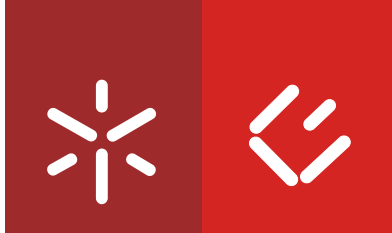


**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão

Nelson Gonzaga Luís de Almeida

**Transporte de combustível refinado em  
África: caso de Angola**



**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão

Nelson Gonzaga Luís de Almeida

**Transporte de combustível refinado em  
África: caso de Angola**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Negócios Internacionais

Trabalho realizado sob a orientação do  
**Doutor José António Almeida Crispim**

Nome: Nelson Gonzaga Luís de Almeida

Endereço eletrónico: nelsonzaga@hotmail.com

Telefone: 969666056

Número do Bilhete de Identidade: 31031611

Título de dissertação: Transporte de combustível refinado em África: caso de Angola

Orientador: Doutor José António Almeida Crispim

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado em Negócios Internacionais

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 07/12/2013

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **EPIGRAFE**

“Deus não escolhe os capacitados capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo só depende de nossa vontade e perseverança”.

Albert Einstein.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação aos meus pais, António Macongo de Almeida e Maria de Lourdes Biala Luís de Almeida pelo apoio incondicional emprestado ao longo desses anos de sacrifício financeiro para a minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Neste espaço reservado aos agradecimentos, eu gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus por tudo que tem feito na minha vida, pois, sem Ele nada disso seria possível.

Ao meu orientador Dr. José António Almeida Crispim, fica aqui o meu especial reconhecimento por ter aceitado o convite de orientar a minha dissertação e pela disponibilidade que demonstrou sempre e quando houvesse dúvidas durante os trabalhos de pesquisa. Bem-haja.

Agradeço o apoio direto e indireto dos meus irmãos, colegas e amigos, em especial a Lúcia Deize Passadas Capitine e Allen Cláudio das Neves Rebelo, pela ajuda e contribuição de ideias que revelaram ser de tamanha importância na feitura desta dissertação.

Os meus agradecimentos estendem-se também à SONANGOL e CFB pela cedência de dados cuja relevância determinou a execução do tema a que me propus defender.

Por último e não menos importante, gostaria de agradecer a Universidade do Minho, em particular ao corpo docente da Escola de Economia e Gestão, pela oportunidade de aprendizagem e desenvolvimento de competências transversais no domínio do mestrado em Negócios Internacionais.

## RESUMO

O transporte rodoviário serve de elo entre a região litoral e o planalto central de Angola, no que se refere o transporte de produtos petrolíferos. Além deste modo, o transporte ferroviário tornou-se numa realidade após a reabilitação do caminho-de-ferro de Benguela.

Hoje em dia, os produtos petrolíferos são transportados por via marítima até a província de Benguela, sendo posteriormente transportados à província do Huambo, por via rodoviária. O transporte rodoviário acarreta enormes custos à SONANGOL por causa da grande distância entre essas duas localidades. Por se tratar de produtos perigosos, o transporte por estrada representa um potencial risco à saúde de pessoas, segurança pública e ambiente, visto que o país apresenta uma das mais elevadas taxas de sinistralidade rodoviária do mundo.

O objetivo geral do trabalho visava analisar o desempenho do modo rodoviário, ferroviário e hipoteticamente o dutoviário, no que tange o transporte de gasóleo a partir do município de Lobito (Benguela) até ao município do Huambo (Huambo), sob ponto de vista económico e socioambiental, sendo este o caso de estudo. Para o efeito, os métodos multicritério de auxílio à tomada de decisão, TOPSIS e GRA, foram utilizados como instrumentos para o estabelecimento de uma ordem hierárquica entre as alternativas de transporte, visando auxiliar os agentes de decisão no processo de escolha modal.

Os resultados confirmam que o transporte rodoviário não é a melhor alternativa para o transporte de gasóleo numa perspetiva de curto e longo prazo, sendo no entanto o transporte ferroviário aquele que apresenta melhores resultados, isto, no cenário atual. Contudo, num cenário hipotético ou de longo prazo, o modo dutoviário possui o melhor desempenho em comparação com os modos rodoviário e ferroviário, sob ponto de vista económico e socioambiental.

**Palavras-Chave:** Modos de transporte; custos; segurança; hierarquização; gasóleo; e tomada de decisão.

## **ABSTRACT**

Road transport serves as a link between the coastal region and the central plateau of Angola, regarding the transport of petroleum products. In addition to this mode of transport, rail is now available after the rehabilitation of Benguela's railroad.

Nowadays, petroleum products are transported by sea to the province of Benguela, where they are transported to Huambo province by road. Road transport carries enormous costs to SONANGOL because of the great distance between these two locations. Since those are hazardous materials, road transport represents a potential risk to human health, public safety and the environment because the country's traffic-related death rates are among the highest in the world.

The overall objective of this work was to analyze the performance of road and rail modes as well as the hypothesis of pipeline transport in relation to the shipment of diesel from Lobito municipality, (Benguela) to Huambo municipality (Huambo), from an economic and socio-environmental standpoint, this being the case study. To this end, multi-criteria decision making methods such as TOPSIS and GRA were used as tools in order to establish a ranking order among the transport alternatives, with the goal of helping decision makers in the process of modal choice.

The results confirm that road transport is not the best alternative for the transfer of diesel whether in a short or long-term perspective. Railroad is the transport mode that presents better results in the current scenario. However, in a hypothetical scenario or long-term scenario, pipeline transport shows the best performance *vis-à-vis* road and rail modes, from an economic and socio-environmental standpoint.

**Keywords:** Transport modes; costs; safety; ranking; diesel; and decision-making.



## **ABREVIATURAS**

**CFB** – Caminho-de-ferro de Benguela

**CFL** – Caminho-de-ferro de Luanda

**CFM** – Caminho-de-ferro de Moçâmedes

**CUTR** – *Center for Urban Transportation Research*

**EUA** – Estados Unidos de América

**GRA** – *Grey Relational Analysis*

**INEA** – Instituto Nacional de Estradas de Angola

**NRC** – *Natural Resources Canada*

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**SONANGOL** – Sociedade Nacional de Combustíveis de Angola

**TOPSIS** – *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*

**US EIA** – *United States Energy Information Administration*

## ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	VIII
ÍNDICE .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XII
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	2
CAPÍTULO II - PROBLEMÁTICA.....	4
2. PROBLEMÁTICA.....	5
2.1. Objetivos gerais e específicos.....	6
2.2. Pressupostos.....	6
2.3. Relevância do estudo.....	7
2.4. Hipóteses.....	7
2.5. Estrutura da pesquisa.....	8
CAPÍTULO III - CARATERÍSTICA DOS MODOS DE TRANSPORTE.....	9
3. CARATERÍSTICA DOS MODOS DE TRANSPORTE.....	10
3.1. Transporte rodoviário .....	10
3.2. Transporte ferroviário.....	12
3.3. Transporte hidroviário .....	13
3.4. Transporte dutoviário .....	14
3.5. Vantagem comparativa dos modos de transporte.....	16
3.6. Transporte intermodal .....	16
CAPÍTULO IV - INFRAESTRUTURAS DA REGIÃO EM ESTUDO.....	18

4.	INFRAESTRUTURAS DA REGIÃO EM ESTUDO .....	19
4.1.	Rodovias .....	19
4.2.	Ferrovias .....	20
4.2.1.	Caminho-de-ferro de Benguela .....	20
CAPÍTULO V - TEORIA DA DECISÃO .....		21
5.	TEORIA DA DECISÃO .....	22
5.1.	Alternativas .....	23
5.2.	Critérios .....	24
5.2.1.	Custo .....	25
5.2.2.	Tempo .....	26
5.2.3.	Confiabilidade .....	26
5.2.4.	Capacidade .....	26
5.2.5.	Segurança .....	26
5.2.6.	Consumo de energia.....	26
5.2.7.	Emissão de gases de efeito estufa.....	27
5.2.8.	Poluição sonora .....	27
5.3.	Peso.....	27
5.4.	Matriz de decisão.....	28
5.5.	Avaliação .....	29
5.5.1.	Ponto de vista do avaliador .....	30
5.5.1.1.	Expedidor e destinatário.....	31
5.5.1.2.	Transportadora.....	31
5.5.1.3.	Governo.....	31
5.5.1.4.	Sociedade .....	31
5.5.1.5.	Internet .....	31
5.5.2.	Abrangência da análise .....	32
5.5.3.	Escopo da análise.....	32

5.5.4.	Elementos da avaliação do desempenho do transporte.....	32
5.5.4.1.	Perspetiva .....	33
5.5.4.2.	Indicador .....	33
5.5.4.3.	Medida .....	33
5.5.4.4.	Método de avaliação .....	35
CAPÍTULO VI - METODOLOGIA.....		40
6.	METODOLOGIA .....	41
6.1.	Amostra .....	41
6.2.	Instrumento/Entrevista .....	41
6.3.	Procedimento e tratamento de dados.....	42
CAPÍTULO VII - ESTUDO DE CASO .....		44
7.	ESTUDO DE CASO .....	45
CAPÍTULO VIII - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		46
8.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
8.1.	Análise dos resultados do programa TOPSIS.....	47
8.1.1.	Cenário atual – TOPSIS.....	47
8.1.1.1.	Análise de sensibilidade do cenário atual – TOPSIS.....	48
8.1.2.	Cenário hipotético – TOPSIS .....	50
8.1.2.1.	Análise de sensibilidade do cenário hipotético – TOPSIS.....	51
8.2.	Análise dos resultados do método GRA.....	53
8.2.1.	Cenário atual – GRA.....	53
8.2.1.1.	Análise de sensibilidade do cenário atual – GRA .....	55
8.2.2.	Cenário hipotético – GRA.....	57
8.2.2.1.	Análise de sensibilidade do cenário hipotético – GRA .....	58
8.2.2.2.	Comparação de resultados entre TOPSIS e GRA .....	60

CAPÍTULO IX - CONCLUSÃO.....	62
9. CONCLUSÃO.....	63
9.1. Considerações finais.....	63
9.2. Limitações e recomendações .....	64
CAPÍTULO X - REFERÊNCIAS .....	65
10. REFERÊNCIAS.....	66
ANEXO.....	XV
ANEXO I: Mapa Administrativo da República de Angola (província do Huambo).....	- 1 -
ANEXO II: Principal via rodoviária entre Lobito e Huambo. ....	- 2 -

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases do processo de tomada de decisão.....	23
Figura 2: Relação entre as partes envolvidas no transporte. ....	30
Figura 3: Elementos conceituais da avaliação de desempenho do transporte.....	33

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Rede de estradas de Benguela e Huambo.....	19
Gráfico 2: Hierarquização das alternativas (cenário atual) – TOPSIS .....	48
Gráfico 3: Sensibilidade das alternativas com variação de pesos (cenário atual) – TOPSIS	50
Gráfico 4: Hierarquização do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – TOPSIS	51

Gráfico 5: Sensibilidade das alternativas com variação de pesos (cenário hipotético) – TOPSIS .....	52
Gráfico 6: Hierarquização do desempenho das alternativas (cenário atual) – GRA .....	54
Gráfico 7: Sensibilidade do desempenho das alternativas (cenário atual) – GRA .....	56
Gráfico 8: Hierarquização do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – GRA ...	58
Gráfico 9: Sensibilidade do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – GRA .....	59
Gráfico 10: Sensibilidade do desempenho das alternativas TOPSIS e GRA - Comparação	
61	

### **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1: Característica operacional dos modos de transporte .....	16
Tabela 2: Distância entre o ponto de origem e o ponto de destino .....	20
Tabela 3: Alternativas modais e meios de transporte .....	23
Tabela 4: Alguns dos critérios mais citados pela literatura.....	24
Tabela 4: Alguns dos critérios mais citados pela literatura (cont.).....	25
Tabela 5: Peso dos critérios de avaliação do desempenho.....	28
Tabela 6: Matriz de decisão.....	28
Tabela 7: Perspetivas, critérios, indicadores e medidas geralmente aplicados no serviço de transporte.....	34
Tabela 8: Indicadores e medidas de desempenho escolhidos.....	35
Tabela 9: Vantagens e desvantagens do TOPSIS e GRA .....	39
Tabela 10: Descrição dos critérios em avaliação.....	42
Tabela 11: Respostas recolhidas da entrevista .....	43
Tabela 12: Coeficiente de proximidade das alternativas (cenário atual) – TOPSIS.....	47

Tabela 13: Perfil dos pesos para análise de sensibilidade – TOPSIS .....	48
Tabela 13: Perfil dos pesos para análise de sensibilidade – TOPSIS (cont.) .....	49
Tabela 14: Resultados dos coeficientes de proximidade com a variação dos pesos (cenário atual) – TOPSIS .....	49
Tabela 15: Resultado do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – TOPSIS .....	50
Tabela 16: Coeficientes de proximidade com a variação dos pesos (cenário hipotético) – TOPSIS .....	51
Tabela 16: Coeficientes de proximidade com a variação dos pesos (cenário hipotético) – TOPSIS (cont.) .....	52
Tabela 17: Matriz de séries normalizadas conforme as equações 1 e 2 (cenário atual) .....	53
Tabela 18: Matriz de diferenças da série padrão (cenário atual) – GRA .....	53
Tabela 19: Coeficiente relacional grey (cenário atual) – GRA .....	54
Tabela 20: Graus de relacionamento grey (cenário atual) – GRA .....	54
Tabela 21: Perfil de pesos para análise de sensibilidade – GRA .....	55
Tabela 22: Resultados da análise de sensibilidade (cenário atual) – GRA .....	56
Tabela 23: Matriz de séries normalizadas conforme as equações 1 e 2 (cenário hipotético) – GRA .....	57
Tabela 24: Matriz de diferenças da série padrão (cenário hipotético) – GRA .....	57
Tabela 25: Coeficiente relacional grey (cenário hipotético) – GRA .....	57
Tabela 26: Graus de relacionamento grey (cenário hipotético) – GRA .....	58
Tabela 27: Resultados da análise de sensibilidade (cenário hipotético) – GRA .....	59
Tabela 28: Comparação dos resultados (cenário atual) .....	60
Tabela 29: Comparação dos resultados (cenário hipotético) .....	60

## **CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO**



## 1. INTRODUÇÃO

O transporte representa uma das mais importantes atividades humanas por ser um elemento fundamental da economia, e desempenhar um papel importante nas relações espaciais entre regiões (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006).

Hoje em dia, uma ampla gama de alternativas de transporte está disponível para auxiliar a logística de produtos e matéria-prima (Bowersox, Closs e Cooper, 2002). As alternativas de transporte podem ser classificadas em cinco modais básicos: rodoviário, ferroviário, hidroviário, dutoviário e aeroviário (Bowersox, Closs e Cooper, 2002; Ballou, 2004; Long, 2004). Estes modos de transporte podem ser usados em combinação ou em exclusivo. A partir dessas opções, os expedidores podem selecionar o serviço ou combinação de serviços que lhes proporcione mais qualidade e menos custos (Ballou, 2004).

Nos últimos anos tem surgido questões sobre a avaliação do *trade-off* entre os modos. Uma vez que existem várias alternativas de transporte de passageiros e mercadorias, cada uma com sua própria estrutura de custos, requisitos infraestruturais e mecanismos de financiamento, a escolha modal é mais difícil. Além disso, a procura de um serviço de transporte confiável, económico e atempado, tem tido implicações significativas no momento da seleção do modo de transporte (CUTR, 2000). A este respeito, a literatura mostra que os critérios qualitativos e quantitativos como o custo, prazo de entrega, confiabilidade, segurança, disponibilidade de infraestrutura e outros, são tidos em conta na hora de tomada de decisão sobre a escolha modal (Blauwens, Vandaele, Voorde, Vernimmen e Witlox, 2006).

Segundo Tuzkaya e Önut (2008) cada critério apresenta características próprias que auxiliam na avaliação dos diferentes modos de transporte. Identificar esses critérios de avaliação qualitativa e quantitativa, definir seus efeitos inter-relacionados, avaliar sua importância e escolher um modo de transporte específico, requer uma tomada de decisão multicritério bem delineada.

Na indústria petrolífera, o transporte tem custado anualmente milhares de milhões de dólares por causa do grande volume de produtos petrolíferos e das longas distâncias (MirHassani e Ghorbanalizadeh, 2008).

A separação geográfica entre refinarias e mercados consumidores tem incentivado as refinarias de produtos petrolíferos a utilizar diferentes modos de transporte (NRC,

2009). O transporte de grande quantidade de produtos petrolíferos envolve um sistema logístico complexo, visto que a mesma pode ser transportada por via rodoviária, ferroviária, hidroviária e dutoviária (Smith e Moses, 1996; Rejowski Jr., e Pinto, 2003). Cada modo possui características diferentes, e qualquer um deles pode ser considerado o melhor, dependendo das circunstâncias, localização, distância, tipo e valor do frete, entre outras coisas (Tuzkaya e Önüt, 2008).

A promoção de economias de escala tem incentivado as refinarias a celebrar contratos de intercâmbio de produtos entre si. Os intercâmbios ocorrem quando uma refinaria fornece produtos específicos à outra num determinado local, em troca de produtos similares em qualidade e volume, noutra local. Assim, essas trocas de produtos atenuam a necessidade de transporte de longa distância, reduzindo consideravelmente os custos de transporte e exposição ambiental. Por conseguinte, tornou-se vulgar uma refinaria comprar um produto fabricado por outra concorrente (NRC, 2009). Todavia, NRC (2009) salienta que em caso de impossibilidade de troca de produtos, as refinarias optam por outras soluções, a fim de abastecerem os terminais de distribuição e redes retalhistas. Nessa situação, NRC (2009) esclarece que o método preferido para o transporte de produtos petrolíferos depende de fatores como a geografia da região, o volume dos produtos exigidos em cada mercado e os custos inerentes ao transporte.

O objetivo principal da otimização da logística de transporte passa pela manutenção e estabilização do mercado através da rapidez na resposta ao mercado e aumento da precisão da operação, fazendo com que o transporte de produtos petrolíferos satisfaça a procura do mercado consumidor (Yongtu, Ming e Ni, 2012).

