

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS E CARACTERIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DO MODELO TEÓRICO PARA SUBSIDIAR O AHP GREEN MOVING CAR (GMC)

 <https://doi.org/10.56238/arev6n4-036>

Data de submissão: 03/11/2024

Data de publicação: 03/12/2024

Natália Fernandes da Motta

Mestranda em Ambiente Construído Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Flávio Francisco dos Reis

Mestrando em Ambiente Construído Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Arthur Alves Costa Lignani de Miranda

Mestrando em Ambiente Construído Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Ercília de Stefano

Doutora em Engenharia de Transportes Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

André Augusto Ferreira

Doutor em Engenharia Elétrica Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

RESUMO

O planejamento urbano exige resultados em termos de mobilidade sustentável. Para ser sustentável, este planejamento demanda ampla participação dos diversos atores e organizações, contudo a população leiga nem sempre aparenta ter conhecimento técnico para subsidiar as escolhas de veículos automotores (a exemplo: veículos movidos por combustível fóssil versus veículos elétricos), tornando-as mais conscientes quanto aos seus impactos da ação local no desenvolvimento sustentável em escala global. Portanto, o objetivo geral deste estudo preliminar foi: Definir critérios com atributos para um modelo AHP que foi nomeado de Green Moving Car (GMC) e caracterizar alternativas a serem testadas (veículos movidos por combustível fóssil versus veículos elétricos). Essa pesquisa preliminar, de caráter exploratório, descritivo e de natureza qualitativa e quantitativa, foi executada através de dois passos: (1) Revisão de Escopo e (2) Pesquisa documental. Os resultados permitiram a decomposição do problema em quatro dimensões chave com base na literatura científica: (1) Energia propulsora; (2) Infraestrutura e serviços; (3) Sustentabilidade Ambiental; (4) Sustentabilidade Econômica, e caracterizar as alternativas detalhadamente: (a) Carro Elétrico; (b) Carro movido a energia fóssil. Os resultados da presente etapa (definição de critérios e caracterização das alternativas) contribuem como a formulação futura e teste do modelo AHP Green Moving Car (GMC), que é uma ferramenta promissora para educar a população leiga sobre escolhas conscientes relativas a veículos automotores na atualidade.

Palavras-chave: Planejamento urbano, Mobilidade sustentável, Eletrificação, Descarbonização, Modelo AHP, Educação.

1 INTRODUÇÃO

O esgotamento dos recursos naturais e o aumento da degradação ambiental, incluindo a desertificação de biomas, secas descontroladas, degradação do solo, escassez de água doce e perda da biodiversidade, tornam imperativa uma análise rigorosa dessas questões climáticas, que estão entre os grandes desafios enfrentados pela humanidade. A mudança climática, segundo a Agenda 2030 (2015, s.p.), "[...] é um dos maiores desafios do nosso tempo e seus efeitos negativos minam a capacidade de todos os países de alcançar o desenvolvimento sustentável." Portanto, torna-se essencial se (re) educar para os desafios da sustentabilidade no século XXI.

Nesse cenário, a mobilidade sustentável e os veículos elétricos desempenham um papel essencial requerendo planejamento urbano que envolva decisões participativas. Neste ponto, a educação da população leiga quanto a escolhas conscientes relativas a energias pode ser relevante para se alcançar a mobilidade sustentável em termos urbanos. Conforme destacam Santos, Araújo, Santos e Silva (2021), a tecnologia de mobilidade elétrica está ressurgindo e se consolidando em várias nações devido à sua capacidade de utilizar energia nomeada de limpa e, portanto, mais sustentável. Seu propósito é substituir os veículos que emitem gases poluentes, uma questão de grande preocupação devido ao agravamento do efeito estufa, aquecimento global e aos impactos negativos na saúde pública. No Brasil, segundo o IEA (2021), os combustíveis fósseis são responsáveis por mais de 60% das emissões de dióxido de carbono (CO₂).

Em termos documentais, no contexto brasileiro, foi aprovado, em fevereiro de 2020, pela Comissão de Constituição e Justiça (CCJ), um projeto de lei que prevê a substituição dos veículos movidos a combustíveis fósseis a partir de 2030. A partir dessa data, somente será permitida a comercialização de veículos que utilizem biocombustíveis ou energia elétrica. Além disso, o projeto estabelece que, a partir de 2040, poderá ser proibido o uso de qualquer veículo automotor movido a combustão interna, conforme disposto no Projeto de Lei do Senado nº 304/2017.

