

SISTEMA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO PARA INVESTIMENTOS FUTUROS NA MALHA FÉRREA BRASILEIRA UTILIZANDO O MÉTODO AHP FUZZY

Etierre Cordeiro Chaves (UNIGRANRIO) chavesetierre@gmail.com
Isabelle Ramos de Souza Reis (UNIGRANRIO) aisabelleramos@gmail.com

Resumo

A utilização dos modais de transportes de cargas no Brasil sempre foi algo bem preocupante, pois a sua utilização não funciona de forma equalizada, hoje o modal rodoviário sofre com a sobre carga em sua utilização. Pensando nisso a Empresa de Planejamento e Logística (EPL) junto ao ministério dos transportes em 2018 divulgou um relatório executivo do Plano Nacional de Logística (PNL), esse plano indica quais são os empreendimentos e investimentos necessários para otimizar e equalizar a utilização e infraestrutura dos modais até o ano de 2025. Todavia, para que essa equalização entre os modais ocorra, vários são os fatores que devem ser analisados e para que o investimento seja feito de forma correta, o trabalho buscou realizar uma comparação utilizando o AHP-FUZZY objetiva entre os diferentes tipos de dormentes e as técnicas mais recentes adotadas no mercado mundial, avaliando os dormentes (Madeira, concreto, aço, plástico e laje). Essa comparação tem como objetivo indicar qual seria o melhor dormente a ser utilizado em futuros investimentos na malha férrea brasileira, utilizando os seguintes critérios, (Custo/km-Aquisição – Vida Útil – Manutenção Km/Ano – Ruído (Perturbação) – Impacto Ambiental). Com o presente trabalho, buscou-se realizar uma comparação objetiva a respeito das técnicas mais recentes e adotadas no mercado mundial atual. Essa comparação tem como objetivo indicar qual técnica seria a melhor para determinada situação. Além disso, uma breve explicação a respeito do método utilizado para a tomada de decisão e também de cada uma das tecnologias é apresentada e rapidamente discutida, levantando-se seus pontos fortes e fracos, bem como suas principais características.

Palavras-Chaves: (Logística, Tomada de decisão, Lógica Fuzzy, Método AHP, Modal ferroviário.)

1. Introdução

O aumento da demanda por meios de transportes alternativos seja ele de carga ou de passageiro é evidente, os diversos tipos de modais que trabalhamos hoje de maneira rotineira (rodoviário, hidroviário, ferroviário, aeroviário, sendo os principais) deixam claro a necessidade de termos uma malha de serviços ampla e ainda mais diversificada, tendo em mente que, cada um deles apresenta aspectos que os tornam mais adequados para cada uma das finalidades do que outros. No entanto, é de conhecimento geral que estamos enfrentando diversos problemas de logística e transporte dentro e fora do Brasil. A maioria dessas dificuldades nascem no mesmo momento de construção das estruturas e suas respectivas implantações, como por exemplo, as estradas, onde, o erro de sub dimensionamento da camada de revestimento asfáltico provoca seu desgaste prematuro, outro grande exemplo ocorre no modal hidroviário, onde, a ausência de estudos sobre suas características torna o atendimento referente a demanda precário. Em nosso país um dos modais menos valorizados por muito tempo é o modal ferroviário (RODRIGUES, 2000), as ferrovias (estradas de ferro) desempenham um dos papéis fundamentais para desenvolvimento de grandes potências mundiais como EUA, China e Europa por exemplo. No que diz respeito ao Brasil, temos uma subutilização da malha ferroviária conforme mostra o (Gráfico 01).

Gráfico 1 – Matriz de transporte de cargas do Brasil em 2018



Fonte: ILOS (2018)

Para entendermos melhor essa desigualdade no investimento direcionado ao modal ferroviário no Brasil, observem a figura 1, onde comparado a alguns outros países que estabeleceram um bom investimento em sua malha férrea está bem abaixo do estimado para uma boa gestão dos modais e diminuição dos gargalos, para deixar evidente foi feito uma comparação (custo x

benefícios) de dormentes para construção de novas ferrovias no Brasil, demonstrativo precisou ser feito para mostrar a viabilidade de investimento futuro na malha ferroviária brasileira.

Figura 1 – Infraestrutura de transportes de carga pelo mundo.



