

SELEÇÃO DO PORTO DE EMBARQUE DA PRODUÇÃO REGIONAL DE MATO GROSSO PELO CORREDOR DA RODOVIA BR-242/MT COM A APLICAÇÃO DO MÉTODO TOPSIS

Ana Paula Magalhães da Silva

Luiz Miguel de Miranda

Universidade Federal do Mato Grosso

RESUMO

É relevante na logística otimizar o transporte da produção de Mato Grosso e, para isso, são conjugados outros modos e destinos, em particular, os portos de Barcarena/PA e São Luís/MA. Com o procedimento da análise multicritério que envolve os índices de transportes foi possível hierarquizar as alternativas cotejadas, algumas delas em fase de obras ou de projetos, com o emprego do método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). À vista disso, foram especificados os melhores cenários para a combinação entre os modos ao utilizar os indicadores de transportes e por meio do nivelamento obtido pela aplicação dos pesos foi possível elencar que a rota 3 é a melhor, com destino a Barcarena/PA que fazem a integração dos modos rodoviários e ferroviários. Pelo método TOPSIS, também foi factível determinar que a alternativa escolhida é 8,9% mais viável que a alternativa 1, e 18,1% mais recomendada que a alternativa 2.

ABSTRACT

It is necessary in logistics optimize the transportation of Mato Grosso production, combining other modes and destinations, in particular Barcarena/PA and São Luis/MA. With the use of Multicriteria Hierarchy Decision, analysis involving transport indicator with made it possible to rank the best options, some them in the works or projects phase, using the TOPSIS method (*Technique for Order Preference for Similarity to Ideal Solution*). On this, the best scenarios for the combining of the modes of use of the transport indicators were specified and thought the leveling obtained by applying the weights of the TOPSIS method it was possible to list route 3 as the best, to Barcarena/PA which integrate the road and waterway. By the TOPSIS method, it was also determine that the chosen alternative is 8,9% more practical than alternative 1, and 18,1 % more recommended than alternative 2.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o transporte rodoviário é o mais utilizado na matriz brasileira, o que justifica a escolha da expansão geográfica da agropecuária em regiões desprovidas de infraestruturas logísticas (Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária – CNA, 2017). Entretanto, este é recomendado para o transporte de quantidades e distâncias pequenas (Confederação Nacional do Transporte - CNT, 2019). E, por sua vez, países de grandes dimensões como Estados Unidos e China tem uma alta concentração para o transporte de suas cargas de baixo valor agregado por hidrovias (CNA, 2017).

Outrossim, os principais fluxos de graneis agrícolas são indicados pela Figura 1, convergem para os seguintes corredores: Norte, Nordeste, Sudeste e Sul (Ministérios dos Transportes, Portos e Aviação Civil - MTPA, 2017).

Dessa forma, todos os corredores apresentam maiores percentuais de utilização das rodovias. Nesse sentido, observa-se que o corredor Nordeste é exclusivamente rodoviário, enquanto que o corredor Norte concentra as maiores extensões hidrovias. Já, os corredores Sul e Sudeste que recebem os maiores fluxos de soja e milho, são os que mais possuem a participação do modo ferroviário (MTPA, 2017).

