



Programa de Pós-graduação em Gestão de Negócios

Planejamento estratégico de implementação do ESG nas indústrias Bertolini

Ademir Araujo de Negreiro

Adriana Anjos de Oliveira

André Leonardo Kaiser

Brizamar Muniz de Aguiar Filho

Eldenir Tatiana Rodrigues de Almeida

Francisco Isael Alves de Oliveira

Rodrigo André Custódio

FUNDAÇÃO DOM CABRAL
PROGRAMA DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE NEGÓCIOS

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE IMPLEMENTAÇÃO DO ESG NAS
INDÚSTRIAS BERTOLINI

MANAUS - AM
2022

ADEMIR ARAUJO DE NEGREIRO
ADRIANA ANJOS DE OLIVEIRA
ANDRÉ LEONARDO KAISER
BRIZAMAR MUNIZ DE AGUIAR FILHO
ELDENIR TATIANA RODRIGUES DE ALMEIDA
FRANCISCO ISABEL ALVES DE OLIVEIRA
RODRIGO ANDRÉ CUSTÓDIO

**PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE IMPLEMENTAÇÃO DO ESG NAS
INDÚSTRIAS BERTOLINI**

Projeto apresentado à Fundação Dom Cabral
como requisito parcial para a conclusão do
Programa de Pós-graduação em Gestão de
Negócios.

Orientador: Prof^o. Dr. Paulo César Pêgas
Ferreira, DSc.

MANAUS - AM
2022

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Paulo César Pêgas Ferreira, pela orientação e paciência durante este período e também pela amizade, carinho e dedicação por acreditar em nossa capacidade na elaboração deste trabalho.

À Transportes Bertolini, pelo constante incentivo, tempo disposto durante essa jornada e todo o suporte necessário para realização desse projeto.

À Fundação Dom Cabral por proporcionar um ensino de extrema qualidade.

Aos nossos amigos e nossas famílias, pela compreensão, força, amor e dedicação.

EPÍGRAFE

*“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes,
não tivesse tentado o impossível.”*

Max Weber

RESUMO

A realização desse estudo de caso visa apresentar uma ferramenta para avaliação e escolha de matrizes energéticas aplicadas aos modais rodoviário e aquaviário, a ferramenta é estruturada numa matriz de decisão, capaz de classificar as alternativas energéticas por valores sociais, ambientais, técnicos e econômicos, atribuindo valor e peso para cada uma dessas categorias, podendo assim classificá-las por sua pontuação. A necessidade surge das expectativas de crescimento econômico para o setor de transporte no Brasil, para os próximos 10 anos, é esperado um crescimento anual de 3,8% no modal aquaviário e 2,7% no rodoviário, sendo que, o rodoviário é responsável por mais de 50% do transporte de cargas no Brasil, nesse cenário próspero, haverá necessidade de ampliação e aprimoramento da frota. Novas fontes de energia vêm se tornando cada vez mais presentes e disponíveis no mercado nacional, além de políticas de desenvolvimento econômico e sustentável. A expectativa é proporcionar, desse modo, dados que nortearão a empresa na escolha das fontes de energia que proporcionam o desenvolvimento de suas atividades socioeconômicas, especificamente a viabilidade para a implementação de matrizes energéticas renováveis, baseadas nas tecnologias atuais e projeções futuras. A aplicação de energia limpa, é objetivada pela adoção de uma postura voltada ao ESG, focada especificamente para a modificação da matriz energética, que compõe um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas no Brasil.

Palavras-chave: ESG, Energia limpa, Transporte.

ABSTRACT

The accomplishment of this case study aims to present a tool for evaluating and choosing energy matrices applied to road and waterway modes, the tool is structured in a decision matrix, capable of classifying energy alternatives by social, environmental, technical and economic values, attributing value and weight for each of these categories, thus being able to classify them by their score. The need arises from the expectations of economic growth for the transport sector in Brazil, for the next 10 years, an annual growth of 3.8% is expected in the waterway modal and 2.7% in the road modal, being that the road is responsible for more than 50% of cargo transportation in Brazil, in this prosperous scenario, there will be a need to expand and improve the fleet. New energy sources are becoming increasingly present and available in the national market, in addition to economic and sustainable development policies. The expectation is to provide, in this way, data that will guide the company in the choice of energy sources that provide the development of its socioeconomic activities, specifically the feasibility for the implementation of renewable energy matrices, based on current technologies and future projections. The application of clean energy is aimed at adopting an ESG oriented stance, specifically focused on modifying the energy matrix, which makes up one of the Sustainable Development Goals of the United Nations in Brazil.