O desfasamento entre procura e oferta de combustível dentro de um determinado intervalo de tempo tem a capacidade de perturbar a segurança de um mercado de combustíveis. Esse problema pode prejudicar a maximização dos benefícios económicos e afetar a vida duma comunidade local, podendo facilmente resvalar-se numa instabilidade social. Portanto, melhores benefícios socioeconómicos são verificados caso a oferta de combustível esteja dentro do intervalo de tempo da sua procura (Yongtu, Ming e Ni, 2012). A observância desse pressuposto é particularmente difícil em países em vias de desenvolvimento, pois, segundo MirHassani (2008) nesses países existem gargalos nas principais infraestruturas que suportam o transporte rodoviário, ferroviário e dutoviário.

## **CAPÍTULO II - PROBLEMÁTICA**

## 2. PROBLEMÁTICA

O transporte de produtos para pontos geograficamente separados é uma tarefa bastante complexa, e a sua eficiência pode gerar enormes poupanças no que diz respeito aos custos de operação. Atualmente, o transporte de produtos petrolíferos para região do planalto central de Angola realiza-se exclusivamente pela via rodoviária.

As características dos produtos petrolíferos distinguem-nos de outros tipos de carga, pois, são considerados produtos perigosos. Um produto perigoso é qualquer substância que, dada as suas características físicas e químicas, pode representar um risco ao ambiente, saúde e segurança pública, de acordo com os critérios de classificação da ONU<sup>1</sup>. Os riscos aumentam quando esses produtos têm de ser transportados por longas distâncias.

Segundo Rodrigue, Comtois e Slack (2006) os acidentes são geralmente proporcionais à intensidade da utilização das infraestruturas de transporte. Ora, tendo em consideração que o transporte de gasóleo é efetuado exclusivamente por modo rodoviário, e sendo Angola um dos países com taxas de sinistralidade rodoviária muito altas, essa atividade acarreta grandes riscos à vida humana e ao ambiente. Ademais, a falta de regulamentação sobre o transporte de produtos perigosos tem contribuído para o aumento desse risco.

Com a reabilitação do caminho-de-ferro de Benguela, após vários anos de inoperabilidade, o transporte por via ferroviária tornou-se numa alternativa para o escoamento de produtos. Porém, apesar de a linha férrea encontrar-se operacional no troço Lobito – Huambo, a expedição de combustível refinado por esse modo não é efetuada.

Tendo em conta ao acima exposto, e perante dois cenários;

- Cenário real/atuais: alternativa rodoviária e ferroviária.
- Cenário hipotético/futuro: alternativa rodoviária, ferroviária e dutoviária.

Qual é o modo de transporte que acarreta menos custos operacionais e maior segurança no transporte de gasóleo para a província do Huambo dentro de um intervalo de tempo de 4 dias?

---

<sup>1</sup> Organização das Nações Unidas

## **2.1. Objetivos gerais e específicos**

O objetivo geral deste trabalho passa pela abordagem do processo de transporte de combustível refinado (gasóleo) para a região do planalto central de Angola. Para o efeito, tornou-se importante abordar a literatura no que se refere as características dos modos de transporte, bem como os critérios económicos e socioambientais como o custo, confiabilidade, tempo, capacidade, segurança, consumo de energia, emissão de gases de efeito estufa e poluição sonora que auxiliarão na hierarquização do modo rodoviário, ferroviário, e num cenário hipotético, o modo dutoviário, por meio da avaliação do desempenho dessas alternativas, utilizando métodos multicritério de auxílio à tomada de decisão.

Os objetivos específicos são:

- Reduzir os custos económicos da operação de transporte;
- Garantir maior consistência no prazo de entrega do produto;
- Entrega do produto dentro de 4 dias;
- Promover um transporte mais amigável ao ambiente;
- Reduzir o tráfego rodoviário;
- Reduzir o risco de acidentes durante a operação do transporte;

## **2.2. Pressupostos**

- Capacidade nominal do terminal de distribuição de combustível (7113 m<sup>3</sup> de gasóleo) na província do Huambo.
- Capacidade máxima de carga do camião-cisterna 30 m<sup>3</sup>.
- Velocidade média do camião-cisterna 27 km/h.
- 1 Comboio constituído por 72 vagões-cisterna de gasóleo, com uma capacidade de 100 m<sup>3</sup> por cisterna.
- Velocidade média do comboio 31 km/h.
- Horário do serviço do comboio (17h00 – 7h00 da manhã).
- Velocidade média do transporte por oleoduto 5 km/h.

### **2.3. Relevância do estudo**

A avaliação do desempenho é importante na gestão do transporte de produtos petrolíferos, pois, este tipo de transporte pode causar impactos económicos e ambientais significativos.

O transporte de produtos petrolíferos tem vindo a crescer nos últimos anos em Angola. Porém, essa atividade tem acarretado enormes custos ao Estado angolano, e tem apresentado um considerável risco à vida das pessoas e ambiente.

Este tema é de grande utilidade para o governo e a sociedade angolana porque visa sugerir melhorias no modo atual de transporte, apresentando alternativas que possam reduzir os custos de transporte e aumentar o nível de segurança durante a operação, uma vez que o país apresenta uma das maiores taxas de sinistralidade rodoviária do mundo.

Por fim, espera-se que, com este trabalho, os agentes decisores possam avaliar o impacto económico e socioambiental que o transporte de produtos petrolíferos tem causado na região do planalto central do país. Além disso, esta investigação poderá servir como base para o desenvolvimento de futuras pesquisas sobre o transporte desses produtos em outras regiões do país.

### **2.4. Hipóteses**

A hipótese deste trabalho centra-se na premissa de que numa perspetiva de longo prazo, o modo dutoviário é o mais adequado para o transporte de gasóleo do município do Lobito (Benguela) à cidade do Huambo (Huambo). Todavia, na ausência de infraestrutura dutoviária, a alternativa ferroviária afigura-se como a opção mais económica e amiga do ambiente para o transporte desse produto, no cenário atual.

## **2.5. Estrutura da pesquisa**

O presente trabalho foi organizado em duas partes e dividido por capítulos que encontram-se ordenados da seguinte forma:

### **PARTE I**

No primeiro capítulo, faz-se uma introdução seguida do segundo capítulo, problemática, objetivos gerais, pressupostos, relevância do estudo e hipóteses. No terceiro capítulo, características dos modos de transporte, aborda-se detalhadamente o transporte rodoviário, transporte ferroviário, transporte hidroviário, transporte dutoviário, vantagem comparativa dos modos de transporte e transporte intermodal. No quarto capítulo, infraestruturas da região em estudo, debruçou-se sobre o estado das rodovias e ferrovias, em particular o caminho-de-ferro de Benguela. O quinto capítulo, apresenta a teoria de decisão que fala resumidamente sobre as alternativas rodoviária, ferroviária e dutoviária, os critérios que foram escolhidos para este trabalho, nomeadamente o custo, confiabilidade, tempo, capacidade, segurança, consumo de energia, emissão de gases de efeito estufa e poluição sonora, bem como peso, matriz de decisão, a avaliação que divide-se em ponto de vista do avaliador, expedidor e destinatário, transportadora, governo, sociedade, internet, abrangência da análise, escopo da análise, elementos da avaliação do desempenho do transporte, perspectiva, indicador, medida, e por último falou-se sobre os métodos de avaliação propostos neste trabalho, nomeadamente TOPSIS e o GRA.

### **PARTE II**

A segunda parte desta dissertação começa pelo capítulo seis que inclui a metodologia utilizada, a amostra, o instrumento/entrevista, procedimento e tratamento de dados. No capítulo sete, aborda-se de forma sucinta o caso de estudo. O capítulo oito apresenta os resultados, começando pela apresentação da análise dos resultados do programa TOPSIS, o cenário atual e a sua análise de sensibilidade, cenário hipotético e sua análise de sensibilidade, bem como a análise dos resultados da técnica GRA, o cenário atual e sua análise de sensibilidade, o cenário hipotético e sua análise de sensibilidade, e por último a comparação de resultados entre TOPSIS e GRA. O capítulo nove fala sobre as considerações finais, limitações e sugestões do trabalho. O capítulo dez apresenta as referências.

**CAPÍTULO III - CARACTERÍSTICA DOS MODOS DE  
TRANSPORTE**



### **3. CARATERÍSTICA DOS MODOS DE TRANSPORTE**

As características da procura do transporte de carga, a elasticidade cruzada da procura, os custos de transporte, as características da mercadoria, o perfil dos clientes, bem como as características dos modos de transporte, são fatores que têm capacidade de influenciar a escolha modal (CUTR, 2000).

O modo de transporte é o meio pelo qual se identifica a forma básica da locomoção de pessoas e mercadorias (Rodrigue, Comtois e Slack, 2009). Os cinco modos básicos de transporte são: rodoviário, ferroviário, hidroviário, dutoviário e aeroviário (Bowersox, Closs e Cooper, 2002; Ballou, 2004).

Segundo Rodrigue, Comtois e Slack (2006) uma análise geral sobre o sistema de transporte revela que cada modo possui importantes vantagens operacionais e comerciais. Uma vez que cada modalidade tem seu próprio perfil no que tange a preço e desempenho, esses autores sustentam que a competição real entre os modos depende principalmente de fatores como a distância, a quantidade de produtos e o valor dos mesmos.

Os modos de transporte podem ser usados em combinação ou por um único modo, isto é, em carácter exclusivo. A partir dessas opções, as empresas transportadoras tendem a selecionar o modo ou combinação de modos que proporciona serviços com maior qualidade e menos custos (Ballou, 2004). Portanto, a escolha de um modo ou combinação de modos dependem de uma variedade de características dos serviços. Para melhor compreensão dos diferentes modos, abordar-se-á somente as características daqueles adequados ao transporte de grande quantidade de produtos petrolíferos.

#### **3.1. Transporte rodoviário**

Bowersox, Closs e Cooper (2002) afirmam que os caminhões são caracterizados por baixos custos fixos, o que tem permitido por exemplo que os serviços de camionagem sejam altamente competitivos (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006).

Em comparação com os outros meios de transporte, os caminhões são mais eficientes no imprescindível transporte de curta distância, ponte entre os terminais de armazenagem e os estabelecimentos retalhistas (Bowersox, Closs e Cooper, 2002; Rodrigue, Comtois e Slack, 2006). Long (2004) atesta que os caminhões são 95 % eficazes

no que diz respeito a regularidade na prestação de serviço e, prevalecem sobre os demais meios de transporte no que se refere a velocidade e a flexibilidade na escolha de rotas. Estes têm a oportunidade única de oferecer serviço porta-a-porta à passageiros e mercadorias (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006).

A capacidade de carga, tamanho e peso impostos pelos governos limitam os caminhões de atingirem economias de escala. Na maioria dos países, essas restrições são impostas por razões de segurança (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006). Os custos variáveis são altos por causa das despesas de manutenção, reparação dos equipamentos, portagens e salários. (Bowersox, Closs e Cooper, 2002).

Rodrigue, Comtois e Slack (2006) afirmam que o congestionamento tornou-se uma característica da maioria das cidades em todo mundo, sendo o principal responsável pelas externalidades ambientais.

O transporte rodoviário caracteriza-se por enormes disparidades geográficas no trânsito. É comum verificar-se que 20 % da rede rodoviária suporta 60 à 80 % do tráfego. Esta observação é real pelo fato de países desenvolvidos e aqueles em vias de desenvolvimento possuírem importantes diferenças no que tange a densidade, capacidade e a qualidade das infraestruturas de transporte rodoviário (Rodrigue, Comtois e Slack, 2009).

Na indústria petrolífera, o transporte rodoviário de produtos petrolíferos é realizado exclusivamente por caminhões-cisterna (Mirhassani, 2008). Estes, segundo Uzar e Çatay (2012) transportam usualmente produtos petrolíferos para consumidores industriais e para postos de abastecimento.

Trench (2003) afirma que este modo de transporte apresenta maiores preocupações em relação a segurança pública (poluição e acidentes), uma vez que as estradas utilizadas pela população em geral são também os corredores de operação dos caminhões-cisterna.

O transporte de produtos petrolíferos de um terminal de distribuição regional para os postos de abastecimento é realizado por caminhões-cisterna que percorrem geralmente uma distância média de 100 quilômetros por viagem (Bersani, Minciardi e Sacile, 2010). Por exemplo, Cafaro e Cerdá (2012) ilustram o caso dos Estados Unidos de América (EUA) onde os caminhões-cisterna transportam a gasolina para os postos de abastecimento locais, percorrendo apenas uma curta distância, depois de efetuarem o carregamento a partir de um terminal de distribuição.

### **3.2. Transporte ferroviário**

A ferrovia apresenta vantagens no que diz respeito o transporte de cargas para médias e longas distâncias, possibilitando desta forma a obtenção de economias de escala (Rodrigue, Comtois e Slack, 2009).

Os custos fixos são altos devido a construção dos carris e o aprovisionamento de material circulante, mas os custos variáveis são muito baixos (Long, 2004). O mercado ferroviário apresenta barreiras de entrada que tendem a limitar o número de operadores (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006). O transporte ferroviário caracteriza-se por um elevado nível de controlo económico, já que a maioria das empresas de transporte opera em situação de monopólio, como é o caso na Europa, ou oligopólio, na América do Norte (Long, 2004; Rodrigue, Comtois e Slack, 2009).

O transporte ferroviário não é tão flexível na escolha de rotas por ser efetuado apenas onde existe carris (Long, 2004). Além disso, o transporte ferroviário permite apenas um serviço terminal à terminal, necessitando geralmente de ser complementado pelo modo rodoviário (Costa, Dias e Godinho, 2010).

Ao contrário do transporte rodoviário, Trench (2003) assevera que o corredor de operação do transporte ferroviário é um direito de passagem isolado que, apesar de atravessar por algumas áreas habitadas e vias navegáveis, os comboios apresentam geralmente menor exposição ao público em geral do que o transporte rodoviário.

A prestação de serviço dos comboios é 70 % eficaz no que se refere a regularidade em comparação com os camiões (Long, 2004). Rodrigue, Comtois e Slack (2009) reiteram que essa prestação de serviço obedece horários rígidos. Em comparação com o transporte rodoviário, os comboios apresentam geralmente maior nível de segurança e eficiência energética (Long, 2004).

O comboio de carga é mais vantajoso para o frete de mercadorias superiores a 13 toneladas e distâncias superiores a 480 quilómetros (Long, 2004: 140). Durante o dia os comboios deslocam-se geralmente a uma velocidade máxima de 120 km/h, excetuando os comboios de carga que movem-se a uma velocidade máxima de 80 – 100 km/h. Portanto, a lentidão dos comboios de carga durante o dia obriga-os a realizar serviços noturnos (Long, 2004).

Na indústria petrolífera, o modo ferroviário é o transporte terrestre mais seguro e económico para o carregamento de grande quantidade de petróleo bruto e produtos derivados, onde o oleoduto não está disponível (Mirhassani, 2008). Por exemplo, Pienaar

(2008: 102) ilustra o caso do transporte de 3.54 milhões de litros de combustível de Durban à Gauteng, África do sul, em que são necessárias 89 viagens por hora, usando caminhões-cisterna com uma capacidade de carga de 40 000 litros de combustível por veículo, ao passo que seriam necessários apenas 2 comboios de carga por hora, cada um composto por 42 vagões-cisterna com uma capacidade de carga de 42 500 litros de combustível cada.

### **3.3. Transporte hidroviário**

Entende-se por transporte hidroviário aquele que serve-se de uma via aquática para a navegação, seja esta interior, costeira (cabotagem) ou destinada a percursos de longo curso; oceanos (Long, 2004).

O transporte marítimo é um modo que pode oferecer taxas muito baixas comparado com os outros, uma vez que os custos operacionais são relativamente baixos, e em alguns casos, o mercado é bastante aberto à entrada de novos operadores (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006).

Os navios-cisterna têm a capacidade de transportar grande quantidade de mercadoria, consumindo pouca energia. Rodrigue, Comtois e Slack, (2006) afirmam que o transporte marítimo tem enfrentado tradicionalmente dois grandes inconvenientes: morosidade e atraso. A velocidade média das embarcações no mar atinge apenas 15 nós (26 km/h), enquanto os atrasos ocorrem geralmente no carregamento e descarga de mercadorias nos portos. Estas desvantagens afetam particularmente os mercados onde as mercadorias devem ser transportadas em distâncias curtas ou onde requer-se entregas de serviço rápido.

Na indústria petrolífera, os navios-cisterna são utilizados no transporte e distribuição de petróleo bruto e seus derivados (Mirhassani e Jahromi, 2011). Pienaar (2009) assevera que apesar de os navios-cisterna apresentarem desvantagem relacionada à viagem sem carga, o transporte dutoviário rivaliza apenas com estes quando o itinerário do oleoduto for bastante curto em relação a rota marítima, ou quando os primeiros estiverem sujeitos a pagamento de taxas pesadas, como é o caso do direito de trânsito nos canais.

Apesar de os produtos petrolíferos serem transportados por caminhões-cisterna, vagões-cisterna e oleodutos, esses meios de transporte estão muitas vezes confinados apenas ao comércio nacional ou intra-regional. Por conseguinte, o navio-cisterna serve como um meio vital no transporte de petróleo bruto e produtos derivados, das limitadas

fontes de origem para os inúmeros pontos de destino ao redor do mundo (Kumar, 2004). Por exemplo, MirHassani (2008) diz que os petroleiros são o elo *sine qua non* para o transporte e distribuição do petróleo bruto e seus derivados entre ilhas.

### **3.4. Transporte dutoviário**

MirHassani (2008) refere que o duto é um meio de transporte fixo cuja carga se move, em vez de transportador móvel com carga imóvel. Este tipo de meio de transporte de carga não contentorizada prescinde de serviços de embalagem e retorno de embalagens vazias (Pienaar, 2008, 2009).

O modo dutoviário contribui substancialmente para o incremento de economias de escala, visto que além da sua longevidade funcional, usufrui também da supressão de serviços de manuseamento, acondicionamento e logística reversa (Pienaar, 2008, 2009). Nos países desenvolvidos, a transferência de mercadorias por via dutoviária representa uma parcela significativa no transporte de graneis líquidos, bem como no de graneis sólidos em polpa ou grânulo, obtendo grande participação na matriz de transporte (Rodrigues, 2007).