Surge então a necessidade de investigar como fundamentar a escolha dos veículos elétricos de maneira consciente por parte da população leiga, com o objetivo de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Para abordar essa questão, será utilizado um dos métodos mais renomados de apoio à decisão, conhecido como Analytic Hierarchy Process (AHP), ou seja, um método de análise hierárquica que foca em escolhas entre comparações par a par (Saaty, 1991), calibrado por um grupo de especialistas. Assim, este método permitiu uma análise estruturada e criteriosa de alternativas disponíveis: (a) carro elétrico ou (b) movido a combustível fóssil, visando promover uma escolha informada e eficaz em relação à mobilidade sustentável.

Para tanto, as questões que alicerçam o problema foram: Quais os critérios para a melhor escolha de veículos automotores visando a mobilidade sustentável em áreas urbanas? Quais as características das alternativas? Portanto, o objetivo geral do estudo na fase preliminar foi: Criação de um modelo teórico com a definição de critérios com atributos para um modelo AHP que foi nomeado de Green Moving Car (GMC) e caracterização de alternativas a serem testadas (veículos movidos por combustível fóssil versus veículos elétricos). Já os objetivos específicos foram: (a) caracterizar a interface entre planejamento urbano e mobilidade sustentável (b) qualificar aspectos relativos aos veículos elétricos e a combustão, destacando prós e contras dos veículos elétricos na atualidade. A pesquisa de caráter exploratório, descritivo e de natureza qualitativa e quantitativa, para tanto, foi executada através de dois passos: (1) Revisão de Escopo; (2) Pesquisa documental; sendo futuros passos a serem desdobrados do presente estudo: (3) Modelagem AHP; (4) Testagem do Modelo Green Moving Car (GMC). O trabalho está organizado em quatro seções além desta seção introdutória.

2 PLANEJAMENTO URBANO E MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

2.1 PLANEJAMENTO URBANO E MOBILIDADE SUSTENTÁVEL REQUER EDUCAÇÃO

Embora o desenvolvimento sustentável seja um tema que tem origem no Relatório de Brundtland em 1987 conforme a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991) Atualmente, o desenvolvimento sustentável, em nível global, é regido pela Agenda 2030 criada pelas Nações Unidas (UN) em 2015, notadamente pelos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo que o ODS 11 se relaciona com cidades e comunidades sustentáveis, e o ODS 12 com produção e consumo responsáveis (Brasil, ONU, 2015). Logo, o planejamento urbano deve estar imbricado com essas orientações. Inclusive Sianes (2021) aborda o papel transdisciplinar que a sustentabilidade assume na contemporaneidade. Assim, o ODS 4 trata especificamente da educação de qualidade, e neste ponto é preciso assumir que com a mudança paradigmática para uma economia verde, requer a educação formal e não formal centrada no debate da sustentabilidade, e isto inclui temas da vida cotidiana tais como a mudanças comportamentais frente às alternativas de mobilidade urbana.

De maneira mais ampla, e dialogada com a mobilidade urbana, a importância da educação para a sustentabilidade no século XXI leva a refletir sobre questões tais como: a forma da cidade uma vez que estas não se conformam da mesma maneira, sendo organismos vivos. Este tema fez parte de pesquisas emblemáticas como as de Lynch (1999) e isto demanda não somente uma visão para a arquitetura, mas o planejamento de estratégias voltadas ao urbanismo para prover tomadores de decisão.

Além de compreender sobre o urbano e a conformação do design de cidades, a tomada de decisão em planejamento urbano e mobilidade sustentável, de maneira democrática, por perpassar por escolhas que devem ser conscientes e levar a mudanças de comportamento do máximo de atores e organizações, torna-se essencial que o público leigo compreenda que todas as ações no presente impactam o futuro tanto individual, quanto coletivo. Nessa direção, em termos técnicos de planejamento, é preciso compreender que o planejamento é uma ação no presente que visa resultados no futuro, sendo assim apresenta níveis e abrangência, a saber: (a) Estratégia, de longo prazo; (b) Tático gerência, de médio prazo; (c) Operacional, de curto prazo (Chiavenato, 2000).