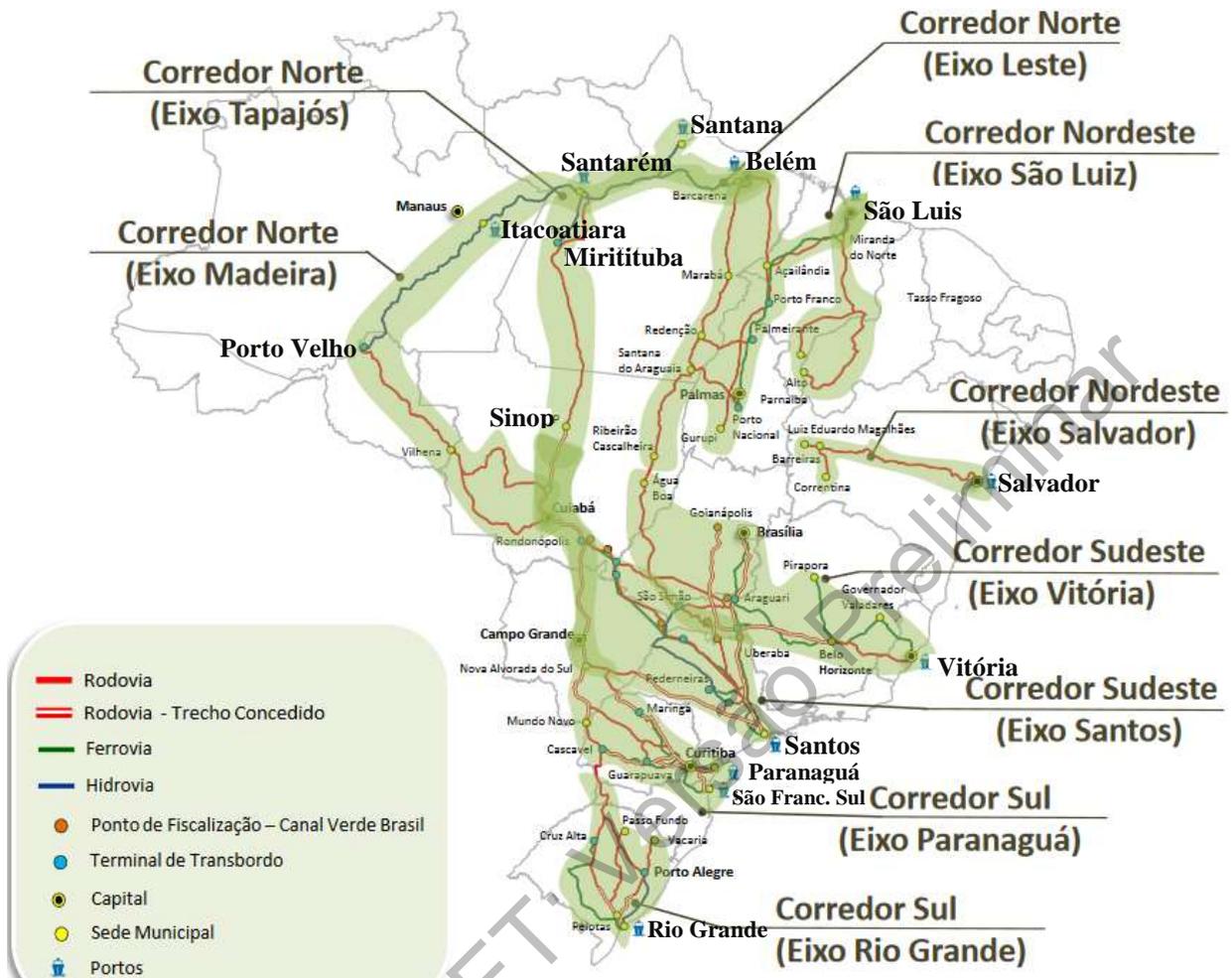


Figura 1: Corredores estratégicos de exportação de grãos agrícolas.
Fonte: MTPA (2017)

Nessa perspectiva, o estado do Mato Grosso é um dos maiores produtores agropecuários do Brasil, porém, parte da produção de grãos agrícolas produzidos em Mato Grosso percorre distâncias rodoviárias superiores a aproximadamente 2.000 km para embarque pelos portos do Sul e Sudeste (Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária – IMEA, 2018a, 2018b, 2018c).

Dessa forma, as movimentações por grandes distâncias fazem uso do modo rodoviário em Mato Grosso tende a se alterar, com a conclusão das obras de pavimentação da rodovia BR-242 no trecho que liga Sorriso/MT à Querência/MT, que por sua vez abrirá uma nova rota em direção aos portos de São Luís/MA e Barcarena/PA. Além disso, a abertura ao tráfego da BR-242 propicia conjugação intermodal pelas Ferrovias Norte Sul - FNS, Estrada de Ferro Carajás - EFC, e pela hidrovia do Rio Tocantins com destino aos portos.

Assim, o modo ferroviário proporciona a redução do custo de transporte, além do baixo nível de emissão de gases de efeito estufa e de material particulado, e representa ganhos ambientais e de eficiência energética para o país (CNT, 2019). Todavia, o transporte aquaviário, comparativamente aos demais modos, apresenta vantagem para movimentar grandes quantidades a longas distâncias, além de possuir o menor consumo de combustível, e menor impacto ambiental. Entretanto, a competitividade desse modo diminui, ao comparar com os demais modos de transportes disponíveis por apresentar baixa velocidade, reduzida disponibilidade e frequência. (CNT, 2019).

A priori, a integração dos sistemas de transportes permite uma redução dos custos e do tempo de movimentação desses produtos. Contudo, essas vantagens são obtidas, somente, quando são ajustados os modos corretos com o tipo da carga, e analisado as distâncias que serão percorridas e o volume que serão transportados (MTPA, 2017).

Desse modo, a justificativa desse tema consiste na tentativa de diminuir os custos de transportes, as distâncias percorridas, o consumo energético e o *transit time* em Mato Grosso, com a implementação de uma artéria que facilite o escoamento da produção da área de influência da BR-242/MT. E nessa mesma perspectiva, o objetivo geral é a determinação da melhor opção dos fluxos de carga alocados na BR-242/MT para a análise de viabilidade de embarque da produção de grãos agrícolas dos centroides Sorriso, Querência, Nova Ubiratã e Água Boa, pelos portos de Barcarena/PA e São Luís/MA, com o emprego da ferramenta TOPSIS, um derivativo da *Analytic Hierarchy Process* – AHP.

2. MÉTODO E MATERIAIS

Esta pesquisa trata-se do levantamento de dados sobre os indicadores de produção de grãos agrícolas na área de influência assinalada (BR-242), as informações sobre as alternativas aos portos especializados no embarque, e quais serão as rotas, são considerados o uso e a operação da FNS, EFC e a hidrovía Tocantins, e qual o porto de embarque (Barcarena/PA ou São Luís/MA) será selecionado para atender as demandas de exportação deste trabalho.