Entre os modos de transporte de produtos petrolíferos, o duto é aquele que apresenta menores custos operacionais e maior grau de confiabilidade (García-Sánchez, Arreche e Ortega-Mier, 2008; Herrán, Cruz e Andrés, 2010), sobretudo quando os barcos não são uma alternativa viável (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006; García-Sánchez, Arreche e Ortega-Mier, 2008; Pienaar, 2009). Bowersox, Closs e Cooper (2002) fundamentam que os custos variáveis são excessivamente baixos porque os dutos não carecem de mão-de-obra intensiva.

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2002), o duto difere dos restantes modos de transporte já que pode operar ininterruptamente. Cafaro e Cerdá (2008) afirmam que o movimento de carga nos oleodutos é menos afetada pelo tráfego ou condições meteorológicas adversas em comparação com os outros modos de transporte.

Trench (2003) sustenta que o corredor de operação do duto é um direito de passagem isolado. Apesar de os dutos transitarem em áreas habitadas e vias navegáveis, estes apresentam geralmente menor exposição ao público (Trench, 2003), principalmente porque são subterrâneos ou subaquáticos, como é o caso dos gasodutos do Norte de África para a Europa (Rodrigue, Comtois e Slack, 2006). Cafaro, Cafaro, Méndez & Cerdá (2010)

reiteram que em questões de segurança e ambiente, os oleodutos têm uma vantagem importante, uma vez que não congestionam as estradas e rios, e apresentam as mais baixas taxas de derrame de produtos.

Pienaar (2009) assevera que as desvantagens desse meio de transporte encontram-se principalmente na sua extrema especialização funcional e dependência sustentada ao alto volume de tráfego. Rodrigues (2007) acresce que em alguns casos<sup>2</sup>, essa extrema especialização funcional torna esta alternativa mais cara que o modo rodoviário e ferroviário.

Os elevados custos fixos associados ao direito de passagem, construção, requisitos de controlo e capacidade de bombeamento (Bowersox, Closs e Cooper, 2002), tornam os dutos em monopólios naturais por excelência, pois, o mercado destes é altamente concentrado (Pienaar, 2009). NRC (2009) acrescenta que os custos fixos têm limitado a utilização deste modo de transporte em regiões onde grande volume de produtos petrolíferos tem de ser transportado, visto que o período de retorno do investimento varia entre os 15 à 20 ou mais anos. Por isso, Pienaar (2009) afirma que o investimento para a construção desse meio de transporte justifica-se apenas quando os níveis da procura e oferta de produtos transportados forem elevados, e perspectiva-se que esse panorama seja duradouro por um período indeterminado.

Na indústria petrolífera, o duto serve para o transporte de grande volume de produtos petrolíferos das refinarias até os terminais de distribuição, onde localizam-se os mercados consumidores (Lopes, Moura, Souza e Cire, 2012). Por exemplo, na entrega de 3.54 milhões de litros de combustível de Durban à Gauteng, África do sul, Pienaar (2008, 2009) sustenta que seria possível efetuar-se a entrega do combustível em 1 hora, caso o modo escolhido para o transporte do produto fosse um oleoduto de 60 cm de diâmetro, 704 km de comprimento e o produto se movesse a uma velocidade de 10 km/h.

---

<sup>2</sup> Transporte dutoviário de etanol no Brasil. Ver: Rodrigues, A. (2007, pp. 123).

### 3.5. Vantagem comparativa dos modos de transporte

Cada modo de transporte possui características que o tornam mais adequado em determinadas circunstâncias (Rodríguez, Comtois e Slack, 2009). Logo, nenhum modo possui exclusivamente todas as qualidades exigidas para um bom desempenho.

A prestação de um serviço de transporte depende das características do modo, pois, todas as modalidades apresentam vantagens e desvantagens, e algumas são adequadas para um determinado tipo de mercadorias e outras não (Rodríguez, Comtois e Slack, 2009). A Tabela 1 apresenta as diferentes características técnicas, operacionais e comerciais, que influenciam na escolha do serviço.

**Tabela 1:** Característica operacional dos modos de transporte

<b>Fator</b>	<b>Dutoviário (Oleoduto)</b>	<b>Hidroviário (Navio-cisterna)</b>	<b>Ferrovário (Vagão-cisterna)</b>	<b>Rodoviário (Camião-cisterna)</b>
Volume	Grande	Muito grande	Grande	Pequeno
Produto	Petróleo bruto/ produtos petrolíferos	Petróleo bruto/ produtos petrolíferos	Produtos petrolíferos	Produtos petrolíferos
Escala	=/> 2 Milhões L	=/> 10 Milhões L	100 Mil L	5 – 60 Mil L
Custos por unidade	Muito baixo	Baixo	Alto	Muito alto
Acesso ao mercado	Muito limitado	Muito limitado	Limitado	Não limitado
Tempo de resposta	1 – 4 Semanas	7 Dias	2 – 4 Dias	4 – 12 Horas
Flexibilidade	Limitada	Limitada	Boa	Alta
Distância	Longas distâncias	Longas distâncias	Médias distâncias	Curtas distâncias

Fonte: adaptado de Uzar e Çatay (2012).

### 3.6. Transporte intermodal

Com a intenção de tornar a cadeia de abastecimento mais eficiente, as empresas avaliam os diferentes modos de transporte e suas combinações, sob a forma de transporte intermodal (Junior e D'Agosto, 2011a).

Por transporte intermodal, Hanssen, Mathisen e Jørgensen (2012) definem como sistema de transporte que visa a maximização de pontos fortes de cada modo de transporte, minimizando suas fraquezas e unindo os modos anteriormente separados num sistema intermodal integrado, com vista a melhorar o desempenho económico. Na verdade, Costa, Dias e Godinho (2010) asseveram que não se trata de um modo de transporte, senão uma técnica de combinação de diferentes modos para um transporte mais eficiente, sendo a combinação ferro-rodoviária a mais utilizada.

Para se tornar o transporte intermodal numa alternativa preferencial ao modo rodoviário, os custos totais de transporte devem ser iguais ou menores (Van Klink e Van Den Berg, 1998 apud Hanssen, Mathisen e Jørgensen, 2012), isto é, os custos extras incorridos antes e depois do transporte, bem como os dos transbordos nos terminais intermodais devem ser compensados pelos custos mais baixos do transporte de longa distância (Bärthel e Woxenius, 2004 apud Hanssen, Mathisen e Jørgensen, 2012).

Lowe (2005) atesta que a combinação de dois ou mais modos de transporte tornou-se numa prática frequente e bem estabelecida no setor de transporte de cargas. No entanto, Reis, Meier, Pace e Palacin (2013) sustentam que até agora nenhum consenso sobre uma definição universal foi alcançado, sendo o transporte multimodal, transporte combinado, transporte intermodal e co-modalidade os termos mais comuns.

No Brasil, os termos intermodalidade e a multimodalidade são análogos, e diferenciam apenas em aspetos legais. Assim, enquanto o transporte multimodal de cargas é definido como aquele que, regido por um único contrato, utiliza dois ou mais modos de transporte, desde a origem até o destino e, executado sob a responsabilidade única de um operador de transporte multimodal (Câmara dos Deputados, 2000), a intermodalidade por sua vez caracteriza-se pela emissão individual de um documento de transporte para cada modo, bem como pela divisão de responsabilidade entre os transportadores. Por exemplo, se numa operação de transporte são utilizados camião, navio e comboio, emite-se três documentos de transporte independentes, um de cada transportador. Quanto à responsabilidade pelo transporte, cada um dos modos assume a sua parte do trajeto, desde o ponto de carregamento até o destino da entrega (Keedi, 2001).



## **CAPÍTULO IV - INFRAESTRUTURAS DA REGIÃO EM ESTUDO**

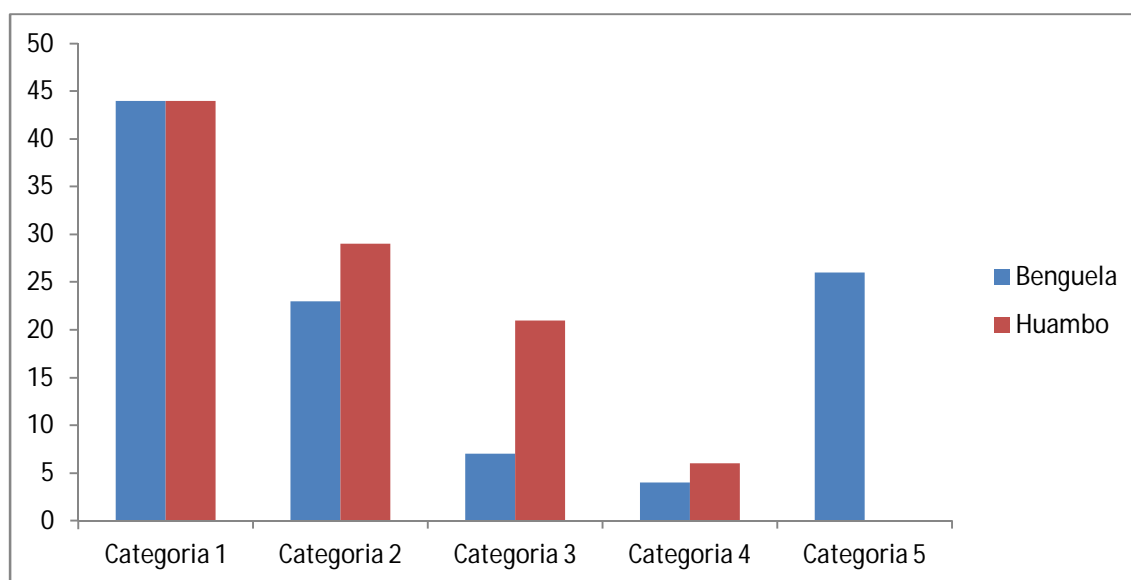
## 4. INFRAESTRUTURAS DA REGIÃO EM ESTUDO

### 4.1. Rodovias

As estradas que ligam as províncias de Benguela à do Huambo encontram-se em mau estado de manutenção (Pushak e Foster, 2011).

Segundo dados do Instituto Nacional de Estradas de Angola (2009), dos 1054.3 km de estradas da província de Benguela, apenas 436 km das estradas correspondentes a 44 % do total de estradas estavam concluídas e parcialmente asfaltadas (categoria 1), 197 km de estradas correspondentes a 23 % adjudicadas e em estado de reparação (categoria 2), 71.6 km correspondentes a 7 % encontravam-se em concurso público para o asfaltamento (categoria 3), 58 km correspondentes a 4 % de arruamentos (categoria 4), e 256.8 km correspondentes a 26 % de estradas por reparar (categoria 5).

Em 2009, 503.4 km correspondentes a 44 % da reconstrução das estradas da província do Huambo pertenciam a (categoria 1), 842.8 km relativos a 29 % (categoria 2), ao passo que 244 km correspondentes a 21 % encontravam-se na categoria 3. Por último 68 km de arruamentos, correspondentes a 6 % (categoria 4) conforme mostra o gráfico 1 (INEA, 2009).



**Gráfico 1:** Rede de estradas de Benguela e Huambo.

Fonte: INEA (2009).

## 4.2. Ferrovias

Após décadas de destruição das principais infraestruturas ferroviárias causadas pela guerra civil, Angola continua a apostar na recuperação, ampliação e modernização das suas linhas ferroviárias.

A malha ferroviária do país está dividida em 3 redes principais: o caminho-de-ferro de Luanda (CFL), caminho-de-ferro de Benguela (CFB) e o caminho-de-ferro de Moçâmedes (CFM) (Pushak e Foster, 2011). Neste trabalho, o foco centra-se apenas no caminho-de-ferro de Benguela.

### 4.2.1. Caminho-de-ferro de Benguela

O CFB liga as províncias de Benguela e Moxico, numa extensão de 1399 km, sendo 1301 km da linha geral, num percurso que se estende do município do Lobito (Benguela) à fronteira leste de Angola, no município do Luau (Moxico) (Sabino, 2007). A província de Benguela e a do Huambo encontram-se ligadas pelo caminho-de-ferro de Benguela, que parte de Lobito à Huambo, numa extensão de 426 km (Silva, 2008), conforme mostra a Tabela 2.

**Tabela 2:** Distância entre o ponto de origem e o ponto de destino

<b>Origem</b>	<b>Modo</b>	<b>Distância</b>	<b>Ponto de destino</b>
Lobito (Benguela)	Rodoviário	372 Km	Cidade do Huambo
	Ferroviário	426 Km	
	Oleoduto*	430 Km	

\* Cenário hipotético

Fonte: Ferroviário (Silva, 2008); Rodoviário (Google Map, 2013).

## **CAPÍTULO V - TEORIA DA DECISÃO**

## 5. TEORIA DA DECISÃO

Vários têm sido os problemas complexos submetidos à decisão das pessoas. A tomada de decisão é um tema que tem criado divergência entre autores, daí a razão de tanta diversidade de concepções em relação ao assunto. Não obstante a miríade de aceções defendidas, a decisão é definida por Gomes, Gomes e Almeida (2002: 12) como processo de colher informações, facultar importância a elas, e buscar posteriormente possíveis alternativas de solução que culminam na escolha entre alternativas.

A avaliação de transporte é na sua essência um conflito de análise caracterizada por juízos de valor técnico, socioeconómico, ambiental e político. Portanto, é muito difícil chegar-se a soluções simples e inequívocas. Ora, isto significa que, um processo de planeamento multifacetado é sempre caracterizado pela busca de soluções de compromisso aceitável, uma atividade que requer uma metodologia de avaliação adequada (Tsamboulas, Yiotis e Panou 1999).

Tsamboulas, Yiotis e Panou (1999) afirmam que utilizou-se sempre uma abordagem monetária para a avaliação dos sistemas de transporte. Segundo os mesmos, isto foi feito por meio da análise custo-benefício, contabilizando os custos monetários e benefícios que eram geralmente associados ao sistema de transporte em questão. Todavia, eles asseveram que ao longo dos anos, as abordagens de avaliação monetária têm suscitado críticas. Muitas vezes há dificuldades em medir todos os impactos importantes de um projeto ou plano em termos monetários. Devido a essas limitações, a avaliação monetária tem sido complementada desde a década de 1980 com uma variedade de métodos de avaliação não monetária conhecidos como métodos multicritério.

O método multicritério de apoio à decisão pode ser descrito como um conjunto de processos que procura esclarecer um problema no qual as alternativas são avaliadas por múltiplos critérios que na maior parte dos casos são conflitantes (Gomes, Gomes e Almeida, 2002). Esse tipo de abordagem não apresenta uma solução ideal para os problemas, mas entre todas as possíveis, a mais lógica com a escala de valores e o método utilizado (Helmann e Marçal, 2007). Estes métodos têm um lado científico, mas ao mesmo tempo, subjetivo, apresentando uma capacidade de agregar todas as características consideradas importantes, inclusivamente as não quantitativas, com o objetivo de permitir a transparência e a sistematização do processo relativo aos problemas de tomada de decisão (Gomes, Araya e Carignano, 2004).

De acordo com Linkov e Ramandan (2005), os métodos multicritério apresentam geralmente um problema, várias alternativas, múltiplos critérios, e requerem uma tomada de decisão, conforme mostra a Figura 1.



Fonte: adaptado Linkov, Varghese, Jamil, Seager, Kiker, e Bridges (2005).

**Figura 1:** Fases do processo de tomada de decisão

## 5.1. Alternativas

As alternativas representam as diferentes opções de ação disponíveis para o agente decisor. Geralmente, o conjunto de alternativas é considerado finito e abrange várias centenas. Estas devem ser selecionadas, priorizadas e eventualmente classificadas (Triantaphyllou, Shu, Sanchez e Ray, 1998).

O presente trabalho apresenta três alternativas modais para o transporte de gásóleo de Lobito à Huambo, conforme mostra a Tabela 3.

**Tabela 3:** Alternativas modais e meios de transporte

Alternativa	Meio de Transporte
Rodoviária	Camião-cisterna
Ferrovária	Comboio (vagão-cisterna)
Dutoviária *	Oleoduto

\* Cenário hipotético

Fonte: adaptado de Junior e D'Agosto (2011a).

## 5.2. Critérios

Os critérios são dados que direcionam uma análise e facilitam a comparação entre alternativas, isto é, são ferramentas que permitem a comparação das ações em relação a pontos de vista particulares (Roy, 1985). Bouyssou (1990) reitera que o critério é a expressão qualitativa ou quantitativa de um ponto de vista utilizado na avaliação das alternativas.

Os critérios representam as perspectivas e constituem uma direção para a criação de indicadores que os irão representar preferencialmente de forma quantitativa (Junior e D'Agosto, 2011a). Para o transporte de carga, muitos são os critérios abordados pela literatura e os mais citados são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4:** Alguns dos critérios mais citados pela literatura

Perspetiva	Critério	Referências bibliográficas
Económica	Custo	Novaes, 2004; Chopra e Meindl, 2003; Pozo, 2004; Ballou, 2001; Bowersox e Closs, 2001; Tuzkaya e Önüt, 2008.
	Tempo	Ballou, 2001; Bowersox and Closs, 2001; Fleury, 2003; Martins et al., 2005; Tuzkaya e Önüt, 2008.
	Perdas e danos	Ballou, 2001; Martins et al., 2005; Tuzkaya e Önüt, 2008.
	Confiabilidade	Ballou, 2001; Tuzkaya e Önüt, 2008; Martins et al., 2005.
	Frequência	Bowersox e Closs, 2001; Fleury, 2003; Pozo, 2004.
	Capacidade	Pozo, 2004; Fleury e Wanke, 2003; Bowersox e Closs, 2001.
	Velocidade	Ballou, 2001; Chopra e Meindl, 2003; Fleury, 2003; Martins et al., 2005; Pozo, 2004.
	Flexibilidade	Fleury, 2003; Tuzkaya e Önüt, 2008.
Socioambiental	Segurança	Pozo, 2004; Ballou, 2001; Tuzkaya e Önüt, 2008.
	Consumo de energia	Fleury e Wanke, 2003; Davis, 2000 apud Mattos, 2001; MME, 2006; Banister e Button, 1993 apud Silva, 2001; WBCSD, 2000; Kharel e Charmondusit, 2007; Michelsen et al., 2005.
	Emissão de resíduos sólidos e líquidos	Kharel e Charmondusit, 2007; Mattos, 2001; Michelsen et al., 2005; Silva, 2001; WBCSD, 2000.