Por sua vez, sendo o urbano locus de acontecimento de parte significativa da vida humana, está repleto de transversalidades quanto a questões infraestruturais, políticas, sociais, econômicas, ambientais, culturais, entre outras dimensões que se amalgamam. Nesse sentido, planejar o urbano tem sido uma tarefa complexa que requer uma visão tanto generalista, quanto específica, a depender dos problemas a serem enfrentados. Em termos conceituais, a mobilidade se difere da acessibilidade, uma vez que acessibilidade é a ligação física e financeira entre determinados pontos de uma rede de transportes. Já a mobilidade implica o “como” os deslocamentos serão feitos. Esta argumentação se liga diretamente às noções sobre ciclo de transportes e a gerenciamento de mobilidade. O ciclo de transportes é composto por fases cíclicas evidenciando a relação de causa e efeito entre: “(a) mudança no uso e ocupação do solo; (b) gera movimentos; (c) demanda por transportes; (d) oferta de transportes; (e) aumento de acessibilidade; (f) alteração no valor da terra” (Campos, s.d.). Ainda, Balassiano (2012) explica que o gerenciamento da mobilidade é entendido como:

(...) Estratégias adotadas com base no conceito de Gerenciamento da Mobilidade vêm sendo utilizadas desde a década de 1970 nos Estados Unidos e em países que integram a União Europeia. Em linhas gerais, esse conceito assume que a racionalização do uso do carro privado associado com a melhoria da qualidade e da oferta de opções de transporte coletivo e o incentivo ao transporte não motorizado, são alternativas viáveis para que a mobilidade possa ser sustentável em centros urbanos de grande porte (Balassiano, 2012, p.6).

Nesse sentido, observa-se que o maior provimento de acessibilidade está diretamente ligado no planejamento urbano pois implica a mudanças em padrões de acessibilidade que podem gerar mudanças no uso do solo. Conforme Balassiano (2012) o gerenciamento da mobilidade com o incentivo do transporte público coletivo está no topo das estratégias de mitigação dos problemas de mobilidade sustentável. Contudo, nota-se que num primeiro momento a mudança de comportamento sobre a escolha do veículo automotor particular para o transporte público em países em desenvolvimento como o Brasil parece ser menos provável, uma vez que isto implicaria provimento de maior infraestrutura e serviços adequados em curto prazo. Assim, o enfoque deste trabalho centra-

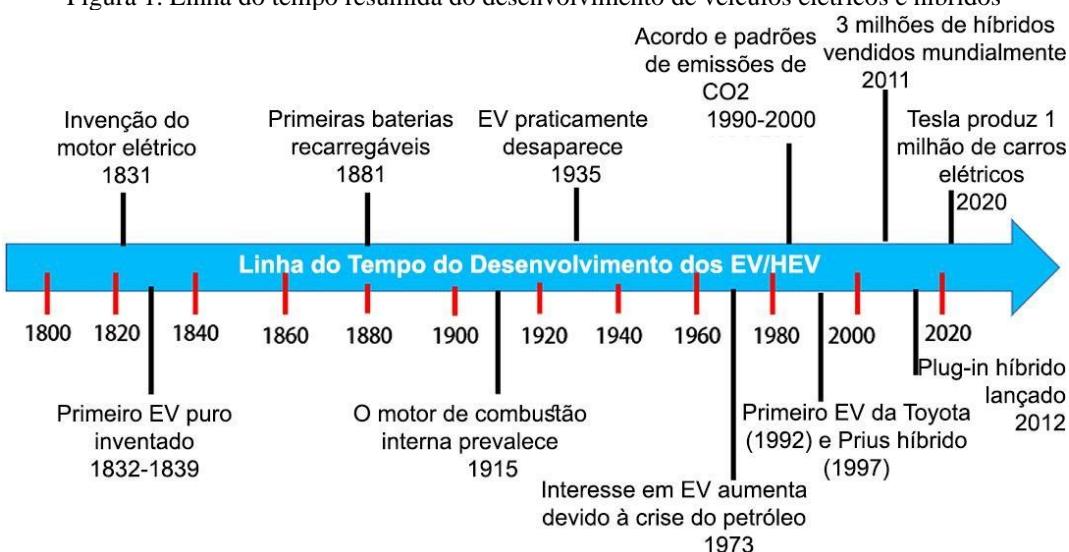
se num primeiro tipo de escolha consciente envolvendo duas alternativas relativas ao uso de veículos automotores: (a) movido a combustível fóssil (b) carro elétrico, pois isto parece ser mais exequível a curto prazo.