Nesse sentido, serão estabelecidos alguns passos para atingir objetivo geral: determinar as rotas que serão cotejadas; quantificar os indicadores de transportes; aplicar o método TOPSIS; e obter a rota mais vantajosa.

2.1. Determinação das rotas que serão cotejadas

A seleção do porto de embarque, juntamente com a rota que será adotada, é resultado da análise dos índices operacionais. As rotas cotejadas estão ilustradas na Figura 2.

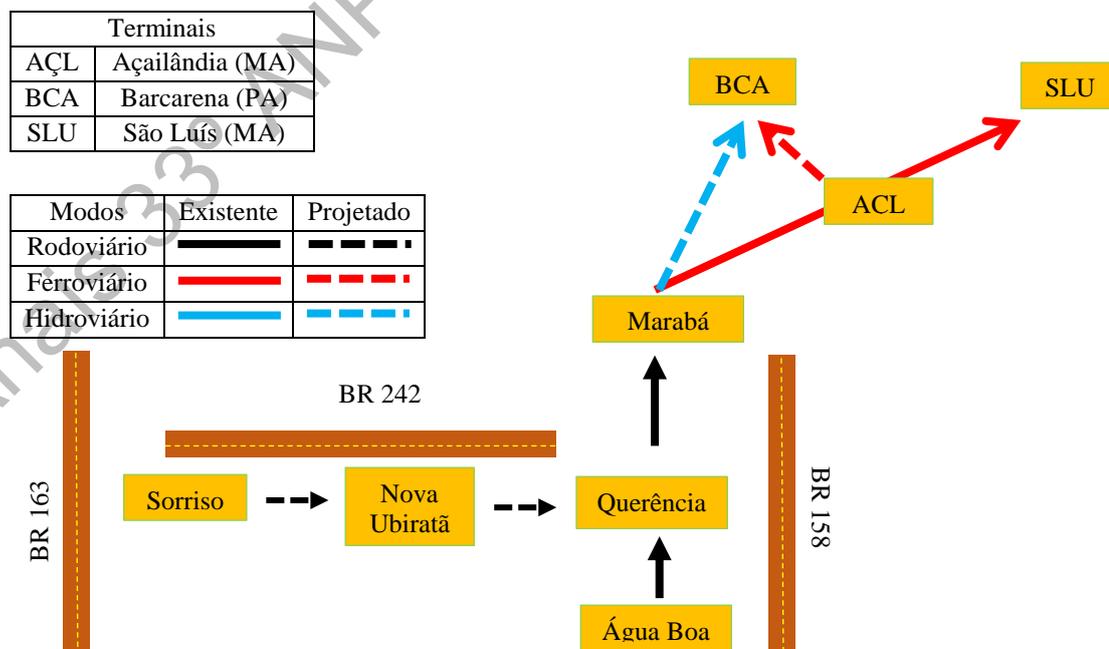


Figura 2: Alternativas de rotas para escoamento dos grãos agrícolas

Foram estudados os centroides Sorriso, Nova Ubiratã, Querência e Água Boa por serem a origem das produções consideradas neste trabalho, uma vez que esses fluxos são atraídos para os portos de Barcarena/PA e São Luís/MA. As rotas feitas pelo corredor da BR-242/MT têm como o pivô do sistema o polo Marabá/PA, que recebe as cargas dos centroides pelo modo rodoviário e segue para os portos com o uso os modos hidroviários e ferroviários. As rotas analisadas são detalhadas adiante.

- Rota 1: Centroides - Marabá/PA - Açailândia/PA – São Luís/MA, pela EFC;
- Rota 2: Centroides - Marabá/PA - Açailândia/PA – Barcarena/PA, pela EFC e FNS; e
- Rota 3: Centroides- Marabá/PA - Barcarena/PA, pela da hidrovia do Rio Tocantins.

Para avançar no método é proposto um cenário prospectivo, no qual se admite que todas as alternativas estejam em plenas condições de uso:

- Rodovias BR-242/MT e BR-158/PA-150 são consideradas pavimentadas;
- Ferrovias abertas para o transporte de granéis agrícolas, a EFC que liga os trechos Marabá a São Luis, e a FNS em operação no trecho Açailândia a Barcarena; e
- Pedral do Lourenço desimpedido e o sistema de eclusas de Tucuruí aberto à navegação.

As extensões de cada trecho estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1: Extensões das rotas, [km].

Via	Trecho	Rodo	Ferro	Hidro
BR-242	Sorriso - Marabá	959	0	0
BR-242	Nova Ubiratã - Marabá	876	0	0
BR-158	Água Boa - Marabá	591	0	0
BR-158/155	Querência - Marabá	419	0	0
EFC	Marabá - São Luís	0	738	0
EFC	Marabá - Açailândia	0	225	0
FNS	Açailândia - Barcarena	0	477	0
Hidrovia Tocantins	Marabá - Barcarena	0	0	495

Fonte: Google Earth (2019)

2.2. Quantificação da produção a ser transportada

A quantificação da produção é dada pela área de influência de cada centroe. Para essa estimativa foram considerados os seguintes produtos: arroz, algodão, milho, soja e cana-de-açúcar. Para Miranda (2012) as relações de beneficiamento da cana-de-açúcar são:

- etanol (14 t de cana/ 1 t de etanol); e
- açúcar (10 t de cana/ 1 t de açúcar).