**Tabela 4:** Alguns dos critérios mais citados pela literatura (cont.)

Socioambiental	Emissão de gases de efeito estufa	Fleury e Wanke, 2003; OCDE, 2000 apud Mattos, 2001; FHWA US DOT, 2005; MCT, 1999 apud Mattos, 2001; Banister e Button, 1993 apud Silva, 2001; WBCSD, 2000; MCT, 2003; BTS, 1998 apud Simões, 2003; WBCSD, 2000; Kharel e Charmondusit, 2007; Michelsen et al., 2005.
	Poluição sonora	Mattos, 2001; Silva, 2001.
	Poluição térmica	Mattos, 2001; Silva, 2001.
	Emissão de substâncias nocivas à camada de ozônio	Kharel e Charmondusit, 2007; Mattos, 2001; Michelsen et al., 2005; Silva, 2001; WBSCD, 2000.
	Esgotamento dos recursos naturais	Mattos, 2001; Silva, 2001; WBSCD, 2000.
	Consumo de água	Kharel e Charmondusit, 2007; Mattos, 2001; Michelsen et al., 2005; Silva, 2001; WBSCD, 2000.
	Consumo de material	Kharel e Charmondusit, 2007; Michelsen et al., 2005; Silva, 2001; WBSCD, 2000.

Fonte: adaptado de Junior e D'Agosto (2011a).

Os critérios encontram-se amiúde descritos na literatura com diferente nomenclatura, provocando equívocos entre estudiosos que se dedicam a investigá-los (Junior, 2010). Portanto, torna-se necessária a definição dos critérios tendo em conta os objetivos da presente dissertação.

#### 5.2.1. Custo

Refere-se ao pagamento por embarque entre duas localizações geográficas, e os gastos relacionados à manutenção do inventário em trânsito (Bowersox, Closs e Cooper, 2007). Conforme Junior e D'Agosto (2011a) este critério depende de dois pontos de vista: ponto de vista do transportador; os custos compreendem os gastos médios totais de transporte (fixos e variáveis) mais as taxas adicionais (impostos, seguros). Ponto de vista do usuário/clientes; os custos são os valores de frete, que representam a receita recebida pelas transportadoras.



### 5.2.2. Tempo

Crítério frequentemente citado na literatura, o tempo refere-se à variação do tempo máximo e mínimo em relação ao tempo médio (Junior, 2010). Segundo Coyle, Novack, Gibson e Bardi (2011) tempos de trânsito inconfiáveis obrigam o recetor da carga a aumentar os níveis do inventário de modo a prevenir-se contra ruturas de estoque.

### 5.2.3. Confiabilidade

A confiabilidade ou consistência representa a capacidade de se cumprir com os prazos previstos, tendo no duto a preferência, pois, o seu normal funcionamento não é afetado pelas condições climáticas ou congestionamentos, apresentando uma maior consistência, seguida na ordem pelo modo rodoviário, ferroviário e hidroviário. Maior consistência de um modo de transporte redundante em menor inventário (Long, 2004).

### 5.2.4. Capacidade

Crítério que se relaciona inversamente com a frequência, a capacidade em *lato sensu* pode significar o número de vezes em que o modo de transporte pode ser utilizado em dado horizonte de tempo (Junior e D'Agosto, 2011a).

### 5.2.5. Segurança

A segurança refere-se aos acidentes ou derrames durante a operação de transporte, que pelas características da carga podem causar danos ao ambiente, à saúde e à vida das pessoas.

### 5.2.6. Consumo de energia

O uso de energia como uma fonte de calor ou energia, ou como uma entrada de matéria-prima para um processo de fabricação. Neste caso, refere-se ao processo do transporte (US EIA, 2013).

#### 5.2.7. Emissão de gases de efeito estufa

Resulta do vapor de água, dióxido de carbono e outros gases atmosféricos que retêm a energia radiante, tornando a superfície terrestre mais quente. Em níveis inferiores da atmosfera, os gases de efeito estufa retêm esta radiação que, libertar-se-ia naturalmente para o espaço. Ora, a subsequente *re-radiação* de uma parte dessa energia que volta à terra, mantém as temperaturas da superfície terrestre mais altas do que sucederia na ausência desses gases (US EIA, 2013).

#### 5.2.8. Poluição sonora

Contribuem para esse tipo de poluição os ruídos provocados pelo funcionamento de motores, vibração de peças, atrito das rodas com a via e sinais sonoros provenientes dos meios de transportes (Junior, 2010).

### 5.3. Peso

Os pesos referem-se à importância de um critério em relação aos outros. É a medida de importância relativa dos critérios para o decisor (Junior, 2010). Segundo Wang e Luo (2010), vários são os métodos sugeridos na literatura para determinar os pesos dos critérios, sendo geralmente agrupados em três categorias: subjetivo, objetivo e integrado.

Neste trabalho será usado um método subjetivo baseado na paridade entre pesos, ou seja pesos iguais. Isto deve-se pelo fato de a SONANGOL não disponibilizar informações sobre o grau de importância atribuído aos critérios no seu processo de decisão.

Na ausência de informações sobre o grau de importância dos pesos, Dawes e Corrigan (1974); Wainner (1976) advogam o uso de modelos lineares com pesos iguais. Apesar de alguns autores desaconselharem o uso de pesos iguais (Stillwell et al., 1981; Barron e Barrett, 1996 apud Jia, Fischer e Dyer, 1997), este modelo pode ser aplicado em duas circunstâncias: primeiro, quando os pesos obtidos diferem amplamente, e segundo, quando os decisores declinam ou não são capazes de fornecer a ordem dos critérios ou pesos para os mesmos (Jia, Fischer e Dyer, 1997).

Assim, neste trabalho assume-se os pesos representados na tabela abaixo:

**Tabela 5:** Peso dos critérios de avaliação do desempenho

<b>Perspetiva Económica</b>	<b>Peso</b>	<b>Perspetiva Socioambiental</b>	<b>Peso</b>
Custo	1	Segurança	1
Confiabilidade	1	Consumo de energia	1
Tempo	1	Emissão de gases efeito estufa	1
Capacidade	1	Poluição sonora	1

Fonte: adaptado de Jia, Fischer e Dyer (1997).

#### 5.4. Matriz de decisão

A matriz de decisão ou método *Pugh* é uma técnica quantitativa utilizada para classificar as preferências multidimensionais de um conjunto de opções. Uma matriz de decisão consiste em seleccionar a melhor alternativa pela determinação da maior média ponderada das notas (Jonassen, 2012).

Por exemplo, no presente trabalho, lista-se as opções ou alternativa na primeira coluna à esquerda da Tabela 6. Os critérios para tomada de decisão incluem: custos, tempo e outros critérios. Cada coluna é avaliada em termos de importância. Cada decisão opcional é classificada em termos de cada critério, sendo a melhor decisão a opção com o valor mais alto (Jonassen, 2012).

**Tabela 6:** Matriz de decisão

<b>Alternativa</b>	<b>Custo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Critério N</b>
Rodoviária	Valor R <sup>1</sup>	Valor R <sup>2</sup>	Valor R <sup>n</sup>
Ferroviária	Valor F <sup>1</sup>	Valor F <sup>2</sup>	Valor F <sup>n</sup>
Oleoduto*	Valor O <sup>1</sup>	Valor O <sup>2</sup>	Valor O <sup>n</sup>

\* Cenário hipotético

Fonte: adaptado de Jonassen (2012).

## 5.5. Avaliação

Hoje em dia, as empresas procuram implementar estratégias que visam melhorar a vantagem competitiva que lhes permite atingir um ótimo desempenho empresarial, garantindo sustentabilidade organizacional em ambientes de mudança (Subramanian e Nilakanta, 1996). A busca pela vantagem competitiva e sua manutenção tem impulsionado as empresas a desenvolverem métodos de avaliação de desempenho (Antoniolli, 2003 apud Junior e D'Agosto, 2010).

Junior e D'Agosto (2010) sustentam que a avaliação de desempenho visa estabelecer mecanismos de supervisionamento das atividades e dos processos das empresas, permitindo deste modo a obtenção de informações reais que subsidiam na tomada de decisões relativas a ações de prevenção, manutenção e correção de tais atividades ou processos para que os objetivos das empresas sejam alcançados. A importância da avaliação de desempenho encontra respaldo na premissa “o que não é medido não pode ser gerenciado” (Kaplan e Norton, 1997, pp. 21 apud Junior, Dutra, Nunes, Kemper, Vieira, 2012).

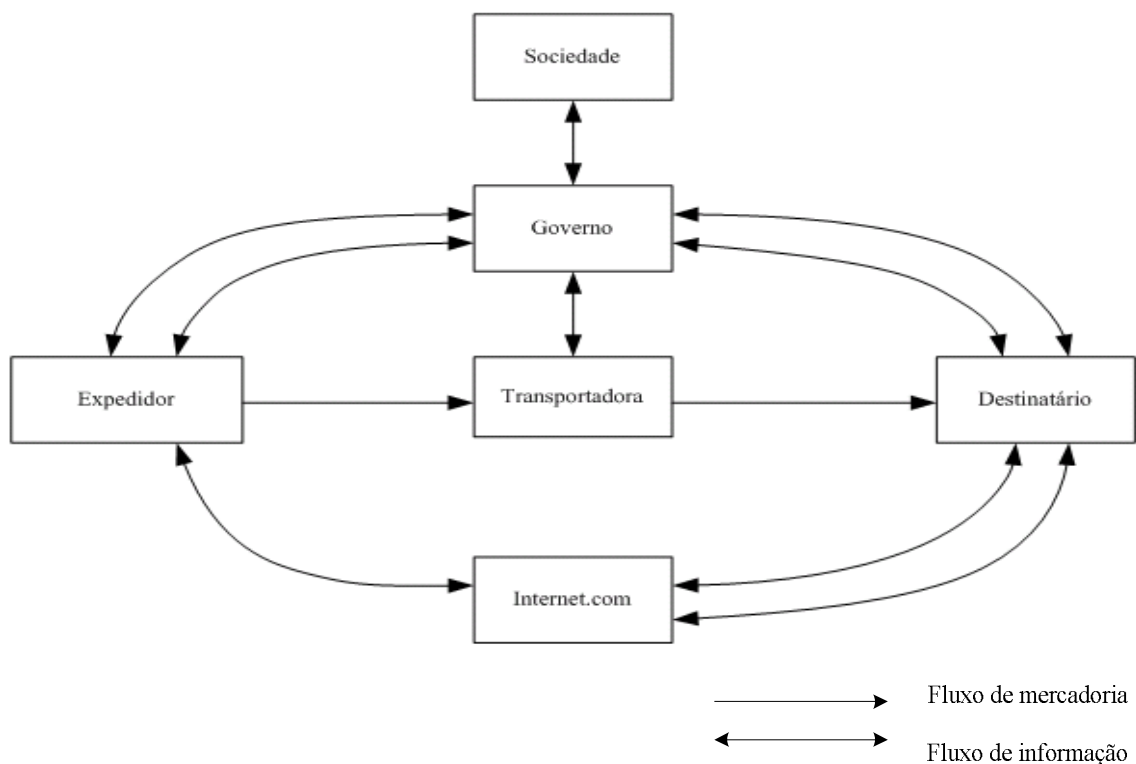
A avaliação de desempenho pode trazer vantagem estratégica às empresas do segmento de transporte de carga pelo fato de possibilitar a análise dos resultados da operação que pode auxiliar na tomada de decisão (Junior e D'Agosto, 2010). O serviço de transporte de carga visa garantir a transferência de produtos dentro de prazos estabelecidos e de forma íntegra (Lima Jr., 2001). Por conseguinte, Junior (2010) argumenta que o controle e acompanhamento do cumprimento desse serviço só são possíveis com o estabelecimento de métodos de avaliação de desempenho.

A avaliação do desempenho aplicada ao transporte de carga é descrita como o conjunto de processos que permite a definição e análise da satisfação de determinados requisitos para a movimentação de carga, usando critérios pré-definidos que permitem a melhoria do serviço (D'Agosto, 1999; Manhein, 1980; Morlok, 1980 apud Junior e D'Agosto, 2011a).

Tendo em conta as características sistêmicas e integrativas nos quais o serviço de transporte é concebido (Ballou, 2001 apud Junior e D'Agosto, 2011a), a seleção do melhor modo ou combinação de modos para o transporte de determinada carga deve ser realizada mediante a avaliação de seu desempenho, sob ponto de vista do avaliador, abrangência da avaliação e o escopo da análise (D'Agosto, 1999; Novaes, 1994; Junior e D'Agosto 2008 apud Junior e D'Agosto, 2011a).

### 5.5.1. Ponto de vista do avaliador

No que se refere ao ponto de vista da avaliação, o enfoque pode centrar-se na empresa transportadora, no expedidor, na sociedade, na entidade do governo ou qualquer outro elemento do sistema de transporte (D'Agosto, 1999; Novaes, 1994; Junior e D'Agosto 2008 apud Junior e D'Agosto, 2011a), conforme mostra a Figura 2.



Fonte: adaptado de Bowersox, Closs e Cooper (2002).

**Figura 2:** Relação entre as partes envolvidas no transporte.

Bowersox, Closs e Cooper (2002) sustentam que a legislação do setor dos transportes é muito complexa por causa da interação das 6 partes envolvidas. Esses autores asseguram que os conflitos entre expedidores, destinatários e transportadoras são muito frequentes. Para se compreender a complexidade desse conflito de interesses torna-se importante analisar o papel e o ponto de vista de cada parte.

#### 5.5.1.1. Expedidor e destinatário

O expedidor e o destinatário partilham os mesmos interesses, pois, almejam que a carga seja transferida a baixo preço e entregue dentro do prazo previsto. Além disso, essas entidades esperam que não haja danos ou perda da remessa (Bowersox, Closs e Cooper, 2002). Sob ponto de vista da avaliação, o presente trabalho assumirá a perspectiva do expedidor/transportadora.

#### 5.5.1.2. Transportadora

Bowersox, Closs e Cooper (2002) asseveram que o objetivo da transportadora passa por promover economias de escala e distância. A transportadora ambiciona maximizar suas receitas, procurando minimizar os custos relativos à mão-de-obra, combustível, e aquisição de veículos.

#### 5.5.1.3. Governo

Conforme Bowersox, Closs e Cooper (2002), o governo possui um particular interesse no segmento dos transportes por causa da importância que o mesmo desempenha na economia e no bem-estar social. Esta entidade procura regular o setor dos transportes visando criar um ambiente estável e eficaz para o crescimento da economia.

#### 5.5.1.4. Sociedade

A sociedade preocupa-se com a acessibilidade, eficácia, minimização dos preços dos transportes, bem como os padrões de segurança e impacto ambiental (Bowersox, Closs e Cooper, 2002). O custo do impacto ambiental e segurança são pagos em última instância pela sociedade.

#### 5.5.1.5. Internet

Uma nova era tem caracterizado o segmento dos transportes devido a ampla gama de serviços de internet. A vantagem principal da comunicação via-internet é que permite as

transportadoras partilharem informação em tempo real com os clientes e fornecedores. O advento da internet fez nascer várias empresas especializadas em serviços de internet que ajudam nas operações logísticas através da troca de informações (Bowersox, Closs e Cooper, 2002).

#### 5.5.2. Abrangência da análise

A abrangência da avaliação pode focar apenas uma parte ou abarcar todas as partes do sistema de transporte que integram a cadeia de fornecimento do produto (D'Agosto, 1999; Novaes, 1994; Junior e D'Agosto 2008 apud Junior e D'Agosto, 2011a). O presente trabalho focaliza-se apenas numa parte do sistema, isto é, o transporte como elo entre o ponto de origem e o destino.

#### 5.5.3. Escopo da análise

O âmbito da análise divide-se em análise estratégica, que define como deve ser o sistema; análise tática, que analisa o quão eficiente o sistema pode ser; e o operacional, que abrange a implementação do sistema (D'Agosto, 1999; Novaes, 1994; Junior e D'Agosto 2008 apud Junior e D'Agosto, 2011a). O escopo da análise do presente trabalho centra-se na parte estratégica.

#### 5.5.4. Elementos da avaliação do desempenho do transporte

A avaliação de desempenho no setor de transporte é composta por perspetivas, critérios, indicadores e medidas que possuem uma relação hierárquica entre si, conforme mostra a Figura 3. A definição e identificação desses conceitos de desempenho auxiliam no estabelecimento dos critérios de avaliação de desempenho, e apoia o processo de escolha modal (Junior e D'Agosto, 2011a).



Fonte: adaptado de Junior (2010).

**Figura 3:** Elementos conceituais da avaliação de desempenho do transporte.

#### 5.5.4.1. Perspetiva

A perspetiva representa o ponto de vista no qual um fenómeno será avaliado (Iquiapaza, Amaral e Bressan, 2009). Neste sentido, as empresas definem os aspetos mais relevantes em suas tomadas de decisão, sejam nos processos de comercialização ou aquisição. Assim sendo, as perspetivas consideradas pelo setor de transporte são geralmente os de âmbito económico e socioambiental (Junior e D'Agosto, 2011a). Importa salientar que neste trabalho, abordar-se-á ambas perspetivas.

#### 5.5.4.2. Indicador

Os indicadores são combinações de elementos para a avaliação do critério que representam coerentemente os critérios do sistema cujo desempenho está a ser analisado através de relações lógicas ou matemáticas. Portanto, os critérios podem ser medidos por meio de elementos para a avaliação do critério, que podem dar origem aos indicadores (Junior e D'Agosto, 2011a). Por exemplo, a Tabela 7 mostra os indicadores associados aos elementos para avaliação dos critérios.

#### 5.5.4.3. Medida

As medidas são combinações de indicadores que representam de forma coerente, por relações lógicas ou matemáticas, os critérios do sistema cujo desempenho está a ser analisado. Por si só, os indicadores não representam resultados relativos, sendo difícil a comparação entre os mesmos. Assim, os critérios podem ser medidos por meio de indicadores que dão origem a medidas, conforme mostra a Tabela 7 (Junior e D'Agosto, 2011a).