2.2 VEÍCULOS ELÉTRICO VERSUS COMBUSTÃO

A matriz de transportes quanto a veículos automotores particulares ainda é focada em combustíveis fósseis na maior parte dos países, incluindo os países subdesenvolvidos e aqueles em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Observa-se que os veículos elétricos têm se difundido de maneira intensa mundialmente nos contextos mais atuais, especialmente nos últimos anos, inclusive no Brasil. Porém, em termos históricos, ressalta-se que a busca pela associação entre a eletricidade e os meios de transporte não é recente, e os objetivos da integração entre tais tecnologias remontam desde o século XIX, perpassando por diversas transformações ao longo do tempo até a atualidade, tanto no que tange as baterias empregadas quanto aos tipos de veículos, que, conforme pontuado por Swarnkar et al. (2023), incluiu desde carruagens elétricas, locomotivas, triciclos, veículos para uso lunar, até os veículos elétricos mais conhecidos hoje em dia, que para além dos carros elétricos, incluem modelos de transportes públicos e coletivos, dentre outros.

Dando continuidade aos entendimentos e na compreensão de um breve histórico que abrange resumidamente a evolução do desenvolvimento e das tecnologias correlatas aos veículos elétricos, Chen et al. (2020) apresenta uma linha do tempo, aqui traduzida na Figura 1, que aborda tais veículos (Electric Vehicles - EV) e os veículos híbridos (Hybrid Vehicles - HEV) que correspondem aos que combinam motores elétricos e à combustão, e, ademais, ressaltando o crescente número desses meios de transporte, considerando-se tanto o número de modelos disponíveis quanto o número de vendas, corroborando a ideia da relevância da temática na atualidade. Discorrendo-se acerca de tal análise histórica, ressalta-se que as variações nas vendas e no interesse em tais veículos ao longo do tempo, ou seja, a existência de momentos de crescimentos e de quedas, consistem em outro aspecto relevante, que tende a acarretar dúvidas quanto às probabilidades e limitações da perpetuação do comércio de veículos correlatos nos contextos futuros.

Figura 1. Linha do tempo resumida do desenvolvimento de veículos elétricos e híbridos



Fonte: Chen *et al.* (2020, p. 2, tradução nossa).

Nos primórdios da produção dos motores elétricos e seguidamente dos primeiros veículos elétricos e a sua promissora popularização no século XIX, levando-se em consideração as características do uso facilitado e do motor silencioso em comparação com os veículos a combustão (Reddy et al., 2024), sendo utilizados inclusive como táxis em grandes metrópoles globais. Porém, mesmo com as aparentes vantagens iniciais, os meios de transporte com motores elétricos acabaram sendo ultrapassados pelos constituídos de motores a combustão, nos anos seguintes.

O fortalecimento dos veículos a combustão em detrimento dos elétricos se deu, naquele contexto, não só devido à produção em massa de veículos a gasolina, como também devido às características desses modelos que incluem facilidades quanto ao abastecimento nos postos de gasolina, que ocorre de maneira extremamente rápida e, ademais, ao custo e características dos combustíveis fósseis à época (Reddy et al., 2024).

Atrela-se, portanto, grande parte do sucesso do motor à combustão à disponibilidade e acessibilidade ao petróleo nos diferentes momentos da história, sendo este recurso um condicionante relevante para os consumidores na escolha dos veículos. A afirmação supracitada comprova-se com o retorno pelo interesse nos veículos elétricos em momentos de crises petrolíferas e englobando também a crescente preocupação com a sustentabilidade e com a qualidade do meio ambiente, ou seja, que têm constituído desde então um novo paradigma para a sociedade, trazendo novamente tais modelos à tona, de maneira correlacionada ao desenvolvimento de inovações tecnológicas (Chen et al., 2020; Reddy et al., 2024). Direcionando-se o olhar para a atualidade, o significativo aumento na frota de veículos elétricos tem, globalmente, promovido o questionamento quanto à probabilidade dos mesmos se firmarem definitivamente ou não. Para tanto, é vital analisar cuidadosamente o panorama e caracterizar

esses meios de transporte, tanto na perspectiva comercial e do usuário, quanto na perspectiva ambiental.