Considera-se que o centroe Sorriso é composto pelas seguintes cidades: Sorriso, Itanhangá, Sinop, Santa Carmem, Feliz Natal, Lucas do Rio Verde e Tapurah. O centroe Nova Ubiratã possui como cidades integrantes ela mesma. Já o centroe Água Boa tem como membros os municípios: Água Boa, Canarana, Cocalinho, Campinápolis, Nova Xavantina, Novo São Joaquim e Nova Nazaré. E por fim os municípios de Querência, Gaúcha do Norte e Ribeirão Cascalheira integram o centroe Querência. E dessa maneira foram estimadas as produções por centroides (Tabela 2).

Tabela 2: Produção dos centroides, [t]

Centroides	Sorriso	Nova Ubiratã	Água Boa	Querência
Produção	18.567.193	2.781.250	5.607.761	3.118.933

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017)

Embora sejam produzidas 30.075.137 toneladas de grãos agrícolas na área demarcada, nem toda essa quantidade contribui para o fluxo de exportação, pois parte dela é consumida internamente no centroide. Para determinar a quantidade de carga que será transportada, foi estabelecida a primeira hipótese sobre os índices de exportação, isto é, tem de ser descontada a produção consumida no centroide. Assim, de acordo com Miranda (2012), IMEA (2018a), IMEA (2018b), e o IMEA (2018c) as taxas das produções a serem escoadas por produto são:

- açúcar (80%);
- arroz (30%);
- algodão (84%);
- etanol (80%);
- milho (92%); e
- soja (97%).

Uma segunda hipótese foi arbitrada, e diz respeito aos fluxos da produção a escoar dos centroides localizados no eixo da BR-163. São admitidos que metade da produção dos centroides Sorriso e Nova Ubiratã tem como destino os terminais operantes de Miritituba/PA, pelo fato de estarem na BR-163. Desse modo, as estimativas são indicadas pela Tabela 3, e são consideradas as taxas de escoamento de cada produto e a migração de parte da produção dos polos produtores para Miritituba.

Tabela 3: Estimativas de escoamento dos grãos, [t]

Centroides	Hipótese 1	Hipótese 2
Sorriso	17.296.641	8.648.320
Nova Ubiratã	2.596.037	1.298.019
Água Boa	5.359.789	5.359.789
Querência	2.964.113	2.964.113

Foram selecionados os veículos-tipo de cada modo, cujas características operacionais estão destacadas adiante:

- rodoviário: caminhão com a capacidade de 45 t;
- ferroviário: trem com três locomotivas e 120 vagões, capacidade total de 10.800 t;
- hidroviário: o comboio com um empurrado e seis balsas, capacidade total de 9.000 t; e
- marítimo: o navio Panamax com a capacidade de 70.000 t.

2.3. Cálculo dos indicadores de transportes

Para a aplicação do método TOPSIS, é necessária à obtenção dos indicadores de transportes como: momento de transporte; custos de frete, custos de pedágio e de transferência de carga; tempo de ciclo e dimensionamento da frota; número de berços do porto de embarque; e Tonelada Equivalente de Petróleo - TEP.

O momento de transporte – MT é o produto da carga transportada, medida em toneladas, pela distância de transportes, medida em quilômetros, cuja unidade é o t x km, ou TKU, calculado para os percursos em cada modo pela Equação (1):

$$MT = P \times D \quad (1)$$

em que P : produção a ser transportada, [t]; e
 D : distância a ser percorrida, [km].

Os custos que podem ser quantificados dentro do transporte de carga são: frete, transferência de carga e pedágio. Todos eles dependem do momento de transportes ou da quantidade da carga que será transportada. O fator de frete por modo é indicado pela Tabela 4.

Tabela 4: Fator de frete por modo, [R\$ / t.km]

Distâncias (km)	Rodo	Ferro	Hidro
<500	0,2	0,12	0,07
501-1.000	0,18	0,12	0,07
1.000-1.500	0,16	0,12	0,07
>1501	0,14	0,12	0,06

Fonte: Associação dos Produtores de soja e milho do estado de MT - APROSOJA (2018)

Nesse sentido, Miranda (2012) propõe um modelo de cálculo dos Custos de Pedágio - CP (Equação 2), em que as praças têm espaçamento de 100 km, e neste trabalho adotou-se a tarifa média de R\$ 8,40/eixo.

$$CP = \frac{MT \times n^{\circ} \text{eixos} \times R\$8,40}{100km \times \text{carga útil}} \quad (2)$$

em que N° de eixos: número de eixos do veículo adotado, [adimensional]; e

$Carga\ útil$: quantidade útil que o veículo pode movimentar, [t].

O caminhão-tipo teve sua capacidade fixada em 45 toneladas úteis, e esse número representa a média entre as capacidades do bitrem 7 eixos (capacidade de 40 t) e bitrem 9 eixos (50 t), são admitidos que a participação da composição da frota seja aproximadamente equivalente.