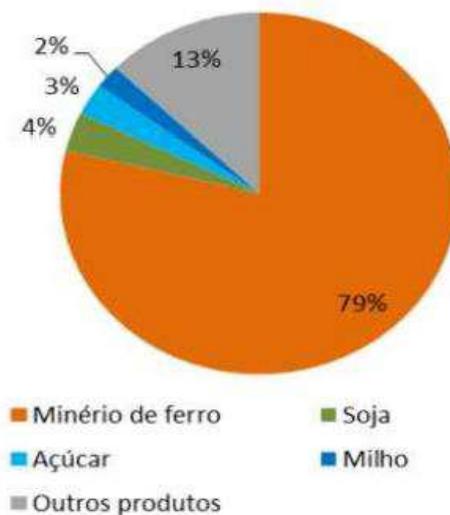
Fonte: World FactBook, Banco Mundial (2019)

2. Descrição do problema

O modo ferroviário tem como principais características o transporte de cargas com um grande volume e que fazem o deslocamento em grandes distâncias, como por exemplo o transporte de minério de ferro. Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2021) essa commodity representa aproximadamente 80% do total da carga ferroviária, seguida somente dos grãos agrícolas (soja, milho, farelo de soja e etc.). No Brasil, o início das atividades ferroviárias se deu em meados do século XIX, onde o transporte ferroviário surgiu por meio de concessões a investidores privados que tinham como dedicação o transporte de café até o Porto de Mauá por intermédio da Estrada de ferro Mauá, inicialmente, com aproximadamente 14,5 km de extensão. Com o passar dos anos, os estorvos na realização de planejamento central das ferrovias fizeram com que surgissem trechos de baixo aproveitamento, principalmente em relação à diferença de bitola e também em relação à dispersão. Com isso a criação da Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA), em 1957, foi motivada pela grande importância dada ao transporte ferroviário. A RFFSA tinha o propósito de manter centralizado o planejamento e integrar as ferrovias. Como consequência dessas iniciativas, em 1960, a malha atingiu sua maior extensão. Contudo, esse cenário não impediu que o modal sofresse com as recorrentes crises fiscais brasileiras do período pós-1960, fazendo com que a administração das ferrovias públicas se tornasse sobremaneira custosa ao Estado.

Esse processo de desestatização das malhas da RFFSA, causado pela queda acentuada de investimento público no setor, finda em 1998, com a concessão da Malha Paulista. Atualmente, esse setor se destaca pela predominância dos investimentos privados. Hoje em dia o Brasil conta com aproximadamente 29 mil km de malha ferroviária, dos quais 7 mil km estão em plena operação, 13,5 mil km apresentam baixa densidade de tráfego e 8,5 mil km estão subutilizados e não possuem operação comercial (ANTT,2021). Essas informações existentes apontam que os trechos subutilizados e os não operacionais (sem circulação de trens de cargas), apresentam potencial significativo de movimentação de cargas para o modal em estudo. Destaca-se que a malha ferroviária brasileira atravessa 22 Unidades da Federação, o que reforça sua importância como modo de integração nacional. Para o ano de 2018, a distribuição dos produtos movimentados na malha ferroviária de 20 acordo com dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres está representada no gráfico 2.

Gráfico 2: Distribuição dos tipos de carga no modo ferroviário



Fonte: ANTT (2007)

Diante desse problema, o Plano Nacional de Logística (PNL) tem o objetivo de integrar e equalizar os diversos modos de transporte de forma a atingir uma maior efetividade dos investimentos na infraestrutura e contribuir com o desenvolvimento de um sistema inovador e eficiente para movimentação de cargas no país à medida que o Estado direciona o esforço para a viabilização de determinados segmentos como nesse caso o ferroviário, como forma de aumentar a oferta e promover a competição entre concessionários criando assim uma equalização entre os demais modais de transportes de carga.

Tendo em vista que um dos grandes problemas no transporte de cargas brasileiro são os custos elevados e o desgaste das rodovias, uma solução seria optar pelo transporte ferroviário,

desocupando grandes partes das vias, fazendo assim, que a vida útil delas tenha maiores prazos. Este trabalho tem como objetivo principal mostrar que é possível fazer essa equalização entre os modais, e fazer uma breve comparação dos dormentes identificando o mais rentável para futuros investimentos na malha férrea brasileira. Essa comparação é importante para a comunidade acadêmica, pois apresenta uma solução para evitar a sobrecarga no modal rodoviário e reduzir o gargalo fazendo com que seja utilizado de forma efetiva intermodalidade dentro da logística de transportes.