As principais vantagens dos veículos elétricos podem ser descritas retomando-se as pesquisas de Swarnkar et al. (2023), que pontua, para além da característica quanto à redução da emissão de gases poluentes no que diz respeito diretamente à circulação dos veículos, que estes ademais “[...] podem capturar energia durante a frenagem por meio da regeneração, e EVs são mais eficientes em termos de terem um motor de combustão interna complexo.” (Swarnkar et al., 2023, p. 3, tradução nossa), ou seja, contribuindo para uma utilização otimizada, somada à característica de ser silenciosa, percebida desde os precursores desses veículos e, outrossim, a promissora redução do custo no abastecimento/carregamentos de tais meios de transporte e a presença de incentivos governamentais, em ampla gama de países, visando fomentar o uso e o desenvolvimento de tecnologias automotivas pensadas com viés sustentável (Chen et al., 2020).

Conquanto, os desafios técnicos para a utilização também são abordados por Chen et al. (2020), e incluem não só aspectos correlatos à disponibilidade de pontos de recarga e autonomia dos supracitados veículos antes de demandar uma nova recarga, como ainda um olhar direcionado aos aspectos comerciais, uma vez que, em muitos locais, como é o caso do Brasil até o presente momento, o custo desses EVs permanece elevado, bem como questiona-se a durabilidade de componentes como as baterias, cuja qualidade e manutenção é indispensável para o funcionamento eficaz e para o atendimento ao usuário. De forma resumida, o Quadro 1 apresenta, de forma qualitativa e comparativa, os pontos positivos e negativos inerentes aos veículos (principalmente os carros), no contexto atual.

Quadro 1. Prós e Contras dos Veículos Elétricos na atualidade

Prós	Contras
Maior eficiência do sistema de propulsão	Infraestrutura de recarga limitada
Aceleração e transmissão de potência melhoradas em comparação com a tecnologia de motores de combustão	O custo de produção e inicial do veículo é alto
Recarga do sistema de baterias	Altamente inflamável
Funcionamento do motor sem ruído	Custo da bateria e degradação da bateria

Adaptado de: Reddy et al. (2024, p. 20, tradução nossa).

No Quadro 1 fica evidente que existem uma série de atributos que podem ser organizados em função da relação com a energia propulsora, infraestrutura e serviços, sustentabilidade ambiental e sustentabilidade econômica, o que permite a adoção do Método AHP.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa é exploratória e descritiva, de natureza qualitativa e quantitativa, sendo exploratória por promover uma familiarização com o tema. Gil (2019) explica que este tipo de pesquisa é relevante para se avançar sobre o conhecimento teórico conceitual e metodológico sobre uma dada temática.

A temática em específico desta pesquisa é sobre escolha consciente entre veículos elétricos e veículos a combustível fóssil, no bojo do planejamento urbano e da mobilidade sustentável e tendo como diferencial o uso do AHP para apoiar tomadas de decisão sobre a temática. Isto, em prol de se criar um instrumento para educação do público leigo. O passo a passo da abordagem metodológica empreendida nesta pesquisa preliminar está descrita no Quadro 2 com respectivos suportes:

Quadro 2. Etapas metodológicas

Etapas	Suportes
1.Revisão de Escopo	Google Acadêmico (2024) e Plataforma CAPESPeriódicos
2.Pesquisa Documental	Legislação Brasileira e Projetos de Lei

Fonte: Elaborado pelos autores, (2024).

Na Etapa 1, a pesquisa bibliográfica foi conduzida na plataforma CAPES Periódicos, utilizando os descritores "Planejamento Urbano", "Mobilidade Sustentável", "Veículos Elétricos", "Redução de Emissão de Gases", "Modelo Analytic Hierarchy Process", "AHP" e "Decisão Multicritério", em combinação com operadores booleanos (AND, OR e NOT). Ademais, para apresentar um breve histórico acerca do assunto, foi utilizado o descritor “História”, combinado unicamente com o descritor supracitado “Veículos Elétricos”, utilizando para tal somente o booleano AND. Foram considerados apenas artigos revisados por pares, filtrando nas áreas de conhecimento das engenharias e multidisciplinar, com acesso aberto, em um recorte temporal de 2018 a 2024. No total, foram encontrados 15 artigos (n=15) que foram selecionados e eleitos para apoiar a revisão de escopo.