Os custos de transferência *intermodos* variam em função da especificidade da operação, do custo do equipamento empregado, da mão de obra empregada, e dos custos das instalações. Foram considerados, nesse trabalho, os custos de transferências por modo estimados por Miranda (2008), são adaptados com o valor com o reajuste linear de 16,76% nas tarifas (Companhia Docas de São Paulo - CODESP, 2018), esses custos são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Tarifas de transferência de modo, [R\$/ t]

Do modo	Para o modo	2018
Rodoviário	Ferroviário	22,16
	Hidroviário	26,49
Ferroviário	Marítimo	26,49
Hidroviário	Marítimo	31,31

Fonte: Adaptado de Miranda (2008), CODESP (2018)

Quanto ao tempo de ciclo do transporte calculado para viagem redonda (ida e volta), medido em horas, foram consideradas todas as operações que integram a viagem redonda, quais sejam: tempo de espera nos armazéns de origem, tempos de carga e descarga nos armazéns e terminais, tempos de percurso de ida e volta, e uma parcela dedicada à conservação rotineira dos veículos rodoviários, composições ferroviárias e comboios e embarcações utilizadas. Os Tempos de Ciclo - TC serão calculados com as seguintes Equações (3), (4) e (5):

$$TC_{rodoviário} = \sum_{i=1}^{n=5} T_i \quad (3)$$

$$TC_{rodoviário} = \sum_{i=1}^{n=7} T_i \quad (4)$$

$$TC_{ferroviário} = \sum_{i=1}^{n=5} T_i \quad (5)$$

em que T_1 : tempo de espera para carga, [h];
 T_2 : tempo de percurso de ida e volta, [h];
 T_3 : tempo de espera para entrar no terminal, [h];
 T_4 : tempo de descarga dos veículos, [h];
 T_5 : tempo de manutenção e revisão dos veículos, [h];
 T_6 : tempo de embarque de carga de retorno, [h]; e
 T_7 : tempo de liberação dos veículos, [h].

O dimensionamento da Frota - F é a quantificação dos veículos que serão necessários para o transporte de carga para cada modo por um ano, e esse valor é dado pela Equação (6).

$$F = \frac{P \times \text{prazo}(\text{dias}) \times \text{prazo}(\text{horas})}{TC \times \text{Capacidade}_{\text{veículo}}} \quad (6)$$

A movimentação de carga se faz em 330 dias corridos (desconta férias coletivas), e o transporte opera por 24 horas ininterruptas. No porto de São Luís o tempo de ciclo de um navio Panamax 70.000 toneladas, ao contabilizar o tempo de início de operação, carga e desatracação do navio, é de 51,4 horas (Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ, 2019). Os mesmos parâmetros serão utilizados para o Porto de Barcarena.

Já o dimensionamento do Número de Berços - NB que o porto deverá ter para atender a demanda, de acordo com os MTPA (2015), é determinado pela Equação (7):

$$NB = \frac{P \times T}{A \times \rho \times L} \quad (7)$$

em que P : produção a ser transportada no período de um ano, [t];
 T : período de tempo da atracação, início/término da operação, desatracação, [h];
 A : tempo de operação do cais no período de um ano, [h];
 ρ : percentual de utilização admissível para o trecho da cais, adotado como 100%; e
 L : quantidade média carregada/descarregada nas embarcações que movimentam uma mercadoria em um trecho de cais, [t].

A Tonelada Equivalente de Petróleo - TEP é definida pelo momento de transporte realizado com o consumo unitário de combustível. O Consumo Específico unitário de cada modo, de acordo com os operadores logísticos são:

- rodoviário: 0,5 l /km;
- ferroviário: 4 l /km; e
- hidroviário: 6 l /km.

Observadas essas condições, o TEP [t.km/l] de cada modo pode ser estimado pela Equação (8):

$$TEP = \frac{MT \times TC}{2 \times D \times F \times T \times Cu} \quad (8)$$

em que T : quantidade de dias no ano que ocorrem as movimentações; e
 Cu : consumo específico unitário, [l/km].

2.4. Aplicação do Método TOPSIS

O método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) introduz o conceito de entropia no estabelecimento dos pesos dos critérios em relação aos desempenhos das alternativas em cada critério, o que pode se constituir em um instrumento bastante útil. O método da entropia leva em consideração os valores obtidos por alternativa em cada critério, e são incorporados maior importância aos critérios nos quais as alternativas consideradas diferem mais significativamente entre elas (RODRIGUES, 1998 *apud* MIRANDA, 2012). Miranda (2012) e Carpinetti e Lima Junior (2015) destacam que as principais etapas do método TOPSIS, que são elencadas em seguida.

Inicialmente, deve-se determinar a matriz de pesos W pela Equação (9) e a obtenção desses valores podem ocorrer por meio de entrevistas com especialistas do assunto que definem quais parâmetros têm mais importância que o outro.

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\} \quad (9)$$

A matriz de peso W , composta por pesos w_j de cada critério C_j e deve satisfazer a Equação (10).