Key words: ESG, Clean Energy, Transport

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágios de cidadania Corporativa	16
Figura 2 - Estruturação do estudo de caso na matriz de decisão	20
Figura 3 - Processos a serem realizados na aplicação da ferramenta.	20
Figura 4 - Balsa Fábrica de Açai	33
Figura 5 - Comboio RO-RO	33
Figura 6 - Comboio para transporte de granéis sólidos	34
Figura 7 - Bitrem Baú	35
Figura 8 - Frota para transporte intermunicipal	36
Figura 9 - Critérios de avaliação das alternativas.	40
Figura 10 - Mapa dos gasodutos da América do Sul em 2016.	41
Figura 11 - Extensão de flamabilidade para vários combustíveis a temperatura atmosférica	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de avaliação das alternativas	39
Tabela 2 - Comparativo do potencial	45
Tabela 3 - Informações técnicas do hidrogênio	46
Tabela 4 - Matriz de decisão ponderada para o transporte rodoviário de longa distância.	48
Tabela 5 - Matriz de decisão ponderada para o transporte rodoviário interurbano.	49
Tabela 6 - Matriz de decisão ponderada para o transporte aquaviário em vias navegáveis.	50
Tabela 7 - Matriz de decisão ponderada para a Operação de Manobras Portuárias.	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Busca pelo termo "ESG" no Brasil.....	23
Gráfico 2 - Gráfico Bovespa vs ISE.....	25
Gráfico 3 - Comparativo FTSE.....	26
Gráfico 4 - Consumo do setor de transporte por fonte de energia (mil TEP).....	28
Gráfico 5 - Atividade aquaviária (10 ⁹ t-km).....	29
Gráfico 6 - Energia aquaviária (milhões TEP).....	30
Gráfico 7 - Atividade Rodoviária (10 ⁹ t-km).....	31
Gráfico 8 - Energia rodoviária (milhões TEP).....	31
Gráfico 9 - Atividade total do transporte de cargas (10 ⁹ t-km).....	32

LISTA DE ABREVIATURAS

AMA – American Marketing Association

AMBA – Association of MBAs

ANBIMA - Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiros

BSC – Balanced Scorecard

CVM - Comissão de Valores Mobiliários

ESG - Environmental, Social and Governance

FDC – Fundação Dom Cabral

GEE - Gases de Efeito Estufa

IMO - International Maritime Organization

IRENA - Agência Internacional de Energia Renovável

MARPOL - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PA – Projeto Aplicativo

PAEX – Parceiros para a Excelência

PPM – Partes por milhão

PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

SASB - Sustainability Accounting Standards Board (Conselho de Padrões Contábeis de Sustentabilidade)

TEP – Tonelada Equivalente de Petróleo

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema de Pesquisa	12
1.2 Justificativa da escolha do problema a ser trabalhado.....	12
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivo específico.....	13
1.4 Breve apresentação dos capítulos do Projeto Aplicativo.....	13
2. BASES CONCEITUAIS	14
2.1. CONCEITUAÇÃO DO TEMA.....	14
2.2. Principais Métodos, Instrumentos e Indicadores Empregados	15
3. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	18
4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÃO.....	22
4.1 Contextualização do ESG no Brasil	22
4.1.1. Histórico	22
4.1.2 Governos e Órgãos Reguladores	23
4.1.3 Mercado ESG	24
4.1.4 Relação <i>Stakeholders</i> e ESG	26
4.2. Matrizes energéticas utilizadas no transporte rodoviário e aquaviário.....	28
4.2.1. Perspectivas para o transporte aquaviário de cargas.....	29
4.2.2. Perspectivas para o transporte rodoviário de cargas	30
4.3. Matrizes energéticas utilizadas na Bertolini.....	32
4.3.1. Transporte aquaviário de cargas	33
4.3.2. Transporte rodoviário de cargas.....	35
4.3.3. Sustentabilidade	36
4.4. Cases de Sucesso	36

5.	DESENVOLVIMENTO	38
5.1.	SERVIÇOS DE TRANSPORTE AVALIADOS	38
5.2.	FATORES DE TOMADA DE DECISÃO	39
5.3.	FONTES DE ENERGIA CONSIDERADAS	40
5.3.1	Gás Natural.....	40
5.3.2	Energia Elétrica	41
5.3.3	Biocombustível.....	42
5.3.4	Hidrogênio.....	44
5.4.	PROPOSTA DE SOLUÇÃO.....	48
5.4.1.	Transporte Rodoviários de Longa Distância.....	48
5.4.2.	Transporte Rodoviários interurbano.....	48
5.4.3.	Transporte Aquaviário em vias navegáveis	49
5.4.4.	Operação de Manobras Portuárias.....	50
5.5.	Análise de viabilidade	51
5.6.	Cronograma de implementação	52
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	53

1. INTRODUÇÃO

O tema ESG no Brasil iniciou em 2004, a ONU, dois anos depois, lançou seus Princípios para o Investimento Responsável. No ano de 2020, foram mais de 3 mil signatários e 100 trilhões de dólares em ativos supervisionados, contra US\$ 6,5 trilhões em ativos em 2006, crescimento acima de 15.000%. Os países da Assembleia Geral da ONU adotaram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU em 2015, com o intuito de proporcionar um futuro sustentável e igualitário.