**Tabela 7:** Perspetivas, critérios, indicadores e medidas geralmente aplicados no serviço de transporte

Perspetiva	Critério	Indicador	Unidade	Medida	Unidade
Económica	Custo	Despesa total de operação	US\$ US\$	Despesa total de operação/Distância percorrida Despesa total de operação/Quantidade transportada	US\$/km US\$/t
	Tempo	Distância percorrida Tempo total de entrega Tempo máximo de entrega	km h h	Distância percorrida/Tempo total de entrega Tempo total de entrega/Número total de pedidos Tempo máximo de entrega/Tempo médio de entrega	km/h h/qtd h
	Capacidade	Quantidade transportada Número de viagens realizadas Capacidade do veículo Número total de pedidos	t qtd t qtd	Quantidade transportada/Número de viagens realizadas Quantidade transportada/Número de veículos disponíveis em operação Número de viagens realizadas/Período de tempo Demanda do produto/Número de localidades que o veículo se encontra presente	t/qtd t/qtd qtd/dia t/qtd
Socioambiental	Segurança	Número de acidentes com a carga transportada Custo total com acidentes	qtd US\$	Número de acidentes com a carga transportada/Período de tempo Custo total com acidentes/Número de acidentes com a carga transportada	qtd/ano US\$/qtd
	Consumo de Energia	Consumo total de energia Consumo total de energia renovável	MJ MJ	Consumo total de energia/Distância percorrida Consumo total de energia/Quantidade transportada	MJ/km MJ/t
	Emissão de Gases de Efeito Estufa	Emissão de CO <sub>2</sub> Emissões de metano Emissões de CFC Emissão total de GEE	kg kg kg kg	Emissão de CO <sub>2</sub> /Distância percorrida ou Emissão de CO <sub>2</sub> /Quantidade transportada Emissões de metano/Distância percorrida Emissões de CFC/Quantidade transportada Emissão total de GEE/Distância percorrida	kg /km ou kg/t t/km kg/t kg/km
	Poluição sonora	Intensidade total de ruído emitido pelos escapes dos veículos Intensidade de ruído do motor Intensidade média de ruído emitida por motores	Db Db Db	Intensidade total de ruído emitido pelos escapes dos veículos Intensidade de ruído do motor Intensidade média de ruído emitida por motores	Db/h Db/h Db/h

Fonte: adaptado de Junior (2010).

A Tabela 8 apresenta os indicadores e medidas de desempenho relacionadas aos critérios que serão avaliados neste presente trabalho.

**Tabela 8:** Indicadores e medidas de desempenho escolhidos

<b>Critério</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medida (unidade)</b>
(C <sub>1</sub> ) Custo	Custo total do transporte	US\$/metro cúbico x quilómetro (US\$/m <sup>3</sup> x km)
(C <sub>2</sub> ) Confiabilidade	Eficácia (percentagem)	%
(C <sub>3</sub> ) Tempo	Distância por velocidade	Hora (h)
(C <sub>4</sub> ) Capacidade	Quantidade transportada por número de viagens realizadas	Metro cúbico/número de viagens (m <sup>3</sup> /nº de viagens)
(C <sub>5</sub> ) Segurança	Número de acidentes com a carga transportada por período de tempo	Número de acidentes/ano
(C <sub>6</sub> ) Consumo de energia	Consumo total de energia por distância percorrida	Megajoules/ quilómetro (MJ/km)
(C <sub>7</sub> ) Emissão de gases efeito estufa	Emissão de CO <sub>2</sub> por distância percorrida	Quilograma /quilómetro (kg/km)
(C <sub>8</sub> ) Poluição sonora	Intensidade média de ruído emitido pelo motor	Número de decibéis (Db)

Fonte: adaptado de Junior (2010).

#### 5.5.4.4. Método de avaliação

O processo de escolha do método multicritério a ser utilizado como apoio à decisão depende de fatores como: as características do problema, o contexto, a estrutura de preferência do decisor e o tipo de problemática (Almeida e Costa, 2003). Assim, dada a quantidade de métodos multicritério à tomada de decisão existentes e da multiplicidade de características inerentes a cada um (Helmann e Marçal, 2007), torna-se imprescindível selecionar aqueles que serão aplicados nesta pesquisa.

Tendo em conta os objetivos do presente trabalho foram escolhidos o TOPSIS e o GRA dentre as técnicas para auxílio à decisão com julgamento *a posteriori*.

- **TOPSIS**

TOPSIS<sup>3</sup> é um programa especializado que auxilia o processo de hierarquização das alternativas. Desenvolvido por Hwang e Yoon em 1981, o TOPSIS é um método de classificação simples tanto na concepção como na sua aplicação. O método padrão de TOPSIS tenta escolher alternativas que têm simultaneamente a mais curta distância da solução ideal e a maior distância da solução indesejável. A solução ideal maximiza os critérios de benefícios e minimiza os critérios de custo, ao passo que a solução indesejável maximiza os critérios de custo e minimiza o critério de benefício (Behzadian, Otaghsara, Yazdani e Ignatius, 2012). Behzadian et al. (2012) asseveram que, para se aplicar esta técnica, os valores dos critérios devem ser numéricos, aumentando ou diminuindo uniformemente, e possuir unidades comensuráveis.

Segundo Hwang e Yoon (1981) o processo gradual de para a implementação do TOPSIS diz o seguinte: depois de formar uma matriz de decisão inicial, o procedimento inicia-se com a normalização da matriz de decisão. Segue-se depois com a construção da matriz de decisão normalizada ponderada no passo 2, determinando as soluções ideais positivas e negativas no passo 3, e calculando as medidas de separação de cada alternativa no passo 4. O procedimento termina com o cálculo do coeficiente de proximidade relativa.

O conjunto das alternativas pode ser classificado de acordo com a ordem decrescente do coeficiente de proximidade. Seleciona-se a alternativa com a aproximação relativa à 1, tida como solução ideal (Behzadian et al., 2012).

- **GRA**

Análise relacional *grey* ou (GRA), sigla que provém da abreviação inglesa de *Grey Relational Analysis*, é uma técnica de suporte multicritério à tomada de decisão que integra a teoria de sistemas *grey* proposta por Deng em 1982 (Deng, 1989). Este método é utilizado para determinar o grau de relacionamento entre uma observação referencial e observações levantadas, com o propósito de estabelecer um grau de proximidade com o estado meta, isto é, o resultado pretendido (Liu e Lin, 2006 apud Leal Jr., 2010).

Seja um conjunto de observações  $\{x_0^{(0)}, x_1^{(0)}, \dots, x_m^{(0)}\}$ , onde  $x_0^{(0)}$  é uma observação referencial e  $x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_m^{(0)}$  são observações originais a serem comparadas, onde cada observação  $x_1$  possui  $n$  medidas que são descritas sob forma de séries

---

<sup>3</sup> *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (Hwang e Yoon, 1981).

$x_i^{(0)} = \{x_i^{(0)}(k), \dots, x_m^{(0)}(n)\}$  e cada componente dessa série, antes de qualquer operação, é normalizado da seguinte forma:

Se quanto maior melhor, então:

$$x_i^{(1)}(k) = \frac{x_i^{(0)}(K) - \min_{\forall_i} (x_i^{(0)}(k))}{\max_{\forall_i} (x_i^{(0)}(k)) - \min_{\forall_i} (x_i^{(0)}(k))} \quad \text{para } i: 0\dots m, \quad K: 1..n \quad (\text{Equação 1.})$$

Se quanto menor melhor, então:

$$x_i^{(1)}(k) = \frac{\max_{\forall_i} (x_i^{(0)}(k)) - x_i^{(0)}(k)}{\max_{\forall_i} (x_i^{(0)}(k)) - \min_{\forall_i} (x_i^{(0)}(k))} \quad \text{para } i: 0\dots m, \quad K: 1..n \quad (\text{Equação 2.})$$

Onde:  $x_i^{(1)}(k)$  é o valor normalizado de uma medida  $k$  para uma observação original  $x_i^{(0)}$ .

A série cujos atributos normalizados são as melhores possíveis e que representa o estado desejado para qualquer série é representada por  $x_0$ , com os seus valores igualados a 1. Após a normalização dos dados de cada série, calculam-se os coeficientes relacionais *grey* ( $\gamma$ ) são calculados de acordo com a equação 3:

$$\gamma(x'_0(k), x'_i(k)) = \frac{\min_{\forall_i} \min_{\forall_k} |x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_{\forall_i} \max_{\forall_k} |x_0(k) - x_i(k)|}{x_0(k) - x_i(k) + \zeta \max_{\forall_i} \max_{\forall_k} |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (\text{Equação 3.})$$

Onde  $\zeta \in [0.1]$  assume geralmente o valor 0.5 sendo útil apenas para distinguir os elementos da série, sem influenciar a ordem final das séries (Deng, 1989 apud Leal Jr., 2011). Os coeficientes relacionais expressam a similaridade entre as respectivas medidas associadas à série padrão e às séries comparativas, refletindo o quão distante cada um está do seu respectivo indicador na série padrão.

Após o estabelecimento dos coeficientes relacionais *grey*, urge a necessidade de se estabelecer os graus de relacionamento *grey* para cada série (Deng, 1989 apud Junior,

2010), conforme a equação 4, que é a média aritmética simples dos coeficientes relacionais *grey* para cada alternativa.

$$\Gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_i (x'_0(k), x'_i(k)) \quad (\text{Equação 4.})$$

Os graus de relacionamento *grey* podem ser também calculados ponderando os coeficientes relacionais *grey*, sendo no entanto necessário a atribuição de valores aos pesos (Junior, 2010). Neste caso, utiliza-se a equação 5 para calcular a média ponderada.

$$\Gamma_i = \sum_{k=1}^n \beta_k \gamma_i (x'_0(k), x'_i(k)) \quad (\text{Equação 5.})$$

Onde o  $\beta_k$  é o peso de cada atributo e o somatório de  $\beta_k$  deve ser igual a 1.

Após o cálculo dos graus de relacionamento *grey*, classificam-se as sequências, sendo esse procedimento denominado classificação relacional de *grey*. Apesar de haver diferentes variações no cálculo dos graus de relacionamento *grey* (Liu e Lin, 2006 apud Junior, Silva e Costa, 2013), no presente trabalho serão considerados as equações 4 e 5.

A aplicação do GRA e TOPSIS neste trabalho deve-se ao fato de os resultados destes serem avaliados posteriormente. Além disso, essas técnicas de auxílio multicritério são das mais utilizadas e referenciadas no setor do transporte. A Tabela 9 apresenta de forma sucinta as vantagens e desvantagens dessas técnicas.

**Tabela 9:** Vantagens e desvantagens do TOPSIS e GRA

Técnica	Vantagem	Desvantagem
<b>TOPSIS</b>	<p>*Apresenta popularidade e simplicidade no conceito (Krohling e Campanharo, 2009);</p> <p>*Modo como aborda um problema de decisão, comparando duas situações hipotéticas: ideal e indesejável (Salomon e Pamplona, 1999).</p>	<p>*Incapacidade para tratar adequadamente incerteza e imprecisão, inerentes ao processo de mapeamento da percepção dos tomadores de decisão;</p> <p>*Os tomadores de decisão poderiam ser incapazes de atribuir valores numéricos a julgamentos de comparação (Krohling e Campanharo, 2009).</p>
<b>GRA</b>	<p>*Evita os efeitos inerentes aos métodos quantitativos convencionais;</p> <p>* É utilizada para analisar o grau de relacionamento de muitas sequências discretas e selecionar a melhor;</p> <p>* Necessita de uma quantidade limitada de dados (entradas multi-dados, dados discretos e dados insuficientes) para estimar o comportamento de um sistema incerto;</p> <p>*Apresenta simplicidade na aplicação;</p>	<p>*É necessário ter quantificação de atributos;</p> <p>*Poucos fatores são permitidos e podem ser expressos funcionalmente;</p>

Fonte: adaptado de Junior (2010).

## **CAPÍTULO VI - METODOLOGIA**

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1. Amostra**

A amostra do estudo cingiu-se a SONANGOL Logística, empresa responsável pelo armazenamento e transporte de produtos petrolíferos, e o Caminho-de-ferro de Benguela (CFB), empresa responsável pelo transporte ferroviário. Uma vez que o estudo foi realizado em empresas estatais, a obtenção dos dados sobre a operação de transporte foi por meio de entrevistas aos diretores das referidas empresas na província de Benguela no caso do CFB e Huambo no caso da SONANGOL.

### **6.2. Instrumento/Entrevista**

Para dar-se resposta aos objetivos do estudo, foi planeada uma entrevista semiestruturada, que serviu como instrumento de recolha de dados quantitativos sobre os critérios económicos e socioambientais em apreciação no caso de estudo. A mesma foi objetiva, limitada em extensão, e referia-se ao período entre 2011 e o primeiro semestre de 2013.

Na entrevista, apresentou-se as duas alternativas modais reais, rodoviária e ferroviária, e uma hipotética, modo dutoviário, tendo como critérios para avaliação o custo, confiabilidade, tempo de trânsito, capacidade, segurança, consumo energético, emissão de gases de efeito estufa e poluição sonora.

Para facilitar o entendimento dos indicadores para a avaliação dos critérios, foi importante descrever o que se pretendia com cada critério conforme mostra a Tabela 10, tendo em conta as medidas da Tabela 8.



**Tabela 10:** Descrição dos critérios em avaliação

<b>Critérios</b>	<b>Descrição</b>
Capacidade	Relaciona-se à quantidade de gasóleo transportado por número de viagens realizadas.
Confiabilidade	Capacidade de cumprir com o prazo previsto
Consumo de energia	Refere-se à quantidade de energia consumida durante o transporte
Custo	Refere-se ao pagamento pelo embarque do gasóleo da origem ao ponto de destino (Lobito à Huambo).
Emissão de gases de efeito estufa	Quantidade de emissão de dióxido de carbono CO <sub>2</sub> proveniente da queima de combustível fóssil (diesel) entre Lobito e Huambo.
Poluição sonora	Nível de ruído emitido pelo veículo em trânsito.
Segurança	Refere-se aos acidentes rodoviários e ferroviários que acontecem durante o transporte.
Tempo	Refere-se a distância percorrida na forma de velocidade que se relaciona ao tempo médio gasto no percurso da origem até o destino.

Fonte: adaptado de Junior (2010).

### **6.3. Procedimento e tratamento de dados**

Após a elaboração das questões, telefonou-se ao diretor da SONANGOL Logística (Huambo) e ao diretor do CFB (Benguela) para que respondessem as mesmas. De realçar que os dados relativos aos critérios da alternativa ferroviária foram estimados pelo director do CFB e os valores dos critérios das alternativas rodoviária e dutoviária foram estimados pelo diretor da SONANGOL. As respostas recolhidas são as apresentadas na Tabela 11. Importa salientar ainda que os entrevistados responderam afirmativamente a questão sobre as percentagens atribuídas ao critério confiabilidade referenciada na literatura.

**Tabela 11:** Respostas recolhidas da entrevista

<b>Alternativa</b>	<b>Custo</b>	<b>Confiabilidade</b>	<b>Tempo</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Segurança</b>	<b>Consumo energético</b>	<b>Emissão de CO<sub>2</sub></b>	<b>Polição sonora</b>
Rodoviária	US\$ 355650	95 (%)	3266.71 Horas	30 (m <sup>3</sup> )	2 Acidentes	1533847.32 Megajoules	110962.8 Kg	19916.4 Decibel
Ferroviária	US\$ 284520	70 (%)	14 Horas	7113 (m <sup>3</sup> )	0 Acidente	189991.41 Megajoules	13744.51 Kg	89 Decibel
Dutoviária	US\$ 177825	100 (%)	86 Horas	7113 (m <sup>3</sup> )	0 Acidente	519956 Megajoules	0 Kg	0 Decibel

Uma vez anotadas as respostas, para a tabulação e apresentação de dados, foram utilizados o programa TOPSIS e a técnica GRA que auxiliaram na hierarquização das alternativas. Na atribuição de pesos para cada critério, foi utilizado o método subjetivo (*Equal or Unit Weighting*), face a recusa da SONANGOL Logística em abordar questões relacionadas ao seu processo de decisão.

## **CAPÍTULO VII - ESTUDO DE CASO**

## 7. ESTUDO DE CASO

O transporte de produtos petrolíferos tem crescido nos últimos anos em Angola, país em franco crescimento económico. O advento da paz trouxe a possibilidade de o combustível refinado ser transportado com maior segurança em todo território nacional, por causa da ligação terrestre, fruto do fim da guerra civil.

A província do Huambo<sup>4</sup> possui um terminal de distribuição com capacidade nominal de 7113 m<sup>3</sup> de gasóleo cujo consumo quinzenal cifra-se nos 6970.80 m<sup>3</sup>. O combustível refinado é primeiramente transportado por via marítima até a província de Benguela, donde é expedido à província do Huambo, por via rodoviária.

A SONANGOL Logística, subsidiária da SONANGOL EP, empresa pública angolana fundada em 2003 é a responsável pela prestação de serviços logísticos no segmento *downstream* da indústria petrolífera nacional com o objetivo de atender efetiva e eficientemente às necessidades do mercado angolano.

Os camiões-cisterna da SONANGOL percorrem 372 quilómetros<sup>5</sup> (km), transportando gasóleo para a província do Huambo, provenientes do município do Lobito, província de Benguela. A capacidade de carga dos camiões-cisterna utilizados na operação de transporte varia entre os 5 m<sup>3</sup> a 30 m<sup>3</sup>, obrigando a empresa a efetuar várias viagens, a fim de abastecer o mercado consumidor de combustível da província do Huambo. Além disso, a insuficiência da sua frota tem obrigado a SONANGOL a contratar camiões-cisterna para prestação de serviço. As despesas decorrentes do transporte rodoviário têm sido enormes para os cofres da SONANGOL, empresa estatal angolana.

Os acidentes rodoviários em Angola são a segunda causa de morte depois da malária. O país apresenta uma das mais elevadas taxas de sinistralidade rodoviária do mundo. As províncias de Benguela e Huambo estão entre as províncias com maior registo de acidentes. Apesar de haver infraestruturas ferroviárias e a topografia da região do planalto central permitir hipoteticamente a possibilidade de se transportar o combustível refinado por modo dutoviário, através da construção de um sistema de oleodutos, essa atividade é realizada exclusivamente pela via rodoviária.

---

<sup>4</sup> Ver anexo I.

<sup>5</sup> Ver anexo II.

## **CAPÍTULO VIII - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1. Análise dos resultados do programa TOPSIS

Após a agregação dos dados recolhidos, utilizou-se o programa TOPSIS para avaliação do desempenho das alternativas.