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (10)$$

Em seguida deve-se definir uma matriz de decisão D correspondente ao desempenho das alternativas conforme indicados pelas Equações (11), (12) e (13):

$$A = \{A_1, \dots, A_i, \dots, A_n\} \quad (11)$$

$$C = \{C_1, \dots, C_j, \dots, C_m\} \quad (12)$$

$$D = \{A, C\} = \begin{Bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1m} \\ \vdots & d_{ij} & \vdots \\ d_{n1} & \dots & d_{nm} \end{Bmatrix} \quad (13)$$

em que: A_i , denota as alternativas avaliadas;

C_j , refere-se aos critérios usados para avaliação;

$i=1,2,\dots,n$, indica o número de alternativas; e

$j=1,2,\dots,m$, indica o número de critérios de decisões.

Adiante deve-se normalizar e ponderar a matriz da decisão D , e dividir cada critério pelo maior critério de decisão para cada alternativa, pela seguinte Equação (14).

$$n_{ij} = \frac{w_j * d_{ij}}{d_i^+} \quad (14)$$

É considerado que d_i^+ representa o maior desempenho de cada alternativa, e os elementos da matriz normalizada são definidos pela Equação (15).

$$N = \{n_{ij}\} \quad (15)$$

Tem de se determinar em seguida a situação ideal positiva (*Positive Ideal Solution*, PIS, A^+) e a solução ideal negativa (*Negative Ideal Solution*, NIS, A^-): os melhores e os piores valores são selecionados de cada coluna, para identificar as soluções ideais positivas e negativas são encontrados nas seguintes Equações (16) e (17).

$$A^+ = \{MAX_j(n_{ij}) \mid j = 1, 2, \dots, m\} = \{n_1^+, \dots, n_j^+, \dots, n_m^+\} \quad (16)$$

$$A^- = \{ \text{MIN}_j(n_{ij}) \mid j = 1, 2, \dots, m \} = \{ n_1^-, \dots, n_j^-, \dots, n_m^- \} \quad (17)$$

E logo após calcular o coeficiente de aproximação (*closeness coeficiente*, CC_i) de acordo com a Equação (18), que corresponde ao desempenho global (ou à pontuação final) da alternativa i .

$$CC_i = \frac{A_i^-}{(A_i^+ + A_i^-)} \quad (18)$$

Por último, deve-se classificar as alternativas em ordem decrescente segundo os valores do coeficiente de aproximação. As melhores alternativas são aquelas cujo desempenho global é mais próximo do valor 1,00.

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 6 apresenta o resultado dos indicadores de transportes de cada rota estudada.

Tabela 6: Índices de transportes

Rotas estudadas	TKU rodo	TKU ferro	TKU hidro	Custo Pedágio	Custo Frete	Custo Transferência	TEP	Tempo Ciclo
Unidades	[t.km]	[t.km]	[t.km]	[R\$]	[R\$]	[R\$]	[t.km/l]	[h]
Ferrovia EFC	1,34E+10	1,35E+10	0,00E+00	2,01E+08	4,08E+09	8,89E+08	1.080	232
Ferrovia EFC/FNS	1,34E+10	1,26E+10	0,00E+00	2,01E+08	3,98E+09	8,89E+08	1.080	230
Hidrovia Tocantins	1,34E+10	0,00E+00	9,04E+09	2,01E+08	3,01E+09	1,06E+09	1.305	267

A movimentação dos produtos agrícolas produzidos nos centroides se faz pelos corredores logísticos, com destinos o porto de Barcarena e São Luís, compondo-se de um sistema de transporte integrado, com o uso dos modos rodoviários, ferroviários e hidroviários.

A macrorregião do Médio-Norte do Mato Grosso é a maior representante da área de influência estudada, com as cidades de Sorriso, Nova Ubiratã e entre outras, considerada a região mais produtiva do estado, seguida pelo Nordeste, que abrange a cidade de Querência, por exemplo. Desse modo, são imprescindíveis os investimentos em corredores logísticos eficientes que tornem possível o escoamento desses produtos.

O maior valor do momento de transporte é determinado pelo cenário representado pela EFC, pelo modo ferroviário, por dispor de dois fatores diretamente proporcionais ao crescimento deste indicador, a maior distância até os portos de destino e o maior volume da carga.

Os índices que dependem diretamente do momento de transporte são os custos de frete, e pedágio, pois, se o momento de transporte apresenta um valor alto, os outros índices vinculados a ele também recebem essa elevação, como a distância percorrida no valor do pedágio, e a quantidade a ser transportada no valor da transferência de carga.

O custo de transporte que é a reunião dos custos de frete, pedágio e de transferência, possui valores elevados à medida em que são movimentadas altas quantidades de mercadoria, e para diminuir esses custos deve-se realizar a otimização da distância, aumentar a capacidade de transporte do veículo e explorar taxas de transferência de cargas atrativas. Apesar de a hidrovia apresentar vantagem no custo de transporte, ao avaliar o tempo que cada veículo demorará para chegar ao porto e quantidade de veículos necessários para realizar o transporte, constata-se que essa modalidade não apresenta resultados melhores ao comparar com o modo ferroviário.

