades quantitativas.

Para seguir a aplicação do método AHP-Gaussiano, deve-se apresentar estas etapas:

1. Estabelecer uma matriz de decisão com “x” alternativas e “y” critérios para que eles sejam analisados. Do mesmo modo, definir se os critérios se apresentam como: Monotônico de benefício (quanto mais, melhor) ou Monotônico de custo (quanto mais, pior);
2. Calcular a média simples de cada alternativa levando em consideração cada critério;
3. Medir o desvio padrão de todos os critérios, de acordo com as alternativas apresentadas;
4. Aferir o fator gaussiano para cada um dos critérios elencados, a fim de normalizar a matriz;
5. Realizar a ponderação da matriz de decisão, realizando a multiplicação do fator gaussiano normalizado por cada critério apresentado;
6. Normalização de resultados;
7. Extração do ranking de alternativas.

É importante observar que nos itens 2, 3 e 4 das etapas listadas acima, devemos considerar os seguintes cálculos:

Equação 1: Média aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Equação 2: Desvio padrão

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}\right)}$$

Equação 3: Fator gaussiano

$$f_{\text{gaussiano}} = \frac{\sigma}{x}$$

3.METODOLOGIA

Este artigo é tratado como uma análise de abordagem quantitativa. A Figura 4 abaixo apresenta o fluxo Metodológico do estudo.



Figura 4: Fluxo metodológico
Fonte: Autores (2023)

Na primeira etapa da metodologia, foi necessário saber qual o melhor motor turbo diesel do mercado atual (2023).

Na segunda etapa, foi necessário elencar os critérios para a pesquisa, que foram: Potência, Momento da potência máxima (RPM), Torque, Momento do torque máximo (RPM), Litragem, Cilindros, Emissão de CO₂ (g/km), Consumo urbano, Consumo rodoviário e Consumo energético (MJ/km).

Na terceira etapa, deu-se pela necessidade do entendimento, do melhor turbo diesel do mercado Brasileiro. Onde os motores são: 1GD-FVT, que é usado na Toyota Hilux e na Toyota Hilux SW4, DURAMAX, que é usado na Chevrolet S10, DURATORQ, que é usado na Ford Ranger, 4N14, usado na Mitsubishi L200 Triton e na Mitsubishi Pajero Sport, YS23DDTT, usado na Nissan Frontier, MULTIJET, usado na Fiat Toro e no Jeep Compass, EA897 V6, usado na Volkswagen Amarok e o MULTIJET II, usado no Jeep Commander.

Na quarta etapa, foi aplicado o método AHP-Gaussiano para resolução da modelagem, através da planilha desenvolvida por Baldini e outros (2021), onde a mesma já faz o ordenamento e o ranqueamento das alternativas.

3.1. ALTERNATIVAS PARA MODELAGEM

3.1.1. MOTOR 1GD-FVT



Figura 5: Motor 1GD-FVT
Fonte: Google Imagens (2023)

3.1.2. MOTOR DURAMAX



Figura 6: Motor DURAMAX
Fonte: Google Imagens (2023)

3.1.3. MOTOR LION V6



Figura 7: Motor LION V6
Fonte: Google Imagens (2023)

3.1.4. MOTOR 4N14



Figura 8: Motor 4N14
Fonte: Google Imagens (2023)

3.1.5. MOTOR YS23DDTT



Figura 9: Motor Y23DDTT
Fonte: Google Imagens (2023)

3.1.6. MOTOR MULTJET



Figura 10: Motor MULTJET
Fonte: Google Imagens (2023)

3.1.7. MOTOR EA897 V6



Figura 11: Motor EA897 V6
Fonte: Google Imagens (2023)

3.1.8. MOTOR MULTIJET II



Figura 12: Motor MULTIJET II
Fonte: Google Imagens (2023)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP-GAUSSIANO

Para a modelagem do método AHP-Gaussiano, foram consideradas oito alternativas, vale relembrar que todas as oito alternativas estão presentes e sendo fabricadas no mercado automotivo atual. Foram elencados dez critérios, de acordo com as necessidades gerais de um veículo diesel, para a modelagem, que foram: Potência, Momento da potência máxima (RPM), Torque, Momento do torque máximo (RPM), Litragem, Cilindros, Emissão de CO² (g/km), Consumo urbano, Consumo rodoviário e Consumo energético (MJ/km).

Tipo	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MIN
	Potência (cv)	Momento da potência máxima (rpm)	Torque (kgfm)	Momento do torque máximo (rpm)	Litragem de motor (L)	Cilindros	Emissão de CO ₂ (g/km)	Média de consumo urbano (km/L)	Média de consumo rodoviário (km/L)	Consumo energético (MJ/km)
1GD-FVT	224	3000	55	2800	2,8	4	193	9,8	11,1	2,61
DURAMAX	200	3600	51	3600	2,8	4	224	8,3	10	3,01
LION V6	250	3250	61	1750	3	6	207	7,5	11,8	2,93
4N14	190	3500	43,9	2500	2,4	4	206	9,3	10,3	2,78
YS23DDTT	190	3750	45,9	1500	2,3	4	203	9,1	11	2,74
MULTIJET	170	3750	35,7	1750	2	4	181	10,1	12,4	2,44
EA897 V6	258	3250	57,1	1400	3	6	216	9	9,7	2,92
MULTIJET II	170	3750	38,7	1750	2	4	175	10,2	13,2	2,37

Figura 13: Inputs das alternativas de acordo com os critérios.