#### 8.1.1. Cenário atual – TOPSIS

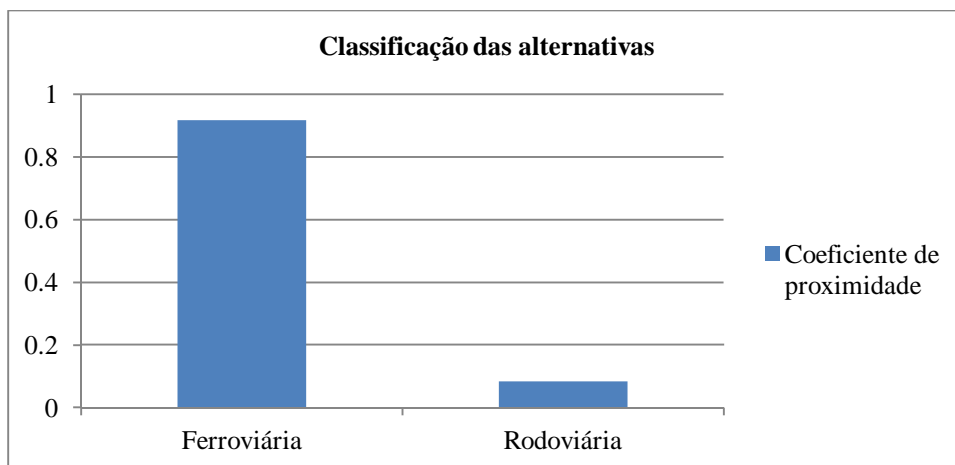
No cenário atual, os resultados obtidos mostram que a ferrovia apresenta um coeficiente mais próximo de 1, o que significa que esta alternativa supera a alternativa rodoviária, conforme mostra a Tabela 12. Os dados de entrada que deram origem a estes resultados constam da Tabela 11 (as duas primeiras linhas).

**Tabela 12:** Coeficiente de proximidade das alternativas (cenário atual) – TOPSIS

Classificação	Alternativa	Coeficiente
1	Ferrovária	0.9172
2	Rodoviária	0.0828

O conjunto das alternativas aparece classificado de acordo com a ordem decrescente do coeficiente de proximidade. Segundo Hwang e Yoon (1981), seleciona-se a alternativa com o coeficiente próximo de 1, tida como solução ideal, que neste caso é a ferrovia.

Uma vez encontrados os coeficientes de proximidade das alternativas é possível representar graficamente a hierarquização do desempenho, como mostra o Gráfico 2. Observa-se que o modo ferroviário apresenta-se como a alternativa ideal e o modo rodoviário como a alternativa indesejável.



**Gráfico 2:** Hierarquização das alternativas (cenário atual) – TOPSIS

#### 8.1.1.1. Análise de sensibilidade do cenário atual – TOPSIS

A análise de sensibilidade visa avaliar o desempenho das alternativas, por meio da alteração os pesos dos critérios. A Tabela 13 apresenta o perfil dos pesos atribuídos aos critérios a fim de se averiguar o desempenho das alternativas.

**Tabela 13:** Perfil dos pesos para análise de sensibilidade – TOPSIS

Perfil	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	Total
1	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	30 %	100 %
2	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	30 %	10 %	100 %
3	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	30 %	10 %	10 %	100 %
4	10 %	10 %	10 %	10 %	30 %	10 %	10 %	10 %	100 %
5	10 %	10 %	10 %	30 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
6	10 %	10 %	30 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
7	10 %	30 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
8	30 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
9	20 %	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
10	20 %	10 %	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
11	20 %	10 %	10 %	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
12	20 %	10 %	10 %	10 %	20 %	10 %	10 %	10 %	100 %
13	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %	10 %	10 %	100 %
14	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %	10 %	100 %
15	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %	100 %

**Tabela 13:** Perfil dos pesos para análise de sensibilidade – TOPSIS (cont.)

16	10 %	20 %	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
17	10 %	10 %	20 %	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	100 %
18	10 %	10 %	10 %	20 %	20 %	10 %	10 %	10 %	100 %
19	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %	20 %	10 %	10 %	100 %
20	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %	20 %	10 %	100 %
21	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %	20 %	100 %

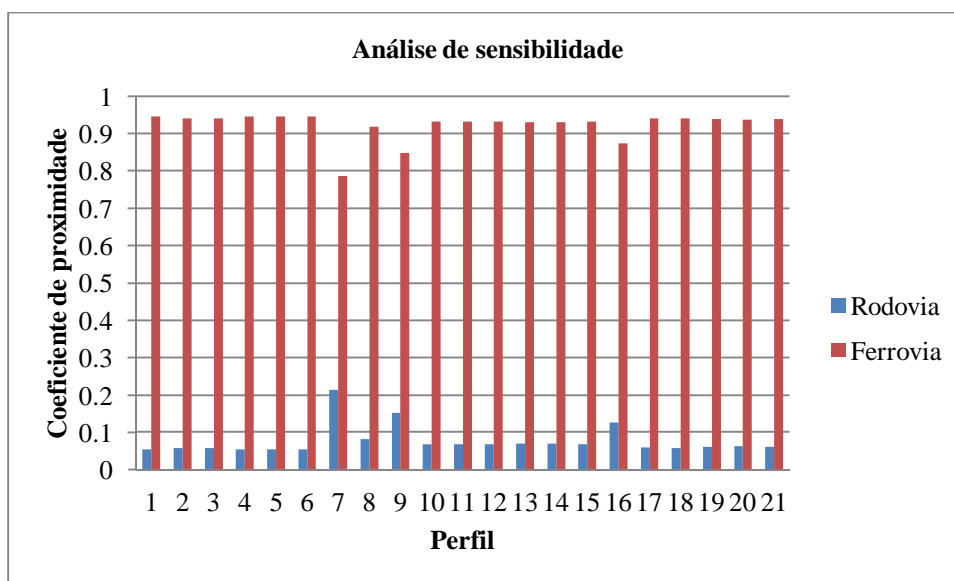
Com a alteração dos pesos de cada critério observa-se que não houve alteração quanto à hierarquização das alternativas, tal como mostra a Tabela 14.

**Tabela 14:** Resultados dos coeficientes de proximidade com a variação dos pesos (cenário atual) – TOPSIS

Perfil	Rodovia	Ferrovia
1	0.0546	0.9454
2	0.0587	0.9413
3	0.0587	0.9413
4	0.0545	0.9455
5	0.0546	0.9454
6	0.0546	0.9454
7	0.2131	0.7869
8	0.0815	0.9185
9	0.1520	0.8480
10	0.0675	0.9325
11	0.0675	0.9325
12	0.0674	0.9326
13	0.0703	0.9297
14	0.0703	0.9297
15	0.0675	0.9325
16	0.1270	0.8730
17	0.0589	0.9411
18	0.0588	0.9412
19	0.0606	0.9394
20	0.0627	0.9373
21	0.0607	0.9393

A análise de sensibilidade mostra que a variação dos pesos de cada critério não altera a hierarquização das alternativas, isto é, não há mudança na ordem das alternativas, pois, o modo ferroviário continua a ser a alternativa ideal e o modo rodoviário, a alternativa indesejável, conforme mostra o Gráfico 3.





**Gráfico 3:** Sensibilidade das alternativas com variação de pesos (cenário atual) – TOPSIS

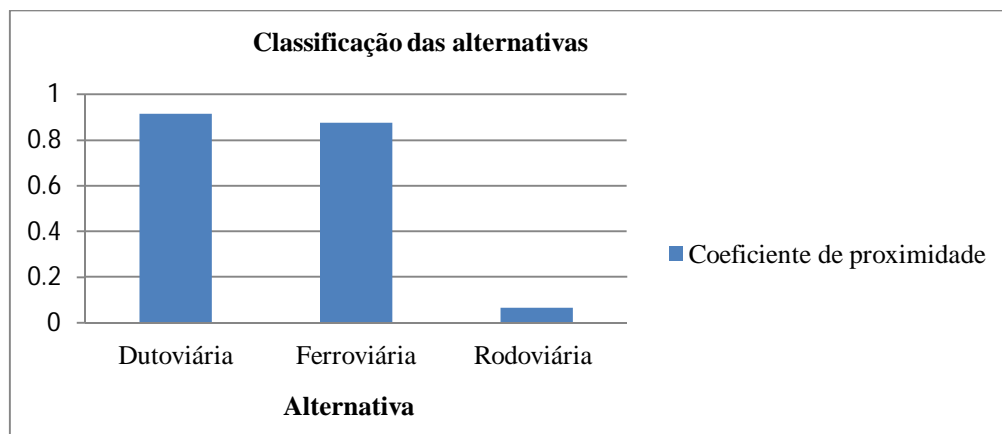
### 8.1.2. Cenário hipotético – TOPSIS

No cenário hipotético, caso os valores dos critérios da Tabela 11 permaneçam inalterados, os resultados obtidos mostram que a dutovia apresenta-se como a alternativa ideal, seguido pela ferrovia, e em último lugar, a rodovia, conforme mostra a Tabela 15.

**Tabela 15:** Resultado do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – TOPSIS

Classificação	Alternativa	Coeficiente de proximidade
1	Dutoviária	0.9164
2	Ferrovária	0.8752
3	Rodoviária	0.0657

Observa-se no Gráfico 4 que o modo dutoviário supera ligeiramente o modo ferroviário. A alternativa rodoviária continua a apresentar o pior desempenho das três alternativas, sendo no entanto a alternativa indesejável.



**Gráfico 4:** Hierarquização do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – TOPSIS

#### 8.1.2.1. Análise de sensibilidade do cenário hipotético – TOPSIS

Com a variação dos pesos de acordo com a Tabela 13, observa-se a mesma disposição, isto é, a dutovia continua a ser a alternativa ideal, seguida pela ordem ferroviária e rodoviária, conforme mostra a Tabela 16.

**Tabela 16:** Coeficientes de proximidade com a variação dos pesos (cenário hipotético) – TOPSIS

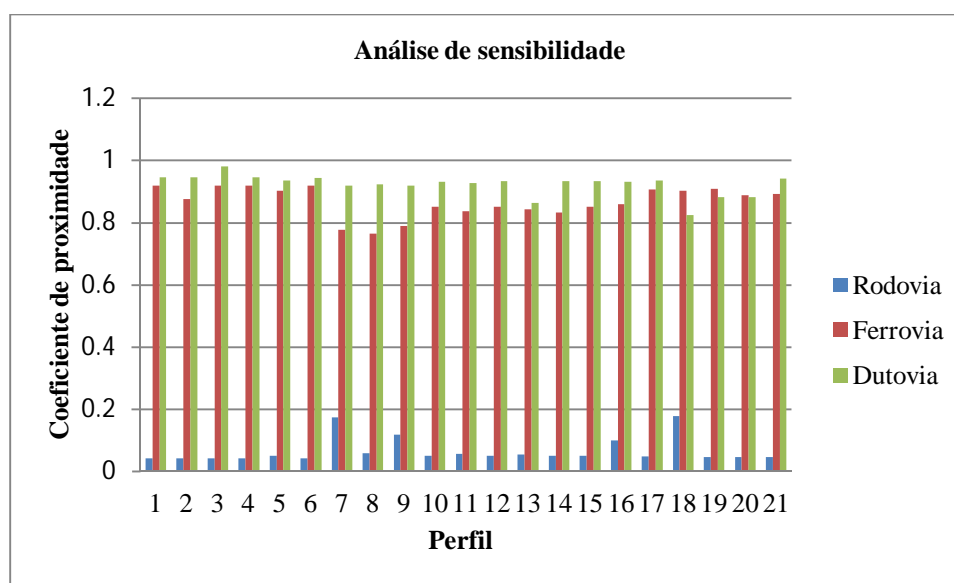
Perfil	Rodovia	Ferrovia	Dutovia
1	0.0425	0.9188	0.9465
2	0.0426	0.8757	0.9463
3	0.0423	0.9193	0.9814
4	0.0425	0.9190	0.9465
5	0.0505	0.9040	0.9363
6	0.0426	0.9188	0.9433
7	0.1741	0.7781	0.9187
8	0.0603	0.7650	0.9235
9	0.1194	0.7893	0.9201
10	0.0521	0.8513	0.9326
11	0.0569	0.8378	0.9279
12	0.0520	0.8515	0.9343
13	0.0550	0.8432	0.8632
14	0.0521	0.8338	0.9341
15	0.0520	0.8513	0.9343
16	0.1011	0.8589	0.9315
17	0.0492	0.9063	0.9365
18	0.1792	0.9031	0.8252
19	0.0479	0.9088	0.8818

**Tabela 16:** Coeficientes de proximidade com a variação dos pesos (cenário hipotético) – TOPSIS (cont.)

20	0.0480	0.8884	0.8816
21	0.0460	0.8931	0.9420

Todavia, importa salientar que a partir do perfil 18 ao 20, regista-se uma alteração na ordem de escalonamento. No perfil 18, quando os pesos dos critérios capacidade (C4) e segurança (5) forem 20 % e os outros pesos dos critérios forem 10 %, a ferrovia prevalece sobre a dutovia e rodovia respetivamente.

O perfil 19 apresenta a mesma tendência, isto é, a alternativa ferroviária prevalece sobre a dutoviária e rodoviária quando os critérios segurança (C5) e consumo energético (C6) forem 20 % e o restante permanecer em 10 %. Verifica-se também esta tendência no perfil 20 quando os pesos dos critérios consumo energético (C6) e emissão de gases (C7) forem 20 % e o resto dos pesos permanecer em 10 %, tal como mostra o Gráfico 5.



**Gráfico 5:** Sensibilidade das alternativas com variação de pesos (cenário hipotético) – TOPSIS

De salientar que, para o perfil 18, 19 e 20 a melhor alternativa é a ferrovia. Nestes perfis dá-se maior peso aos critérios capacidade (C4), segurança (C5), consumo energético (C6), emissão de gases (C7). Na totalidade da análise de sensibilidade verifica-se que as alternativas dutoviária e ferroviária estão muito próximas, e portanto, cabe ao agente de decisão fazer uma análise mais profunda e concreta sobre qual aplicar.

## 8.2. Análise dos resultados do método GRA

Para a normalização dos dados da Tabela 11 quer no cenário atual como no hipotético, utilizou-se a equação 1 para os critérios confiabilidade e capacidade, enquanto para os critérios de custo, tempo, segurança, consumo de energia, emissão de gases de efeito estufa e poluição sonora, utilizou-se a equação 2.

### 8.2.1. Cenário atual – GRA

No cenário atual, os resultados da normalização estão dispostos na Tabela 17. Nessa tabela, a série padrão será representada por  $X'_0$ , sendo os valores da mesma igualados a 1. Os dados de entrada que deram origem a estes resultados constam da Tabela 11 (as duas primeiras linhas).

**Tabela 17:** Matriz de séries normalizadas conforme as equações 1 e 2 (cenário atual)

Alternativa	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
Rodoviária	0	1	0	0	0	0	0	0
Ferrovária	1	0	1	1	1	1	1	1
(X' <sub>0</sub> )	1	1	1	1	1	1	1	1

Após a normalização, urge-se a necessidade de se elaborar a matriz de diferenças das séries, conforme apresentada na Tabela 18, apresentando a diferença de cada série em relação à série padrão. Com essa matriz torna-se fácil determinar as maiores e menores diferenças que são necessárias para o cálculo dos coeficientes relacionais *grey*.

**Tabela 18:** Matriz de diferenças da série padrão (cenário atual) – GRA

Alternativa	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
Rodoviária	1	0	1	1	1	1	1	1
Ferrovária	0	1	0	0	0	0	0	0

De seguida, calcula-se os coeficientes relacionais, por meio da equação 3 admitindo que  $\zeta = 0.5$  conforme mostra a Tabela 19.

**Tabela 19:** Coeficiente relacional grey (cenário atual) – GRA

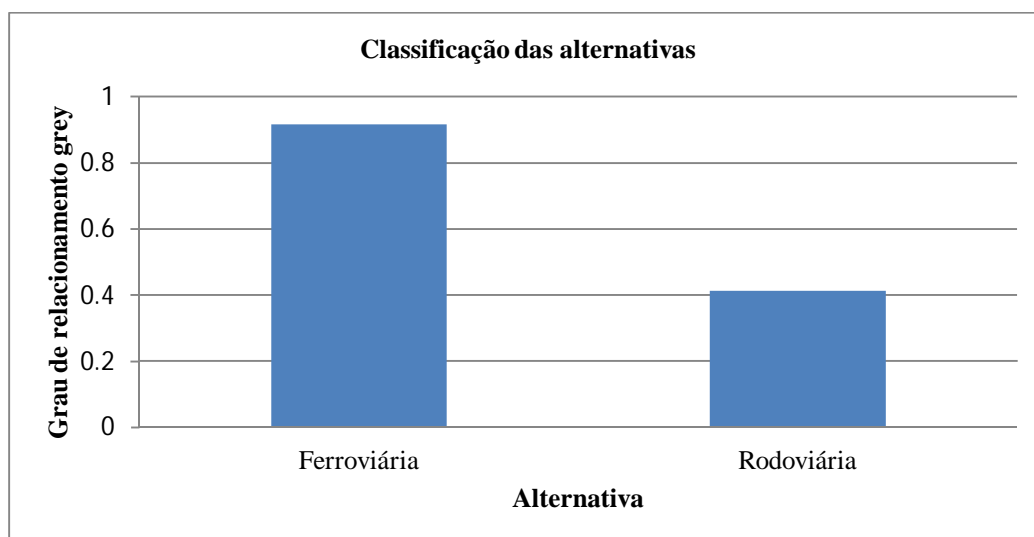
Alternativa	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
Rodoviária	0.33	1	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Ferroviária	1	0.33	1	1	1	1	1	1

Para o cálculo do grau de relacionamento grey ( $\Gamma_i$ ) utilizou-se a equação 4. Os graus das alternativas aparecem na Tabela 20.

**Tabela 20:** Graus de relacionamento grey (cenário atual) – GRA

Alternativa	$\Gamma_i$
Ferroviária	0.91625
Rodoviária	0.41375

Depois do cálculo dos graus de relacionamento *grey*, hierarquizou-se as sequências, sendo esse procedimento denominado classificação relacional *grey*. Analisando os resultados obtidos, observa-se que a alternativa ferroviária apresenta melhor desempenho para o transporte de gásóleo quando comparada com o transporte rodoviário, conforme mostra o Gráfico 6.



**Gráfico 6:** Hierarquização do desempenho das alternativas (cenário atual) – GRA

### 8.2.1.1. Análise de sensibilidade do cenário atual – GRA

Para realização da análise de sensibilidade alterou-se os pesos de cada atributo que na análise inicial permaneceram iguais. Neste caso, utilizou-se a equação 5 para o cálculo dos graus de relacionamento *grey*.