Dormentes são elementos estruturais ferroviários que dão suporte aos trilhos e fixam a distância entre eles (BORGES, 2012). Um dormente deve ter boa resistência, durabilidade e alguma elasticidade. O principal tipo de dormente é o de madeira, pois apresenta muitas características propícias, mas devido à falta de madeira e as questões ambientais, o seu uso está diminuindo. Buscaram-se outros materiais para essa função, como aço, concreto e alguns polímeros, cada um possuindo vantagens e desvantagens (PIAZERA,2017).

Para este trabalho foi realizada uma pesquisa apresentando os principais tipos de dormentes e características levada em consideração para a aplicação do método abordado, abaixo resumos apresentados nas tabelas 1, 2, 3, 4 e 5.

Tabela 1 - Resumo (dormente de madeira)

DORMENTE DE MADEIRA	
Custo (R\$)/km	1500*
Vida útil (anos)	15*
Custo (R\$)*km/ano	100
Ruído	Baixo (1)
Impacto ambiental	Alto (3)

Fonte: PINTO (2012)

Tabela 2 - Resumo (dormente de aço)

DORMENTE DE AÇO	
Custo (R\$)/km	2300*
Vida útil (anos)	50*
Custo (R\$)*km/ano	46
Ruído	Médio (2)
Impacto ambiental	Médio (2)

Fonte: PINTO (2012)

Tabela 3 - Resumo (dormente de concreto)

DORMENTE DE CONCRETO	
Custo (R\$)/km	2480*
Vida útil (anos)	50*
Custo (R\$)*km/ano	49,6
Ruído	Baixo (1)
Impacto ambiental	Médio (2)

Fonte: PINTO (2012)

Tabela 4 - Resumo (dormente de plástico)

DORMENTE DE PLÁSTICO	
Custo (R\$)/km	3000*
Vida útil (anos)	40*
Custo (R\$)*km/ano	75
Ruído	Baixo (1)
Impacto ambiental	Baixo (1)

Fonte: PINTO (2012)

Tabela 5 - Resumo (dormente em laje)

LAJE	
Custo (R\$)/km	3500*
Vida útil (anos)	60*
Custo (R\$)*km/ano	59
Ruído	Baixo (1)
Impacto ambiental	Médio (2)

Fonte: PINTO (2012)

3. Fundamentação teórica

3.1. Lógica FUZZY

A Lógica Fuzzy foi primeiramente introduzida em 1930 pelo filósofo e lógico polonês Jan Lukasiewicz. Através do estudo de termos do tipo alto, velho e quente, ele propôs a utilização de um intervalo de valores $[0,1]$ que indicaria a possibilidade que uma declaração fosse verdadeira ou falsa. Em 1937, o filósofo Max Black propôs a ideia de que a continuidade descrevia os graus. Ele definiu o primeiro conjunto fuzzy e descreveu algumas ideias básicas de operações com conjuntos fuzzy. Em 1965, Lofti Zadeh publicou o artigo Fuzzy Sets, que ficou conhecido como a origem da Lógica Fuzzy. Na realidade, Zadeh redescobriu a ideia de fuzzyficação, identificou e explorou tal conceito, assim como lutou por ele. Portanto, Zadeh ficou e ainda é conhecido como o “mestre” da Lógica Fuzzy.

A lógica difusa ou Lógica Fuzzy é uma extensão da lógica booleana que admite valores lógicos intermediários entre o FALSO (0) e o VERDADEIRO (1); por exemplo, o valor médio 'TALVEZ' (0,5). Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1. Este tipo de lógica engloba de certa forma conceitos estatísticos principalmente na área de Inferência. As implementações da lógica Fuzzy permitem que estados indeterminados possam ser tratados por dispositivos de controle.

Assim, é possível avaliar conceitos não quantificáveis através de variáveis linguísticas. Casos práticos: avaliar a temperatura (quente, morno, médio, etc...), o sentimento de felicidade (radiante, feliz, apático, triste...), a veracidade de um argumento (corretíssimo, correto, contra argumentativo, incoerente, falso, totalmente errôneo, etc..).

A lógica fuzzy deve ser vista mais como uma área de pesquisa sobre tratamento da incerteza, ou uma família de modelos matemáticos dedicados ao tratamento da incerteza, do que uma lógica propriamente dita. A lógica Fuzzy normalmente está associada ao uso da teoria de conjuntos Fuzzy proposto por Lukasiewicz.