Fonte: Autores (2023)

Os critérios Momento de potência máxima (RPM), Momento de torque máximo (RPM), Emissão de CO₂ (g/km) e Consumo energético, são classificados como critérios monotônicos de custo, ou seja, quanto menor o valor, melhor será a classificação do critério da alternativa. Portanto, tais critérios devem ser minimizados. Outrossim, os critérios Potência, Torque, Litragem, Cilindros, Consumo urbano e Consumo rodoviário são tidos como critérios monotônicos de benefício, logo, quanto maior o valor dado, melhor será a classificação do critério da alternativa. Portanto, estes critérios devem ser maximizados.

A Figura 14 mostra a matriz de decisão normalizada do Método AHP-Gaussiano. A partir dela é possível ver os critérios com suas normatizações, variabilidade de cada critério e Fator Gaussiano da amostra geral.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	0,135593	0,14416222	0,1416	0,0864719	0,137931	0,111111	0,129128	0,133697	0,1240223	0,1296332
A2	0,121065	0,12013519	0,1313	0,067256	0,137931	0,111111	0,111257	0,113233	0,1117318	0,1124062
A3	0,151332	0,13307282	0,1571	0,1383551	0,147783	0,166667	0,120394	0,102319	0,1318436	0,1154753
A4	0,115012	0,12356762	0,1131	0,0968486	0,118227	0,111111	0,120979	0,126876	0,1150838	0,121706
A5	0,115012	0,11532978	0,1182	0,1614143	0,1133	0,111111	0,122767	0,124147	0,122905	0,1234827
A6	0,102906	0,11532978	0,0919	0,1383551	0,098522	0,111111	0,137688	0,13779	0,1385475	0,138665
A7	0,156174	0,13307282	0,1471	0,1729439	0,147783	0,166667	0,115378	0,122783	0,1083799	0,1158708
A8	0,102906	0,11532978	0,0997	0,1383551	0,098522	0,111111	0,142409	0,139154	0,147486	0,1427606
Média	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Desvio Padrão	0,020594	0,01071574	0,0232	0,0373611	0,020555	0,025717	0,010723	0,012545	0,0135854	0,0111449
Fator Gaussiano	0,164751	0,08572591	0,1853	0,2988891	0,164438	0,205738	0,085787	0,100358	0,1086831	0,089159
Fator G. Norma.	0,110655	0,05757782	0,1245	0,2007489	0,110445	0,138184	0,057619	0,067405	0,072997	0,0598837

Figura 14: Matriz de decisão normalizada

Fonte: Autores (2023)

Por fim, a Figura 15 indica o ranking das alternativas após o processamento de dados e *output* do Método AHP-Gaussiano. Segundo o AHP-Gaussiano, a ordem de melhor para o pior motor turbo diesel seria de: EA897 V6, LION V6, YS23DDTT, 1GD-FVT, MULTIJET II, MULTIJET, 4N14 e DURAMAX.

AHP-G	RANK
0,122152	4
0,109683	8
0,141464	2
0,112981	7
0,126161	3
0,119121	6
0,147094	1
0,121344	5

Figura 15: Resultado do AHP-Gaussiano aplicado
Fonte: Autores (2023)

Da Figura 15 pode-se observar que a melhor alternativa de motor turbo diesel, foi dada ao EA897 V6, desenvolvido pela Volkswagen. De todo o modo, o método informou que a pior alternativa de motor turbo diesel seria o DURAMAX, desenvolvido pela General Motors.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo informar qual o melhor motor turbo diesel presente no mercado atual do Brasil das versões topo de linha de veículos de passeio através do auxílio do Método Multicritério AHP-Gaussiano. Tendo em vista a realização do estudo, foram elencados oito alternativas e dez critérios para início da modelagem. Após análise, processamento e *output* dos dados, juntamente com o ranking das alternativas, foi informado que o melhor motor turbo diesel (quantitativamente) é o EA897 V6 presente na Volkswagen Amarok, em contrapartida, o pior motor é o DURAMAX presente nas versões da Chevrolet S10, em especial, na versão Z71.

6. REFERÊNCIAS

- BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco.** AHP-GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021.
- BRUNETTI, Franco.** Motores de combustão interna: V. 1. 1. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2012. 553 p.
- MAHLE.** Manual Técnico: Curso Mahle Metal Leve Motores de Combustão Interna. Disponível em: <http://www.mahle-aftermarket.com/media/local-media-latin-america/download-center/technical-materials/2016-04-19-manual-curso-de-motores-2016-2.pdf>.
- PINTO, Adriano Bessa; VALENTE, Steven da Conceição Valente.** Sobrealimentação automóvel. Disponível em: http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/act_lect/SIAUT/Trabalhos%202011-12/SIAUT_2011-12_Sobrealimentacao.pdf.
- TILLMANN, Carlos Antônio da Costa.** Motores de Combustão Interna e seus Sistemas. Pelotas: E-tec Brasil!2013. 166 p. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf.
- VARELLA, Carlos Alberto Alves; SANTOS, Gilmar de Souza.** Noções Básicas de Motores Diesel. Seropédica, Rio de Janeiro, 2010. 44 p. Disponível em: http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Literatura/No%20E7%F5es%20B%20E1sicas%20de%20Motores%20Diesel.pdf.