O modo ferroviário conta com índices de tempo menores, influenciado, por exemplo, pelo valor da velocidade de cada veículo, em que enquanto a composição ferroviária alcança 50 km/h, os comboios atingem a velocidade de 12 km/h. Devido a este fato as rotas que usam o modo ferroviário apresentam índices mais competitivos, com números inferiores de veículos e menores tempo de ciclo.

Além da avaliação das rotas que devem ser tomadas, em relação ao escolher o modo hidroviário e ferroviário, deve-se analisar a estrutura do porto que deverá receber o montante da carga proveniente de todos os centroides. Conforme indicam os cálculos, o porto de destino deve possuir dois berços para receber a carga movimentada. Ambos os portos estudados apresentam a capacidade para essa movimentação da carga quantificada.

A Tonelada Equivalente de Petróleo – TEP é mensurada para encontrar a melhor rota em que se gaste a menor quantidade de combustível, e como resultado final foi obtido que todas as rotas que utilizam a combinação entre o modo rodoviário e ferroviário apresentam os melhores desempenhos.

Diante as avaliações dos indicadores utilizados neste trabalho, são apresentadas no Quadro 3 os melhores cenários para o transporte de carga pelo corredor da BR-242/MT.

Quadro 3: Melhores cenários para o transporte de carga pelo corredor da BR-242/MT

Indicadores	Melhores cenários
Momento de transporte	Rodoviário com hidroviário
Custo de frete	Rodoviário com hidroviário
Custo de pedágio	Indiferente
Custo de transferência	Rodoviário com ferroviário
Tempo de ciclo	Rodoviário com ferroviário
Frota	Rodoviário com ferroviário
Número de berços	Indiferente
TEP	Rodoviário com ferroviário

Para determinação dos pesos dos critérios, foi realizada uma consulta por meio de entrevistas com operadores logísticos, e foram obtidos os pesos de importância, ilustrado pela Figura 3.

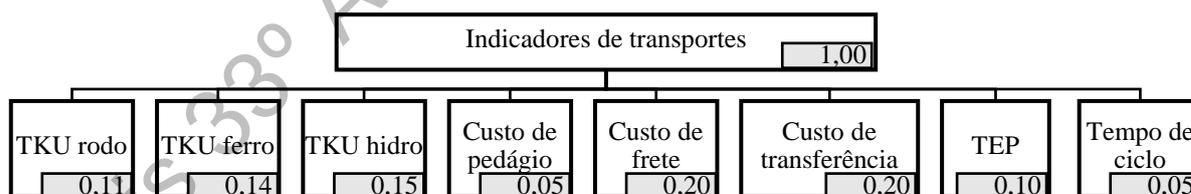


Figura 3: Pesos dos indicadores de transportes

A partir dos pesos de importância (Figura 3) e os resultados dos indicadores de transporte de cada alternativa (Tabela 6), foi possível encontrar qual rota possui vantagens sobre a outra, conforme indicado pela Tabela 7, em que a melhor rota possui o maior valor de CC.

Tabela 7: Matriz de prioridade

Rotas	CC	Ordem
1	0,479	2
2	0,442	3
3	0,522	1

A aplicação do método descrito resultou nas melhores composições multimodais:

- 1º melhor rota: uso da Hidrovia Tocantins, com destino do Porto de Barcarena/PA;
- 2º melhor rota: uso da Ferrovia EFC, com destino do Porto de São Luís/MA; e
- 3º melhor rota: uso da Ferrovia EFC/FNS, com destino do Porto de Barcarena/PA.

A rota que contempla a otimização desses índices é a que combina os modos rodoviário e hidroviário de modo que tenham como destino o Porto de Barcarena/PA, que compreende o destino mais favorável para o transporte daquela carga inicialmente dimensionada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, os maiores destinos dos graneis agrícolas do estado de Mato Grosso são os portos do sudeste brasileiro e a associação da rodovia BR-242 com a BR-158 viabiliza-se a formação de novos corredores de exportação de carga proveniente do Mato Grosso, o que integraliza o Estado com os portos do Arco Norte. Dessa forma, são constituídas novas rotas e, com isso, ocorre maior competitividade dos preços de transportes.

Dessa maneira, a junção do modo rodoviário com o hidroviário provoca maior otimização do momento de transporte, ou seja, proporciona o transporte de grande volume de carga a pequenas distâncias rodoviárias, e como o valor do custo de frete e de pedágio são diretamente influenciados por este fator, essa união dos modos promove os melhores custos de transporte. Destaca-se, também, a terceira rota de exportação, que utiliza a hidrovia do Rio Tocantins e tem como destino o porto de Barcarena/PA com os melhores parâmetros.

Por outro lado, a combinação entre a modalidade rodoviária com a ferroviária potencializará o tempo que os veículos demoram para movimentar a carga, e do número de veículos necessários. Em outras palavras, os valores do tempo de ciclo para a carga com perfil ferroviário são menores, e, conseqüentemente, o número de veículos da frota também é reduzido.