Ao trabalhar com a Lógica Fuzzy é comum chamar a lógica booleana de lógica nítida. Muitos pesquisadores de versões booleanas de lógica não aceitam a Lógica Fuzzy como uma verdadeira lógica, no sentido em que aceitam, por exemplo, a lógica modal. Isso pode ser associado a diferentes fatos, entre eles o fato de muitos modelos permitirem soluções aproximadas que não correspondem a uma "verdade" lógica.

Controle Fuzzy, Lógica Fuzzy, redes neurais artificiais, sistemas especialistas e algoritmos genéticos fazem parte de um novo paradigma conhecido por sistemas inteligentes. Estes

sistemas procuram fornecer respostas que solucionam problemas de forma apropriada às situações específicas dos mesmos, mesmo sendo novas ou inesperadas. A operação destes sistemas inspira-se, em geral, em sistemas biológicos. A capacidade criativa dos seres humanos, de raciocinar de maneira incerta ou difusa contrasta com a forma de operar de computadores e máquinas, regidos por raciocínio binário e preciso. No momento em que estas máquinas transcendessem a esta restrição, tornar-se-iam inteligentes, podendo “raciocinar” de forma difusa. Esta forma de raciocínio é conhecida em inglês por Fuzzy, tendo como tradução em português nebuloso, difuso, (AZEVEDO; BRASIL; OLIVEIRA, 2000). O controle Fuzzy aplica, através de algoritmos, o conhecimento humano e especialista na solução de problemas com incertezas, no caso as não linearidades e atrasos de transporte. Uma vantagem do método é que o mesmo não precisa inicialmente ser modelado matematicamente, (FENG et al., 2002).

A utilização de regras nebulosas (regras Fuzzy e variáveis linguísticas) confere ao sistema de controle várias vantagens, incluindo: simplificação do modelo do processo; melhor tratamento das imprecisões inerentes aos sensores utilizados; facilidade na especificação das regras de controle; satisfação de múltiplos objetivos de controle; e facilidade de incorporação do conhecimento de especialistas humanos. Contudo, tanto as leituras de sensores quanto os sinais esperados pelos atuadores do sistema de controle não pertencem a linguagem desta lógica, fazendo necessário que conversões da lógica aritmética para a Lógica Fuzzy sejam realizadas. Assim, estes tipos de sistemas possuem elementos adicionais denominados fuzzificador e defuzzificador e estão posicionados na entrada e saída do sistema de controle, respectivamente, (FERNANDES et al., 2005).

3.1.1 Fundamentos de Lógica Fuzzy

Um sistema baseado em Lógica Fuzzy pode ter sua ação esquematizada pelos seguintes elementos constituintes: Fuzzificador; Regras, ou base de conhecimentos; Inferência, ou lógica de tomada de decisões; e Defuzzificador.

O Fuzzificador é responsável pela identificação dos valores numéricos fornecidos pelos sensores, normalizando estes valores em um universo de discurso padronizado, formando um conjunto nebuloso Fuzzy (AZEVEDO; BRASIL; OLIVEIRA, 2000).

A Base de Conhecimento - representa o modelo do sistema a ser controlado, consistindo numa base de dados e uma base de regras linguísticas. A base de dados fornece definições numéricas e a base de regras caracteriza os objetivos do controlador e sua estratégia usada, geralmente

fornecida por pessoas especialistas no sistema. É importante que exista uma quantidade de regras pré-definidas para mapear as diversas combinações possíveis, garantindo que haverá uma regra específica ativa para qualquer entrada do sistema.

A Inferência - é realizada mapeando valores linguísticos de entrada em valores linguísticos de saída com o uso das regras. Estas regras usam implicações difusas para simulações de decisões humanas, gerando ações de controle, chamados de consequentes, partindo de um conjunto de condições de entrada, chamada de antecedentes.

O Defuzzificador - obtém uma única ação de controle a partir do conjunto nebuloso obtido. O procedimento consiste na identificação do domínio das variáveis de saída em um único universo de discurso e com a ação de controle nebulosa inferida, uma ação de controle não nebulosa e tomada de decisão.