Concomitantemente, na Etapa 2, a pesquisa documental foi conduzida também de acordo com a proposta de Gil (2019), e, por sua vez, engloba fontes “[...] principalmente primárias, ou seja, aquelas que ainda não passaram por nenhum tratamento analítico.” (Gil, 2019, p. 70), nesse trabalho representadas pela legislação nacional e projetos de lei, bem como pelos dados analisados e pela Agenda 2030.

Com base nos resultados encontrados nestas duas primeiras etapas, conforme mencionado na seção introdutória, em futuros trabalhos serão aplicadas a escala de Saaty (1991), por um grupo de especialistas, que responderam ao formulário anônimo, de maneira voluntária (Futura - Etapa 3). Assim

como a futura testagem deste modelo (Futura - Etapa 4) junto ao público leigo, igualmente de maneira anônima e voluntária como um piloto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em termos de resultados, ressalta-se que diante dos desafios prementes impostos pela degradação ambiental e pelas mudanças climáticas, a transição para a mobilidade sustentável emerge como uma estratégia crucial para mitigar os impactos adversos das emissões de gases poluentes. Reforça-se que a escolha consciente de tecnologias limpas é, portanto, essencial para a redução dos níveis de dióxido de carbono e para a promoção da qualidade de vida mais saudável nas áreas urbanas. A seguir se demonstra como o modelo teórico foi criado a partir da metodologia utilizada, qual seja o mix entre revisão de escopo e análise documental (v. Quadro 4).

Quadro 4. Modelo Teórico a partir definição dos critérios e atributos da árvore de decisão

Questão	Quais os critérios para a melhor escolha de veículos automotores visando amobilidade sustentável em áreas urbanas?			
Dimensões	Energia propulsora	Infraestrutura	Sustentabilidade Ambiental	Sustentabilidade Econômica
Atributos (Descrição)	Eficiência do sistema propulsor (autonomia por carregamento/abastecimento em km)	Necessidade de recarga/abastecimento (em número de km)	Emissão de ruído (gera muita poluição sonora ambiental / não gera poluição sonora ambiental)	Custo inicial de aquisição do veículo (em moeda brasileira - R\$)
	Nível de densidade da energia propulsora (maior ao menor nível de densidade em comparação)	Existência de infraestrutura para recarga/abastecimento no ambiente urbano (existência de postos e/ou eletroposto)	Degradação do meio ambiente (gera poluição ambiental/não gera poluição ambiental)	Custo da energia propulsora para manter (em moeda brasileira - R\$)
	Aceleração e transmissão de potência (em segundos)		Risco de ser inflamável (muito - nenhuma possibilidade)	

Fonte: Elaborado baseado em Reddy *et al.* (2024, p. 20, tradução nossa).

A implementação de veículos elétricos ou movidos por combustíveis fósseis, respaldada pela legislação recente e pelas evidências científicas do Modelo AHP Green Moving Car (GMC), representa um avanço significativo em direção à construção de um futuro mais sustentável e menos poluente e mais consciente. Embora Reddy et al. (2024) tenham tratado a descarbonização do setor comparando distintas fontes de energia, outros estudos deram a base para a criação do modelo teórico, tais como o de Chen et al. (2020) somam ao tratarem de lubrificantes para veículos elétricos e híbridos, ou mesmo o de Beté et al. (2020) trataram os veículos sustentáveis para mobilidade urbana em cidades e oferecem pistas relevantes quanto à eficiência do sistema propulsor. Tischer & Polette (2019) foram incisivos em trazer cidades referências em mobilidade urbana sustentável permitindo a visualização de critérios

na prática, inclusive eles chamam a atenção para o poder das externalidades quando o que está em perspectiva é o planejamento de transportes urbanos. Levando em consideração as especificidades do Brasil, uma vez que a metodologia utilizou-se de legislação brasileira, tem-se o estudo de Guimarães & Lucas (2019) que permitiram verificar aspectos culturais quanto a definição de critérios, pois os autores trataram a equidade no planejamento do transporte coletivo urbano no Brasil. Outro trabalho identificado na revisão de escopo foi de Dos Santos et al. (2021) que trata o impacto da eletromobilidade frente às questões de infraestrutura energética no Brasil, o que ilumina as nuances dos atributos do modelo teórico.