Já, o TEP indica a grande vantagem ao optar pela combinação entre o modo rodoviário e ferroviário, sobretudo maior vantagem ao adotar as rotas com os menores momentos de transportes.

Para determinar qual rota é mais vantajosa, foram aplicados os pesos de cada parâmetro indicado pelos operadores logísticos, deste modo foram obtidas que o modo hidroviário possui a maior competitividade em relação aos demais, com o destino o porto de Barcarena/PA.

A partir das conclusões constatadas, são propostas algumas sugestões. A mais significativa diz respeito ao desenvolvimento da integração do modo rodoviário com o hidroviário ou ferroviário, pois o perfil da carga a ser transportada apresenta baixo valor agregado, prática não usual no Brasil, já que o uso do transporte rodoviário é em larga escala. Para isso, é necessária a realização de estudos para obter e tratar os índices operacionais dos transportes ferroviários e hidroviários, devido à grande dificuldade de obtenção dos mesmos.

Diante das sugestões expostas, é enfatizada, novamente, a implementação de um sistema multimodal eficiente de modo que sejam otimizados os lucros, reconhecidos o potencial da produção dos graneis agrícolas das macrorregiões do médio norte e nordeste mato-grossense e sejam investidos em melhorias nas infraestruturas rodoviárias, ferroviárias, hidroviárias e portuárias de modo que atendam a capacidade produtiva do local estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ (2019). Anuário. Disponível em:<<http://web.antaq.gov.br/Anuario/>>. Acesso em: março, 2019. Brasília.
- Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso – APROSOJA (2018). Apresentação Road Show - EVTEA Teles Pires Tapajós.
- Carpinetti, L. C. R., Lima Junior, F. R. (2015). Comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. Gest. Prod., São Carlos, v.22, n. 1, p. 17-34, 2015.
- Companhia Docas de São Paulo – CODESP (2018). Resolução DIPRE nº 90.2018, de 13 de junho de 2018. Estabelece reajuste linear para os valores das Tabelas I, II e V da tarifa do Porto de Santos. Santos, 2018.
- Confederação Nacional da Agricultura E Pecuária- CNA (2017). Infraestrutura e logística: Desafios para o escoamento dos produtos agropecuários. Disponível em:<http://54.172.84.177/wp-content/uploads/2017/10/INFRAESTRUTURALOGI%CC%81STICA-DESAFIOS-PARA-O-ESCOAMENTO-DOS-PRODUTOSAGROPECUA%CC%81RIOS_final.pdf>. Acesso em: setembro, 2019. Brasília.
- Confederação Nacional do Transporte – CNT (2019). O transporte move o Brasil – Resumo das propostas da CNT ao país. Disponível em:<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewj-3Py_usnkAhWYHbkGHbx8CO4QFjABegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fcms.cnt.org.br%2FImagens%2520CNT%2FPDFs%2520CNT%2FPropostas%2520aos%2520Candidatos%2FDocumento_final_integra.pdf&usq=AOvVaw2I4eiQ_ubTfijHV-QYfxrh>. Acesso em: setembro, 2019. Brasília.
- Google Earth – MAPAS. Consulta realizada em 05/04/2019.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017). Produção Agrícola Municipal – Tabela 6.12. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=22566&t=resultados>>. Acesso em: janeiro, 2019. Rio de Janeiro.
- Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária – IMEA (2018a). Algodão em pluma: Estimativa de comercialização safra 17/18 (28/12/2018). Disponível em:<<http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=3&s=6>>. Acesso em: janeiro, 2019. Cuiabá.
- Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária – IMEA (2018b). Milho: Estimativa de comercialização safra 17/18 (28/12/2018). Disponível em:<<http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=3&s=6>>. Acesso em: janeiro, 2019. Cuiabá.
- Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária – IMEA (2018c). Soja: Estimativa de comercialização safra 17/18 (28/12/2018). Disponível em:<<http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=4&s=6>>. Acesso em: janeiro, 2019. Cuiabá.
- Ministérios dos Transportes, Portos e Aviação Civil – MTPA (2017). Corredores Logísticos Estratégicos: Volume I – Complexo de Soja e Milho. Disponível em:<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/pesquisas/relatorio_corredores_logisticos_volumei_versaoi_soja_milho_0.20792800%201514918415.pdf>. Acesso em: setembro, 2019.
- Ministérios dos Transportes, Portos e Aviação Civil – MTPA (2015). Plano mestre: Porto de Itaquí. Disponível em:<<http://www.portodoitaqui.ma.gov.br/pdf/plano-mestre-porto%20do-itaqui.pdf>>. Acesso em: maio, 2018. Brasília.
- Miranda, L. M. (2000). O estudo das operações e o ambiente dos operadores de transportes nos corredores de desenvolvimento da Amazônia brasileira. Dissertação (Mestrado) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Rio de Janeiro.
- Miranda, L. M. (2008). O transporte na hidrovia Araguaia-Tocantins. Agência Nacional de Águas. Brasília.
- MIRANDA, L. M. (2012). Sistemas de Transportes e Intermodalidade: Corredores de transportes em Mato Grosso. EdUFMT, Cuiabá.