A base dos sistemas Fuzzy é a teoria dos conjuntos Fuzzy. Estes conjuntos são uma extensão dos conjuntos convencionais, os quais permitem somente que elementos sejam verdadeiros ou falsos (lógica booleana, bivalente). Os Conjuntos Fuzzy permitem que seus elementos possuam um certo grau de pertinência associado, sendo esta propriedade conhecida como multivalência. Isto permite a aproximação com o mundo real, que não é bivalente, com um vasto número de opções ao invés de somente duas.

A lógica Fuzzy, então, permite trabalhar com tais incertezas de fenômenos naturais de forma rigorosa e sistemática, (AZEVEDO; BRASIL; OLIVEIRA, 2000).

A determinação do grau de pertinência, para conjuntos Fuzzy contínuos, se dá pela análise de funções de pertinência. Estas funções possibilitam o cálculo do grau de pertinência de acordo com o valor assumido pela variável. Elas representam os aspectos fundamentais de todas as ações teóricas e práticas de sistemas Fuzzy.

Os modelos de sistemas Fuzzy podem ser divididos em dois tipos: os clássicos e os de interpolação conforme abaixo, (SILVA, 2002).

Os clássicos se caracterizam pela conclusão de cada regra especificar um termo nebuloso dentro de um conjunto fixo de termos, sendo estes termos, conjuntos nebulosos convexos representados graficamente por funções com: triângulos, trapézios e funções de seno.

O sistema nebuloso por interpolação se caracteriza por apresentar uma conclusão através de uma função estritamente monotonia, usualmente diferente para cada regra, (SILVA, 2002).

3.2 Método AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

O Método de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process - AHP) é um dos primeiros e mais utilizados métodos de apoio multicritério à decisão. Com sua criação em 1980 por Thomas Saaty, este método é aplicado em diversas áreas do conhecimento, dada a sua característica de incorporar em sua análise critérios quantitativos e qualitativos.

Este método baseia-se no método newtoniano e cartesiano de analisar critérios, que busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores até ao nível mais baixo, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar. (COSTA, 2002).

Saaty (1991) explica que a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo reduz-se a uma sequência de comparação por pares, com relações de feedback, ou não, entre os níveis. Essa foi a forma racional encontrada para lidar com os julgamentos.

Através dessas comparações por pares, às prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e Método AHP demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro ou de uma alternativa sobre a outra.

A utilização dessa metodologia se dá no processo de tomada de decisões, reduzindo ao máximo suas falhas. Nessa linha, o método Analytic Hierarchy Process - AHP é uma poderosa e flexível ferramenta para que a sistematização e definição dos pesos desses critérios sejam bem definidos.

A ideia Principal da teoria da análise hierárquica introduzida por Saaty é fazer com que haja a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares, minimizando suas falhas. Segundo (Saaty 1991), a teoria reflete o método natural de funcionamento da mente humana, isto é, diante de um grande número de elementos (controláveis ou não), a mente os agrega em grupos segundo propriedades comuns.

O cérebro repete esse processo e agrupa novamente os elementos em outro nível “mais elevado”, em função de propriedades comuns existentes nos grupos de nível imediatamente abaixo. A repetição dessa sistemática atinge o nível máximo quando este representa o objetivo do nosso processo decisório. E, assim, é formada a hierarquia, por níveis estratificados.

Para que seja feito a análise dos elementos dentro da hierarquia, a questão definida por Saaty da teoria é: com que peso os fatores individuais do nível mais baixo da hierarquia influenciam seu fator máximo, o objetivo geral? Desde que essa influência não seja uniforme em relação

aos fatores, chegamos às prioridades, que são os pesos relativos desenvolvidos para destacar as diferenças entre os critérios.

O método avalia a importância relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério, e determina um ranking total das alternativas”. Saaty (1991) explica que a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo reduz-se a uma sequência de comparação por pares, com relações de feedback, ou não, entre os níveis.

Essa foi a forma racional encontrada para lidar com os julgamentos. Através dessas comparações por pares, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro ou de uma alternativa sobre a outra.

Assim, a aplicação do AHP inclui e mede todos os fatores importantes, qualitativa e quantitativamente mensuráveis, sejam eles tangíveis ou intangíveis, para aproximar-se de um modelo realista. Contudo, é preciso reconhecer as limitações também. Uma das limitações do método é a sua aplicação inadequada, isto é, em ambientes desfavoráveis onde a aplicação é percebida como simplificação excessiva ou como desperdício de tempo (Grandzol, 2005).