O modelo teórico como parte significativa de um modelo AHP que será pesado e testado no futuro sobre a temática fica evidente quando se atenta para o trabalho de Bhadane et al. (2022). Esses autores buscaram integrar um framework relativo a planejamento inclusivo de cidades utilizando o método AHP. Um fato curioso foi relativo à geomorfologia, pois os autores aplicaram a uma cidade semiurbana. Assim, criar e testar um modelo AHP piloto (que serão as duas futuras etapas desta pesquisa) para subsidiar escolhas conscientes relativas a tecnologias de transportes limpas em prol da mobilidade sustentável em áreas urbanas visando um futuro uso para a educação do público leigo requer prover o público leigo com o mínimo de informação sobre as alternativas, conforme o Quadro 5:

Quadro 5. Caracterização das alternativas para o Modelo Teórico

Alternativas	Caracterização das alternativas para o modelo teórico
Carro elétrico	Oferece maior eficiência do sistema de propulsão do que os combustíveis convencionais. Possui aceleração e transmissão de potência melhoradas em comparação com a tecnologia de motores de combustão. A recarga do sistema é por baterias em eletroposto. O funcionamento do motor sem ruído. Contudo, o custo inicial de aquisição é mais alto, pois o custo de produção do veículo é alto. Outro contraponto é que o veículo é altamente inflamável, sendo o custo da bateria e degradação da bateria um problema de sustentabilidade econômica, acompanhada da menor densidade de energia.
Carro movido a energia fósil	Oferece menor eficiência do sistema de propulsão e possui aceleração e transmissão de potência piores em comparação com a tecnologia de motores elétricos. A recarga do sistema é por combustíveis fósseis em postos de gasolina. O funcionamento do motor possui ruído. O custo inicial de aquisição é mais baixo, pois o custo de produção do veículo é geralmente mais baixo se comparado com o veículo elétrico. O veículo não é altamente inflamável, sendo o custo do motor a combustão mais baixo que o sistema elétrico, e degradação deste mais contornável que a bateria do carro elétrico, além disso, a utilização dos combustíveis fósseis confere maior densidade de energia do que carros elétricos.

Fonte: Elaborado, adaptado e baseado em Reddy *et al.* (2024, p. 20, tradução nossa).

Embora a caracterização tenha sido feita com base em Reddy et al. 2024) outros estudos contribuíram decisivamente, tal como o de da Silva (2023) que visou compreender as influências da mobilidade elétrica na redução de poluentes na atmosfera, e evocou o papel que os veículos movidos por combustíveis fósseis tem tido para o efeito estufa. Assim, com base na definição dos critérios e caracterização das alternativas do modelo teórico será possível avançar nas próximas duas etapas do

estudo, quais sejam: pesagem e testagem do GMC, tornando-o de fato uma ferramenta promissora para a educação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante todas as etapas do presente trabalho, percebe-se a atualidade da temática dos veículos elétricos atrelada à demanda cada vez maior pela adoção de estratégias e tecnologias sustentáveis. Por conseguinte, evidencia-se o potencial da integração desses veículos visando a promoção de estratégias de mobilidade sustentável, contribuindo diretamente nos espaços urbanos e no que tange seus respectivos planejamentos e gestão.

Historicamente, as oscilações percebidas no mercado quanto à escolha entre veículos à combustão, com combustíveis alternativos ou elétricos, correspondem a fatores que suscitam dúvidas nos consumidores em geral no tocante à escolha do veículo a ser adquirido. A promoção de debates, discussões e a conscientização quanto aos aspectos positivos e negativos de cada escolha, abrangendo as especificidades técnicas e comerciais são maneiras de fomentar as escolhas mais adequadas considerando o perfil do consumidor.

À vista disso, considera-se que a criação do modelo teórico e a posterior pesagem e testagem do AHP Green Moving Car (GMC) como um auxílio embasado e consciente para a escolha a partir de critérios estabelecidos e com caráter multidimensional será uma estratégia promissora para evitar induções ao erro com base de diversas informações difundidas que, muitas vezes não consideram as especificidades de cada consumidor e as especificidades presentes em cada dimensão no contexto no qual está inserido.