A Tabela 21 apresenta o perfil dos pesos atribuídos aos critérios consoante a seguinte premissa: o somatório dos pesos deve ser igual a 1.

**Tabela 21:** Perfil de pesos para análise de sensibilidade – GRA

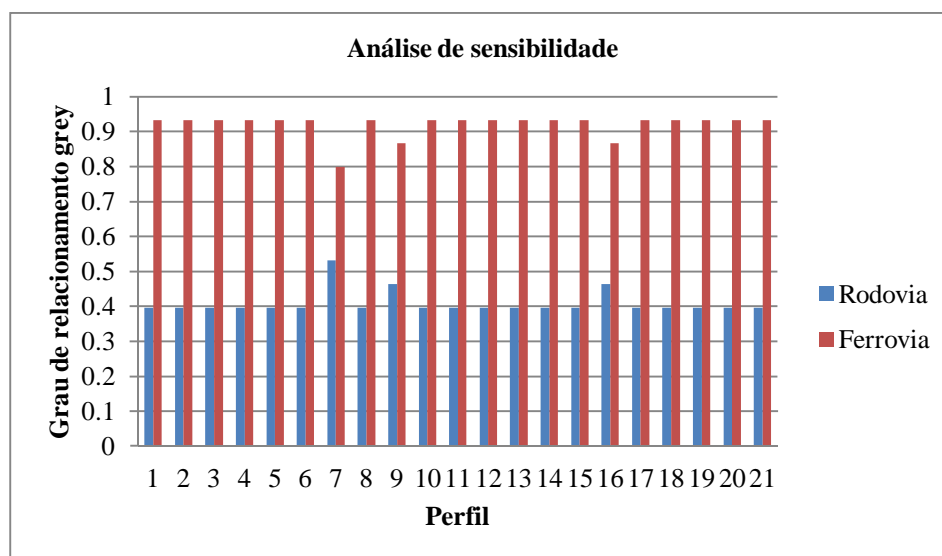
Perfil	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	Total
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	1
2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	1
3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	1
4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	1
5	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	1
6	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
7	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
8	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
9	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
10	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
11	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1
12	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1
13	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	1
14	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	1
15	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	1
16	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
17	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1
18	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	1
19	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	1
20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	1
21	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	1

Ao utilizar os pesos da Tabela 21 para o cálculo do grau análise relacional *grey*, chega-se aos resultados, apresentados na Tabela 22.

**Tabela 22:** Resultados da análise de sensibilidade (cenário atual) – GRA

Perfil	Rodovia	Ferrovia
1	0.397	0.933
2	0.397	0.933
3	0.397	0.933
4	0.397	0.933
5	0.397	0.933
6	0.397	0.933
7	0.531	0.799
8	0.397	0.933
9	0.464	0.866
10	0.397	0.933
11	0.397	0.933
12	0.397	0.933
13	0.397	0.933
14	0.397	0.933
15	0.397	0.933
16	0.464	0.866
17	0.397	0.933
18	0.397	0.933
19	0.397	0.933
20	0.397	0.933
21	0.397	0.933

Os resultados da tabela acima podem ser representados graficamente, conforme mostra o Gráfico 7.



**Gráfico 7:** Sensibilidade do desempenho das alternativas (cenário atual) – GRA

Como se pode observar, apesar de os pesos serem alterados, a ordem de escalonamento das alternativas não se altera, isto é, o transporte ferroviário continua a prevalecer sobre o transporte rodoviário.

### 8.2.2. Cenário hipotético – GRA

No cenário hipotético, os resultados da normalização da Tabela 11 estão dispostos na Tabela 23. A série padrão será representada por  $X'_0$ , sendo os valores da mesma igualados a 1.

**Tabela 23:** Matriz de séries normalizadas conforme as equações 1 e 2 (cenário hipotético) – GRA

Alternativa	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
Rodoviária	0	0.83	0	0	0	0	0	0
Ferrovária	0.4	0	1	1	1	1	0.87	0.99
Dutoviária	1	1	0.97	1	1	0.75	1	1
(X' <sub>0</sub> )	1	1	1	1	1	1	1	1

Após a normalização, seguiu-se os passos aplicados no cenário atual para chegar-se aos resultados da matriz de diferenças da série padrão e do cálculo dos coeficientes relacionais grey, conforme apresentadas na Tabela 24 e 25 respectivamente.

**Tabela 24:** Matriz de diferenças da série padrão (cenário hipotético) – GRA

Alternativa	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
Rodoviária	1	0.17	1	1	1	1	1	1
Ferrovária	0.6	1	0	0	0	0	0.13	0.01
Dutoviária	0	0	0.03	0	0	0.25	0	0

**Tabela 25:** Coeficiente relacional grey (cenário hipotético) – GRA

Alternativa	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
Rodoviária	0.33	0.75	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Ferrovária	0.45	0.33	1	1	1	1	0.79	0.98
Dutoviária	1	1	0.94	1	1	0.67	1	1

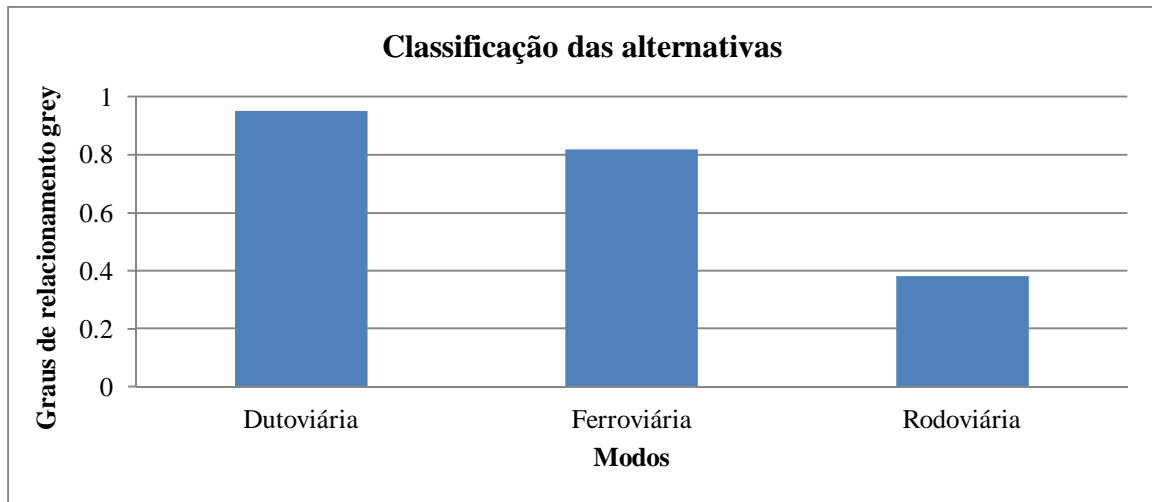
Logo a seguir, calculou-se os graus de relacionamento grey com base na equação 4. A Tabela 26 apresenta o resultado dos graus de relacionamento grey.



**Tabela 26:** Graus de relacionamento grey (cenário hipotético) – GRA

Alternativa	$\Gamma_i$
Dutoviária	0.95125
Ferroviária	0.81875
Rodoviária	0.3825

Analisando os resultados obtidos, observa-se que a alternativa dutoviária apresenta-se como a melhor para o transporte de gásóleo, com 0.95125 de desempenho quando comparada com as demais. O transporte rodoviário, alternativa é a pior, obtendo um desempenho de 0.3825, conforme mostra o Gráfico 8.



**Gráfico 8:** Hierarquização do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – GRA

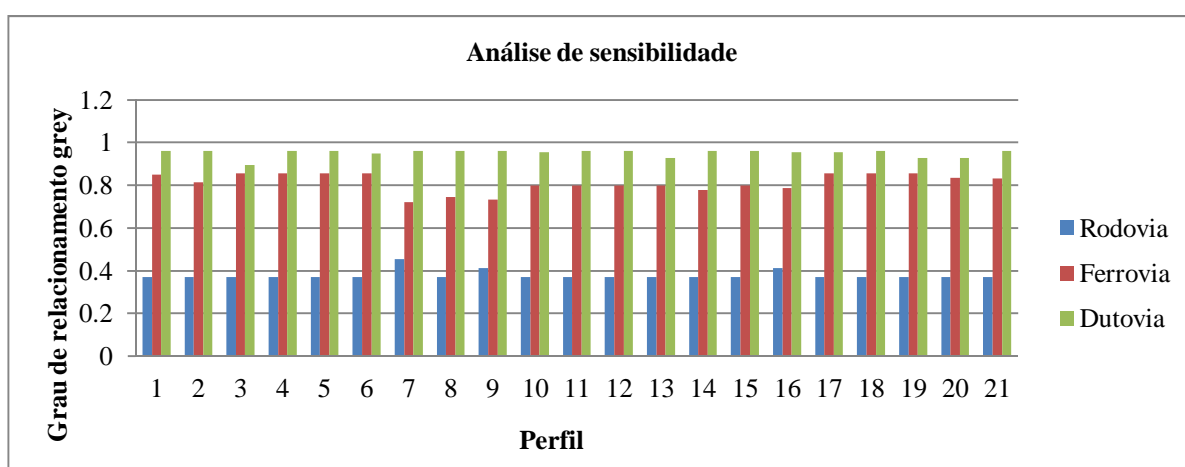
#### 8.2.2.1. Análise de sensibilidade do cenário hipotético – GRA

No caso hipotético, seguiu-se o mesmo procedimento, isto é, utilizou-se a equação 5 para o cálculo dos graus de relacionamento *grey* com base nos pesos da Tabela 21, e chegou-se aos resultados apresentados na Tabela 27.

**Tabela 27:** Resultados da análise de sensibilidade (cenário hipotético) – GRA

Perfil	Rodovia	Ferrovia	Dutovia
1	0.372	0.851	0.961
2	0.372	0.813	0.961
3	0.372	0.855	0.895
4	0.372	0.855	0.961
5	0.372	0.855	0.961
6	0.372	0.855	0.949
7	0.456	0.721	0.961
8	0.372	0.745	0.961
9	0.414	0.733	0.961
10	0.372	0.8	0.955
11	0.372	0.8	0.961
12	0.372	0.8	0.961
13	0.372	0.8	0.928
14	0.372	0.779	0.961
15	0.372	0.798	0.961
16	0.414	0.788	0.955
17	0.372	0.855	0.955
18	0.372	0.855	0.961
19	0.372	0.855	0.928
20	0.372	0.834	0.928
21	0.372	0.832	0.961

Como se pode verificar, a alteração dos pesos dos critérios não alterou a ordem de classificação das alternativas. Os resultados da tabela acima podem ser representados graficamente, conforme mostra o Gráfico 9.



**Gráfico 9:** Sensibilidade do desempenho das alternativas (cenário hipotético) – GRA

Ao contrário da abordagem TOPSIS, a alternativa dutoviária é sempre vencedora, com alguma diferença face à alternativa ferroviária. Face aos dados de entrada considerados a alternativa rodoviária não deve ser seguida.

#### 8.2.2.2. Comparação de resultados entre TOPSIS e GRA

A Tabela 28 mostra-nos para o cenário atual a diferença de pontuação existente para as duas alternativas, com resultados similares para a primeira alternativa (em torno do 0.9). Quanto à alternativa rodoviária a diferença entre os dois métodos é considerável, mostrando as suas diferenças no cálculo do ranking. No caso do TOPSIS existe um maior distanciamento entre as alternativas.

**Tabela 28:** Comparação dos resultados (cenário atual)

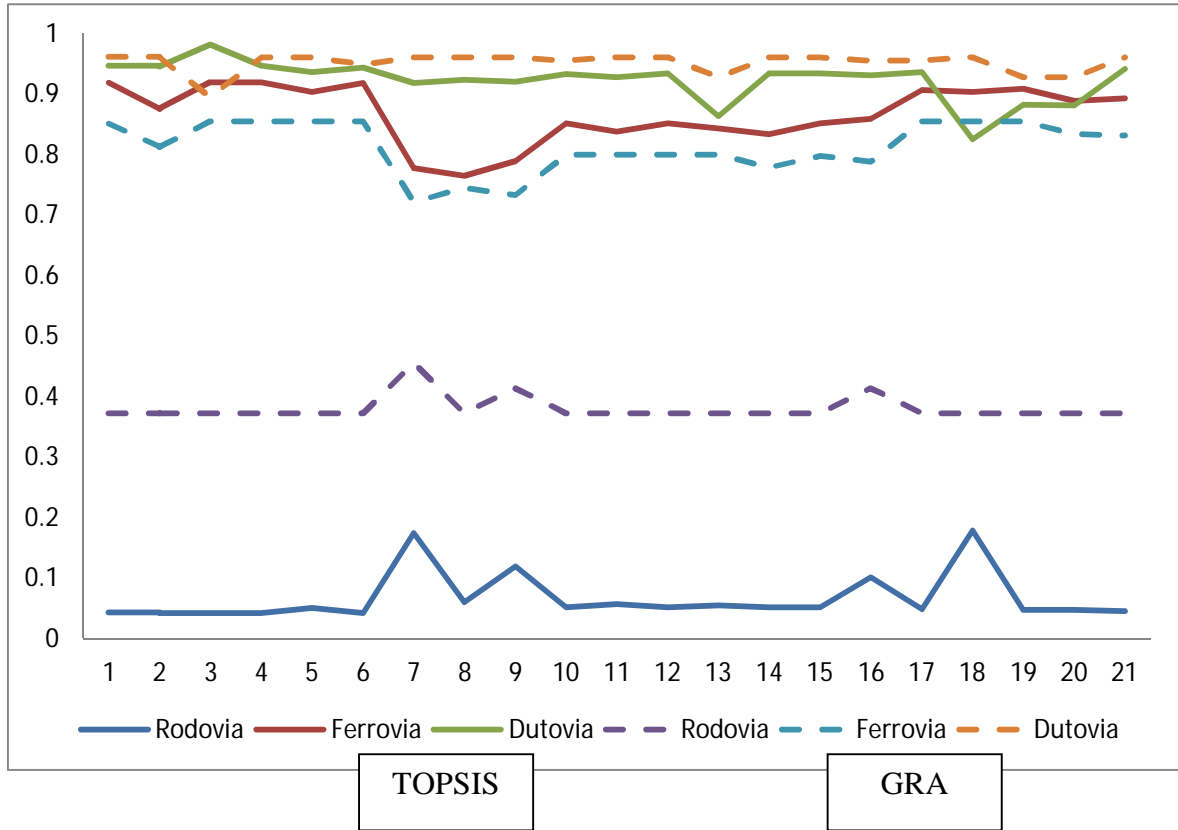
<b>Alternativa</b>	<b>TOPSIS</b>	<b>GRA</b>
	<i>Coefficiente de proximidade</i>	<i>Graus</i>
Ferrovíária	0.9172	0.91625
Rodoviária	0.0828	0.41375

A Tabela 29 mostra-nos para o cenário hipotético a diferença de pontuação existente para as três alternativas, com resultados similares para as duas primeiras alternativas (em torno do 0.9 e 0.8 respetivamente). Quanto à alternativa rodoviária a diferença entre os dois métodos é considerável.

**Tabela 29:** Comparação dos resultados (cenário hipotético)

<b>Alternativa</b>	<b>TOPSIS</b>	<b>GRA</b>
	<i>Coefficiente de proximidade</i>	<i>Graus</i>
Dutoviária	0.9164	0.95125
Ferrovíária	0.8752	0.81875
Rodoviária	0.0657	0.3825

O Gráfico abaixo mostra o comportamento do desempenho das alternativas segundo os resultados obtidos com as alterações dos pesos, utilizando o programa TOPSIS e o método GRA.



**Gráfico 10:** Sensibilidade do desempenho das alternativas TOPSIS e GRA - Comparação

Como se pode verificar no Gráfico 10 em ambas as abordagens a alternativa rodoviária não deve ser seguida. A alternativa que vence em ambas as abordagens para a generalidade dos perfis é a dutovia, no entanto a diferença para com a segunda classificada é menor quando o TOPSIS é usado e maior aquando do uso do GRA. Dada a proximidade de pontuação relativa, cabe ao agente de decisão optar por aquela que nas circunstâncias correntes (políticas, económicas e sociais) maior aceitação tiver.

## **CAPÍTULO IX - CONCLUSÃO**

## 9. CONCLUSÃO

### 9.1. Considerações finais

Por meio do estudo de caso, este trabalho comprovou, numa primeira abordagem sobre o tema, que é possível transportar-se combustível refinado a preços baixos e com maior segurança, apesar de o país apresentar gargalos infraestruturais.

O objetivo geral foi alcançado, comprovando que o transporte de gásóleo de Lobito para Huambo, atualmente realizado por via rodoviária, é prejudicial para a SONANGOL já que o modo dutoviário e ferroviário são as alternativas que apresentam melhor desempenho sob o aspeto económico e socioambiental.

Caso as estimativas apresentadas na Tabela 14 forem valores aproximados da realidade, então pode concluir-se que, no cenário atual, o modo ferroviário prevaleceria sobre o modo rodoviário. Todavia, num cenário hipotético, onde os estudos de viabilidade económica permitam a construção de um sistema de oleodutos, chega-se a conclusão de que a alternativa dutoviária seria a melhor em relação as demais, pese embora este modo supere ligeiramente o modo ferroviário.

No que diz respeito aos objetivos específicos, provou-se duma forma geral que no cenário atual, o modo ferroviário prevalece sobre o modo rodoviário. No cenário hipotético, a utilização do oleoduto promoveria economia de escala, pois, apresentaria um desempenho satisfatório no que tange os custos operacionais. A superioridade do duto em relação aos camiões-cisterna e comboio-vagões acentuar-se-ia devido a encargos não tidos em conta neste trabalho, como a mão-de-obra, manutenção do equipamento e tempo de utilidade desses meios.

O oleoduto possui maior vantagem no tempo de entrega de combustível refinado, visto que não é afetado por condições climáticas adversas ao contrário dos modos rodoviário e ferroviário. Sendo o mercado consumidor de combustível refinado sensível ao tempo, a regularidade no tempo de entrega garantiria maior estabilidade socioeconómica do país.

O transporte de gásóleo por via dutoviária afetaria diretamente o tráfego rodoviário, uma vez que reduziria o número de camiões-cisterna nas estradas. Como consequência disso, reduzir-se-ia muitos fatores externos tais como congestionamento em zonas urbanas, acidentes e poluição.