Saaty (1991) afirma que hierarquia é uma abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total. Essa abstração pode tomar várias formas inter-relacionadas, todas descendentes de um objetivo geral, abrindo-se em sub objetivos, desmembrando-se nas forças influentes e até nas pessoas que influenciam essas forças.

3.2.1 A Escala Fundamental do AHP

De acordo com um dos princípios do método, as comparações par a par são realizadas para critérios homogêneos, ou seja, tais que possuam o mesmo nível hierárquico. A cada elemento é associado um valor de prioridade com respeito ao outro, a luz de um dado critério. Tal valor está de acordo com uma escala numérica positiva de números reais, proposta por Thomas Saaty 2008, denominada Escala Fundamental do AHP e exposta na tabela abaixo.

Tabela 6 - Escala Fundamental do AHP

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância	Ambos os elementos contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	Experiência e juízo favorecem levemente uma atividade com relação à outra
5	Importância grande ou essencial	Experiência e juízo favorecem fortemente uma atividade com relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida, sendo sua dominância evidenciada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo uma das atividades é a maior possível, com o mais alto grau de segurança
2,4,6,8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
Recíprocos dos números acima	Se a atividade i possui um dos números acima, quando comparada com a atividade j, a atividade j possuirá o valor inverso quando comparada a i.	Uma consideração razoável.

Fonte: Carmem e Costa (2009)

4. Proposta de solução

Neste trabalho é apresentado e discutido a aplicação do método AHP-FUZZY como ferramenta de decisão na escolha do dormente mais rentável para futuros investimentos na malha férrea brasileira. Sendo assim identificados, será disposto a apresentação para que o gestor tome a correta decisão diante o problema analisado através do método AHP. Com um profissional que possui domínio da estrutura ferroviária e seus componentes e o entendimento de toda essa ferramenta será o principal fator para que as tomadas de decisões sejam mais objetivas e eficazes.

Através da definição da meta global, dos objetivos, dos critérios e das alternativas foi possível estruturar o problema de forma a orientar a aplicação do método AHP. A tabela 7 apresenta a estruturação do problema de forma a ser desenvolvido através do modelo hierárquico para a tomada de decisão.

Tabela 7 - Dados para estruturação do problema

Dados de estruturação do problema						
	Custo/km(Aquisição)	Vida Útil	Manutenção km/Ano	Ruído	Impacto Ambiental	
Madeira	R\$ 1.500,00	15 anos	R\$ 700.000,00	BAIXO	ALTO	
Aço	R\$ 2.300,00	46 anos	R\$ 460.000,00	MEDIO	MEDIO	
Concreto	R\$ 2.480,00	50 anos	R\$ 496.000,00	BAIXO	MEDIO	
Plástico	R\$ 3.000,00	40 anos	R\$ 750.000,00	BAIXO	BAIXO	
Laje	R\$ 3.500,00	60 anos	R\$ 590.000,00	BAIXO	MÉDIO	

Fonte - Autor (2021)

Para o julgamento paritário das alternativas à luz dos critérios de avaliação, foi adotada a Escala de Saaty, onde os especialistas e consultores estabeleceram juízos de valores, conforme demonstra a tabela 8.

Tabela 8 - Matriz de comparação paritária entre os critérios

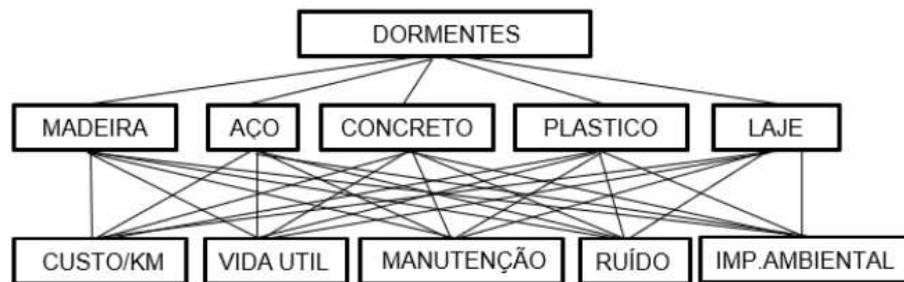
Matriz de comparação paritária entre critérios					
	Custo/km(Aquisição)	Vida Util	Manutenção km/Ano	Ruído	Impacto Ambiental
Custo/km(Aquisição)	1,000	0,200	0,200	0,333	0,111
Vida Util	5,000	1,000	5,000	3,000	2,000
Manutenção km/Ano	5,000	0,200	1,000	2,000	0,111
Ruído	3,000	0,333	0,500	1,000	0,250
Impacto Ambiental	9,000	0,500	7,000	4,000	1,000