Em síntese, tais análises hierárquicas são capazes de levar em conta as interseções presentes na realidade vivenciada por cada usuário e corroboram a busca por decisões que não somente tendem a contribuir para melhores experiências na perspectiva do consumidor, como além disso estimular a sustentabilidade no urbanismo. Contudo, para isso precisam ter essas primeiras etapas de criação do modelo teórica baseados em revisão de escopo e análise documental (dados secundários) muito solidificadas antes de estudos futuros implicando coleta de dados primários com seres humanos tais como questionários e usos de softwares próprios da AHP, como o Superdecisions ou Expert Choice.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, pelo apoio com bolsas e financiamentos, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz

de Fora (PROAC-UFJF). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

BALASSIANO, R. Mobilidade urbana no âmbito da economia verde. Coleção de Estudos sobre Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil, Ambev, BNDES, JSL, Light, Shell, Tetra Pak, 2012. Disponível em: <https://l1nk.dev/s3p7R>. Acesso em: 21 jun. 2024.

BHADANE, P.; MENON, R.; JAIN, R. K.; JOSHI, D.; RAVIKAR, A. A. Integrated framework for inclusive town planning using fuzzy analytic hierarchy method for a semi-urban town. Civil Engineering Journal, v. 8, n. 12, p. 2768–2778, dez. 2022.

BETÉ, T.; CONTI, D.; MIZUTANI, M.; DE OLIVEIRA, C. Veículos sustentáveis para a mobilidade urbana nas cidades futuro. International Journal of Professional Business Review (JPBReview), v. 5, n. 2, p. 163–178, 2020. Disponível em: <http://www.openaccessojs.com/JBReview/article/view/169>.

BRASIL. ONU Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 17 jul. 2024.

BRASIL. Projeto de Lei do Senado nº 304/2017. Institui a política de substituição dos automóveis movidos a combustíveis fósseis e altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro). Brasília, DF: Senado Federal, 2017.

CAMPOS, V. B. G. Planejamento de transportes: conceitos e modelos de análise. Apostila. Instituto Militar de Engenharia (IME), [s.d.].

CHEN, Y.; JHA, S.; RAUT, A.; ZHANG, W.; LIANG, H. Performance characteristics of lubricants in electric and hybrid vehicles: a review of current and future needs. Frontiers in Mechanical Engineering, v. 6, p. 571464, 2020.

CHIAVENATO, I. Administração: teoria, processo e prática. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000. CMMAD. Nossa futuro comum. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

DA SILVA, M. B. Influência da mobilidade elétrica na redução da emissão de poluentes. Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 5, p. 17109–17115, maio 2023.

DOS SANTOS, G. R.; ARAUJO, K. K. M.; DOS SANTOS, P. A.; SILVA, G. R. P. O impacto da eletromobilidade: veículos elétricos, meio ambiente e a infraestrutura energética do Brasil. South American Development Society Journal, v. 7, n. 21, p. 238–253, dez. 2021.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2019.

GUIMARÃES, T.; LUCAS, K. O papel da equidade no planejamento de transporte coletivo urbano no Brasil. Transportes, v. 27, n. 4, p. 76–92, 2019.

IEA. E4 Perfil do País: Eficiência Energética no Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/articles/e4-country-profile-energy-efficiency-in-brazil>. Acesso em: 20 jul. 2024. LYNCH, K. A boa forma da cidade. Lisboa: Edições 70, 1999.

REDDY, V. J.; HARIRAM, N. P.; MAITY, R.; GHAZALI, M. F.; KUMARASAMY, S. Sustainable vehicles for decarbonizing the transport sector: A comparison of biofuel, electric, fuel cell and solar-powered vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, v. 15, n. 3, p. 93, 2024.

SIANES, A. Academic research on the 2030 Agenda: challenges of a transdisciplinary field of study. *Global Policy*, v. 12, n. 3, p. 286–297, jan. 2021.

SWARNKAR, R.; RAMACHANDRAN, H.; ALI, S. H. M.; JABBAR, R. A systematic literature review of state of health and state of charge estimation methods for batteries used in electric vehicle applications. *World Electric Vehicle Journal*, v. 14, n. 9, p. 247, 2023.

TISCHER, V.; POLETTE, M. Sistema de avaliação de cidades de referência em transportes e mobilidade urbana sustentável. *Cadernos Metrópole*, v. 21, n. 45, p. 481–509, 2019.