No âmbito da segurança, o modo dutoviário apresenta melhor desempenho do que as demais alternativas. Contudo, o duto apresenta desvantagens sob ponto de vista social, pois a sua utilização acarretaria maior índice de desemprego, sendo esta uma questão de grande importância para futuros trabalhos de pesquisa.

Em suma, com os resultados obtidos dá-se por comprovado que o transporte de gásóleo, atualmente dependente do modo rodoviário, é desvantajosa para a SONANGOL. Ao contrário, o modo dutoviário que mostrou-se mais adequado no estudo realizado, não possui atualmente infraestruturas para o transporte desse produto, abrindo assim o caminho para a exploração da via ferroviária.

## **9.2. Limitações e recomendações**

Como principais limitações do estudo destaca-se a dificuldade em encontrar literatura contemporânea que fala sobre as infraestruturas de transporte bem como o transporte de produtos petrolíferos em Angola. O maior obstáculo prende-se no fato de a SONANGOL e o CFB, empresas públicas, dificultarem a cedência de informações sobre a atividade de transporte.

Perante as limitações, recomenda-se uma maior colaboração e abertura na cedência de dados a fim de não se comprometer futuras pesquisas na área em causa. Ademais, sugere-se a quem de direito a legislar sobre a atividade de transporte de produtos perigosos, destacando-se os produtos petrolíferos, tendo como propósito a redução dos custos e das consequências nefastas que essa operação tem causado ao ser humano e ambiente.

## **CAPÍTULO X - REFERÊNCIAS**



## 10. REFERÊNCIAS

- Ballou, R. (2004). Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. Ed. Bookman, 5ª, São Paulo.
- Behzadian, M., Otaghsara, S., Yazdani, M. & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications* 39, pp. 13051–13069.
- Bersani, C., Minciardi, R., & Sacile, R. (2010). Economic and Risk Implications in the Distribution of Petrol Products to Service Stations under Retailer Managed & Vendor Managed Inventories. *International Journal of Sustainable Transportation*, 4, pp. 129 – 153.
- Blauwens, G. Vandaele, N., Van de Voorde, E., Vernimmen B. & Witlox, F. (2006). Towards a Modal Shift in Freight Transport? A Business Logistics Analysis of Some Policy Measures. *Transport Reviews*, Vol. 26, No. 2, pp. 239 – 251.
- Bouyssou, B. (1990). Building criteria: a prerequisite for MCDA. In: Multiple Criteria Decision Aid. Springer Verlag, Berlin.
- Bowersox, D., Closs, D. & Cooper, M. (2002). Supply Chain Logistics Management: New York: McGraw-Hill.
- Bowersox, D., Closs, D. & Cooper, M. (2007). Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Cafaro, D. & Cerdá, J. (2008). Dynamic scheduling of multiproduct pipelines with multiple delivery due dates. *Computers and Chemical Engineering* 32, pp. 728 – 753.
- Cafaro, D. & Cerdá, J. (2012). Rigorous Scheduling of Mesh-structure Refined Petroleum Pipeline Networks. *Computers & Chemical Engineering* 38, pp. 185 –203.
- Cafaro, V., Cafaro, D., Méndez, C. & Cerdá, J. (2010). Oil-derivatives Pipeline Logistics Using Discrete-Event Simulation. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*.

- Câmara dos Deputados (2000). Legislação Informatizada - Decreto nº 3.411, de 12 de Abril de 2000, [Internet] <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2000/decreto-3411-12-abril-2000-372206-publicacaooriginal-1-pe.html> [acesso 07/06/2013].
- CARGO (2012). Angola: CFB e aeroporto de Catumbela dinamizam economia de Benguela, [Internet], find in <http://www.cargoedicoes.pt/site/Default.aspx?tabid=380&id=8102&area=Cargo> [acesso 18/01/2013].
- Costa, J. P., Dias, J. M., Godinho, P. (2010). Logística. Imprensa UC.
- Coyle, J., Novack, R., Gibson, B. & Bardi, E. (2011). Transportation: A Supply Chain Perspective.
- CUTR (2000). *Analysis of Freight Movement Mode Choice Factors: Report for Florida Department of Transportation Rail Planning & Safety* [internet], find in <http://www.dot.state.fl.us/rail/Publications/Studies/Planning/ModeChoiceFactors.pdf> [acesso 14/10/2012].
- Dawes, R. & Corrigan, B. (1974). Linear Models in Decision Making. *Psychological Bulletin*, Vol. 81, No. 2.
- Deng, J. (1989). Introduction to grey system theory. *Journal of Grey Systems* 1, pp. 1–24.
- García-Sánchez, A., Arreche, L., & Ortega-Mier, M. (2008). Combining Simulation and Tabu Search for Oil-derivatives Pipeline Scheduling. *Studies in Computational Intelligence* (SCI).128, pp. 301 – 325.
- Gomes, L., Gomes, S., & Almeida, T. (2002). Tomada de decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. Rio de Janeiro: Atlas.
- Gomes L., Araya, G., & Carignano, C. (2004). Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- GOOGLE (2013). Direções de Condução para Huambo, Angola [Internet], find in <https://maps.google.pt/maps?q=FE&ie=UTF->

8&ei=OalgUt3wNueQ7AbOvYHgBw&ved=0CAgQ\_AUoAg%20 [acesso 2016/01/2013].

Hanssen, T., Mathisen, T., & Jørgensen, F. (2012). Generalized transport costs in intermodal freight transport. *Compendium of Papers*.

Helmann, S. & Marçal, M. (2007). Método Multicritério de Apoio à Decisão na Gestão da Manutenção: Aplicação do Método Electre I na seleção de equipamentos críticos para processo. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campus Ponta Grossa. Paraná. Revista Gestão Industrial: v. 03, n. 01, pp. 123-133.

Herrán, A., Cruz, J. & Andrés, B. (2010). A Mathematical Model for Planning Transportation of Multiple Petroleum Products in a Multi-pipeline System. *Computers & Chemical Engineering* 34, pp. 401-413.

Hwang, K., Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods & Applications, *Springer*, Berlin, Heidelberg, New York.

INEA (2009). Malha rodoviária: Benguela [Internet], find in <http://www.inea.gov.ao/na-estrada/malhas-rodoviaras/benguela> [acesso 04/06/2013].

INEA (2009). Malha rodoviária: Huambo [Internet], find in <http://www.inea.gov.ao/na-estrada/malhas-rodoviaras/Huambo> [acesso 04/06/2013].

Iquiapaza, A., Amaral, F., & Bressan, A. (2009). Evolução da Pesquisa em Finanças: Epistemologia, Paradigma e Críticas. Revista O&S: Organizações & Sociedade.

Jia, J., Gregory, F., & Dyer, J. (1993). Attribute Weighting Methods and Decision Quality in the Presence of Response Error: A Simulation Study. *Journal of Behavioral Decision Making*, in Press.

Jonassen, D. (2012). Designing for decision making. *Education Tech Research Dev*, 60, pp. 341 – 359.

Jover, E., Pinto, A., & Marchand, A. (2012). Angola: Perfil do Sector Privado do País [Internet], find in <http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Evaluation->

Reports/Angola%20-%20Private%20Sector%20Country%20Profile%20-%20Portuguese%20Version.pdf [acesso 04/06/2013].

- Junior, I., (2010). *Método De Escolha Modal Para Transporte De Produtos Perigosos Com Base Em Medidas De Ecoeficiência*. Tese de Doutorado, Instituto Alberto Luiz Coimbra De Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia.
- Junior, I., & D'Agosto, M. (2011). Modal choice for transportation of hazardous materials: the case of l& modes of transport of bio-ethanol in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 19, pp. 229 – 240.
- Junior, I., & D'Agosto, M. (2011). Modal choice evaluation of transport alternatives for exporting bio-ethanol from Brazil. *Transportation Research Part D* 16, pp. 201 – 207.
- Junior, J., Dutra, A., Nunes, R., Kemper, G., & Vieira, C. (2012). Avaliação de Desempenho de Serviços Emergenciais: Uma Análise da Produção Científica do Período de 1991 A 2010. *Revista de Administração da UNIMEP*. V.10, Nº 3, Setembro/Dezembro – 2012. ISSN: 1679-5350.
- Junior, I., Silva, S. & Costa, J. (2013). Análise do desempenho de siderúrgicas considerando critérios financeiros e socioambientais. *Revista Uniabeu*. ISSN 2179-5037.
- Keedi, S. (2001). *Logística de Transporte Internacional: Veículo Prático de Competitividade, Aduaneiras*. São Paulo.
- Kumar, S. (2004). Tanker Transportation. *Encyclopedia of Energy, Volume 6*.
- Lima Jr., F. (2001). Análise e avaliação do desempenho dos serviços de transporte de carga. *Gestão logística do transporte de cargas*. Capítulo 5, Editora Atlas, São Paulo, SP, pp. 109 – 147.
- Linkov, I., Varghese, A., Jamil, S., Seager, P., Kiker, G. & Bridges, T. (2005). Multi-criteria decision analysis: a framework for structuring remedial decisions at contaminated sites, *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision*

Making NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences 38, pp. 15–54.

Long, D. (2004). *International Logistics: Global Supply Chain Management*.

Lopes, T., Moura, A., Souza, C., & Cire, A. (2012). Planning the operation of a large real-world oil pipeline. *Computers & Chemical Engineering* 46, pp. 17–28.

Lowe, D. (2005). *Intermodal Freight Transport*. Oxford (United Kingdom): Elsevier, ISBN 0750659351.

MirHassani, S. (2008). An operational planning model for petroleum products logistics under uncertainty. *Applied Mathematics and Computation* 196, pp. 744–751.

MirHassani, S. & Ghorbanalizadeh, M. (2008). The multi-product pipeline scheduling system. *Computers & Mathematics with Applications* 56, pp. 891–897.

MirHassani, S. & Jahromi, H. (2011). Scheduling multi-product tree-structure pipelines. *Computers & Chemical Engineering* 35, pp. 165–176.

NRC (2009). *Petroleum Products Distribution Networks* [Internet], find in <http://www.nrcan.gc.ca/energy/sources/infrastructure/1490> [acesso 12/10/ 2012].

Pienaar, W. (2008). Logistieke aspekte van pypeleidingvervoer in die voorsiening van petroleumprodukte. *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie, Jaargang 27 No. 2*.

Pienaar, W. (2009). Ekonomiese aspekte van pypeleidingvervoer: 'n Suid-Afrikaanse perspektief. *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie, Jaargang 28 No. 2: Junie*.

Pushak, N. & Foster, V. (2011). Angola's Infrastructure: A Continental Perspective. *Policy Research Working Paper 5813*, pp. 1-48.

Reis, V., Meier, J., Pace, G., & Palacin, R. (2013). Rail and Multi-modal Transport. *Research in Transportation Economics* 41, pp. 17 – 30.

Rejowski, R., Jr., & Pinto, J. (2003). Scheduling of a multiproduct pipeline system. *Computers & Chemical Engineering* 27, pp. 1229 – 1246.

- Rodrigue, J., Comtois, C. & Slack, B. (2006). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Rodrigues, A. (2007). *Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional*. 4. ed. São Paulo: Aduaneiras.
- Rodrigue, J., Comtois, C. & Slack, B. (2009). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Roy, B. (1985). *Decision-aid & decision making*. Paris: Université Paris-Dauphine.
- Sabino, M. (2007). *Geografia 8ª classe: Manual do Aluno*. INIDE – Angola.
- Silva, E. (2008). *Companhia do Caminho de Ferro de Benguela: Uma história sucinta da sua formação e desenvolvimento*, [Internet], find in [https://sites.google.com/site/cfbumahistoriasucinta/#\\_Toc260573185](https://sites.google.com/site/cfbumahistoriasucinta/#_Toc260573185) [acesso 23/06/2013].
- Smith, L. & Moses, S. (1996). Strategic planning of transportation services for petroleum products: An application of capacitated gravity models. *European Journal of Operational Research* 88, pp. 215-230.
- Subramanian, A. and Nilakanta, S. (1996). Organizational Innovativeness: Exploring the Relationship between Organizational Determinants of Innovation, Types of Innovations, and Measures of Organizational Performance. *International Journal of Management Science*, 24(6), pp. 631-647.
- Trench, C. (2003). *The U.S. Oil Pipeline Industry's Safety Performance: A report prepared for Association of Oil Pipe Lines & the American Petroleum Institute's Pipeline Committee*. *Allegro Energy Consulting* [Internet], find in <http://www.pipeline101.com/reports/Safety03.pdf> [acesso 31/11/2012].
- Triantaphyllou, E., Shu, B., Sanchez, S. & Ray, T. (1998). Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach. *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, Vol. 15, pp. 175 – 186.

- Tsamboulas, D., Yiotis, S. & Panou, K. (1999). Use of Multicriteria Methods For Assessment of Transport Projects. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 125, No. 5, September/October.
- Tuzkaya, U. & Önüt, S. (2008). A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between Turkey & Germany: A case study. *Information Sciences* 178, pp. 3133 – 3146.
- US EIA (2012). *Rail deliveries of oil & petroleum products up 38% in first half of 2012* [Internet], find in <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=7270> [acesso 12/10/2012].
- US EIA. (2013). Glossary [Internet], find in <http://www.eia.gov/tools/glossary/index.cfm?id=E> [acesso 16/01/2013].
- US EIA. (2013). Glossary [Internet], find in <http://www.eia.gov/tools/glossary/index.cfm?id=G> [acesso 18/01/2013].
- US EIA. (2013). How much carbon dioxide is produced by burning gasoline and diesel fuel? [Internet], find in <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=307&t=11> [acesso 28/08/2013].
- Uzar, M. & Çatay, B. (2012). Distribution planning of bulk lubricants at BP Turkey. *Omega* 40, pp. 870 – 881.
- Wainer, H. (1976). Estimating Coefficients in Linear Models: It Don't Make No Nevermind. *Psychological Bulletin*, Vol. 85, No. 2, pp. 213 – 217.
- Wang, Y. & Luo, Y. (2010). Integration of correlations with standard deviations for determining attribute weights in multiple attribute decision making. *Mathematical & Computer Modelling* 51, pp. 1 – 12.
- Yongtu, L., Ming, L. & Ni, Z. (2102). A study on optimizing delivering scheduling for a multiproduct pipeline. *Computers & Chemical Engineering* 44, pp. 127 – 140.

## **ANEXO**

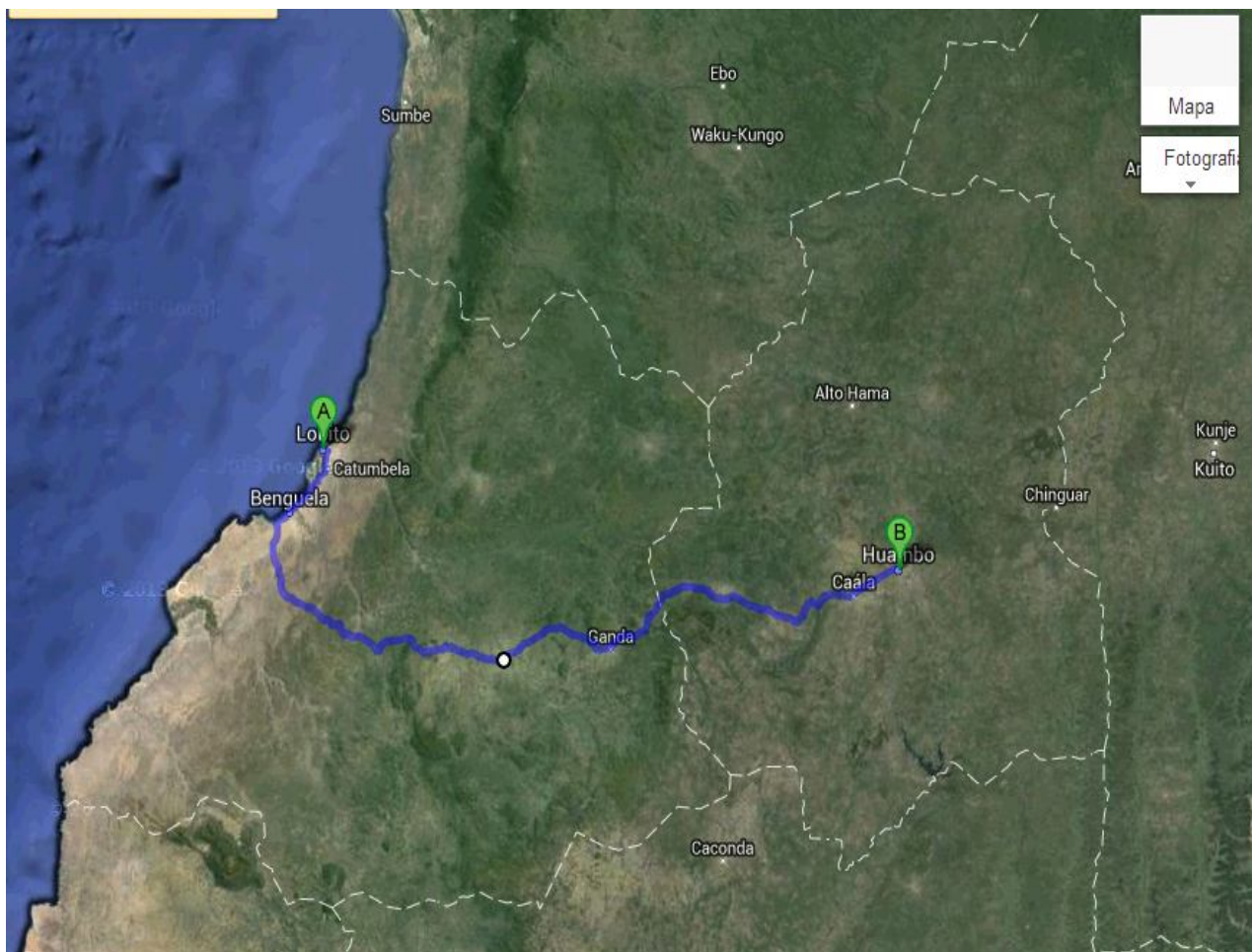


**ANEXO I: Mapa Administrativo da República de Angola (província do Huambo).**



Fonte: Jover, Pinto e Marchand (2012).

## ANEXO II: Principal via rodoviária entre Lobito e Huambo.



Fonte: Google Maps (2013).