Fonte - Autor (2021)

5. Resultados alcançados

O intuito deste estudo tem a finalidade de apresentar qual o dormente mais rentável para futuros investimentos na malha férrea brasileira através de uma comparação entre os principais utilizados. Para que o estudo fosse se tornasse viável, o caso apresentado terá comparações a partir de estudos pré-existentes, com o objetivo de focar no método e também na execução. Serão apresentadas condições de modo a verificar tanto o método AHP-FUZZY quanto a sua execução.

Figura 2 - Estrutura Hierárquica do AHP



Fonte: Autor (2019)

Dentre as alternativas dos dormentes apresentados, utilizando o método AHP-FUZZY foi possível obter o desempenho das alternativas e concluir que o maior desempenho dos critérios de custo, vida, manutenção, ruído e impacto ambiental que a melhor alternativa de dormente para futuros investimentos na malha ferroviária é o de laje que obteve o maior scores como mostra a tabela 9.

Tabela 9 - Resultado da avaliação global de alternativas para o método AHP

Matriz Resultado						
	Custo/km(Aquisição)	Vida Util	Manutenção km/Ano	Ruído	Impacto Ambiental	Score
	0,04	0,39	0,11	0,09	0,37	1,00
Madeira	0,047	0,050	0,137	0,270	0,387	0,061
Aço	0,108	0,157	0,060	0,240	0,174	0,094
Concreto	0,253	0,146	0,169	0,189	0,193	0,102
Plástico	0,379	0,271	0,322	0,096	0,071	0,163
Laje	0,213	0,375	0,311	0,205	0,174	0,206
Sum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Fonte: Autor (2021)

6. Considerações Finais

A presente pesquisa tem o intuito de utilizar o método AHP-FUZZY para fazer uma breve comparação dos dormentes e apontar o mais rentável para futuros investimentos na área modal. O objetivo é apresentar conceitos pertinentes para evitar uma sobrecarga existente no modal rodoviário explorando o ferroviário que ainda possui capacidade sobejando no transporte de cargas, levando em consideração que a maior dificuldade são os elevados custos.

Conclui-se então que o método é eficaz para auxiliar na tomada de decisão, neste caso, de gestores da administração pública e interessados a desafogar o modal rodoviário e equalizá-lo com os demais modais, a preservar o orçamento e investimentos destinados à logística de transportes. A fim de o Estado possa destinar e concentrar seus esforços para o segmento carente com sinergia aos demais modais de cargas.

6. REFERÊNCIAS

- ANTT (Agencia Nacional de Transportes Terrestres) – **Anuário estatísticos dos transportes terrestres. 2007**. Acesso em : 19 de fevereiro de 2022.
- BORGES NETO, Carlos. Manual Didático de Ferrovias. **Universidade Federal do Paraná**, 2012.
- CNT. **Pesquisa CNT de Ferrovias 2015**. Brasília, 2015. Acesso em fevereiro de 2022.
- COSTA, Lourenço. Método multicritério para apoio à análise e seleção de investimentos sustentáveis em fundos de pensão. Tese de Doutorado. Tese (doutorado)—**Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- COSTA, Helder Gomes. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C., 2002. Costa, Helder Gomes. **Auxílio multicritério à decisão: método AHP**. Rio de Janeiro: Abepro, 2006.
- DNIT. **Especificação técnica de material ETM – 003: DORMENTES**.
- GRANDZOL, J.R. Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process. **Bloomsburg University of Pennsylvania**. IR Applications Volume 6, August 24, 2005.
- PIAZERA, Augusto Boshammer - **Estudo comparativo entre tecnologias inovadoras em superestruturas ferroviárias, 2017**, Florianópolis

SAATY, T. L. **Principia mathematica decernendi, Mathematical princiles os decision making; Pittsburg.** PA: RWS Publications, 2010.

SAATY. T. L. **Toma de decisiones para lideres: el poceso analitico jerarquico latoma de decisiones en un complejo.** RWS Publications, 1997.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Eстера Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 2001.

SILVA, Márcia Regina da; HAYASHI, Carlos Roberto Massao; HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. InCID: **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, 2011.