O Brasil dispõe de recursos de geração de energias limpas, tomando como destaque a biomassa e usinas hidrelétricas. A questão importante é saber como os combustíveis fósseis são usados para satisfazer as necessidades nos setores logísticos, e o que podemos fazer para reduzir ao máximo a poluição gerada pela utilização desses combustíveis e quais são as opções de energia renováveis disponíveis que podem vir a substituir os combustíveis atuais, levando em conta o rápido crescimento do setor de transportes rodoviários, sem causar danos excessivos ao meio ambiente.

As perspectivas de crescimento econômico para o setor de transportes no Brasil são promissoras, nos próximos 10 anos, se espera um crescimento anual da ordem de 3,8% para o setor aquaviário e 2,7% para o setor rodoviário, sendo esse último, responsável mais de 50% do transporte de carga que ocorre no Brasil.

Considerando este cenário próspero, e a consequente necessidade de ampliação e aprimoramento da frota para atender à crescente demanda mercadológica. A Transportes Bertolini, atuante em ambos modais, por meio de sua política de inovação, desenvolvimento e renovação, foca seus esforços na busca pela proficiência em aplicar os objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nesse estudo, avaliaremos as matrizes energéticas ideais para aplicar nas frotas rodoviárias e aquaviárias.

Nesse sentido, o projeto em referência considera as principais vantagens e benefícios que as opções energéticas atuais e futuras proporcionarão. Analisando as tecnologias atuais disponíveis e as previsões para o futuro, em especial na região Amazônica, que é o berço das operações aquaviárias.

Para o sucesso da implantação do modelo ESG voltado a matriz energética, a empresa deve necessariamente conhecer sua capacidade produtiva inicial e as perspectivas de negócios

para o futuro, de modo a planejar com precisão a necessidade de implantação de energias limpas.

1.1 Problema de Pesquisa

Fontes de energia alternativa vem se tornando cada vez mais presentes e disponíveis no mercado nacional, além de políticas de desenvolvimento econômico e sustentável, há ainda previsões para novas fontes energéticas que possam surgir nos próximos anos. Diante disso, surgem os seguintes questionamentos: Como analisar a melhor fonte energética que pode ser utilizada em nossa frota? Qual impacto a estrutura energética terá no crescimento previsto para os próximos anos? A demanda futura será suficiente para cobrir os investimentos?

1.2 Justificativa da escolha do problema a ser trabalhado

A escolha do tema se deu pela crescente relevância do tema ESG no âmbito dos negócios. As perspectivas para os próximos 10 anos do mercado mostram constante aumento na demanda de serviços de transporte, porém, a utilização de fontes energéticas alternativas para atender os modais tendem a ser as mesmas utilizadas atualmente.

A iniciativa de transformar sua frota para que seja movida a energia limpa, além de trazer benefícios para a sociedade e o meio ambiente, será um diferencial para prospecção de negócios futuros, além de redução de custo operacionais a longo prazo.

É de extrema importância para a Transportes Bertolini, ter uma ferramenta como a matriz de decisão desenvolvida nesse projeto, que proporcionará a escolha da melhor opção energética para cada frota, levando em conta fatores sociais, ambientais, técnicos e econômicos.

Desse modo, será possível aproveitamento máximo de recursos já disponíveis nas unidades logísticas, como é o caso de painéis solares, onde poderiam ser deixadas as baterias de caminhões carregando ao invés de vender o excedente de energia para a concessionária.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar as matrizes energéticas utilizadas nos transportes fornecidos pela Bertolini, a fim de definir a melhor fonte energética a ser aplicadas nas frotas rodoviárias e aquaviárias, com base na tecnologia atual disponível e nas projeções até 2031.

1.3.2 Objetivo específico

Atribuir um *score*, composto por fatores sociais, ambientais, técnicos e econômicos para cada matriz energética que pode ser aplicada nas frotas rodoviárias e aquaviárias.

Examinar a composição e disponibilidade das fontes que compõe a matriz energética brasileira, no cenário atual e em suas projeções para os próximos anos.

Levantar as premissas, fundamentos e princípios que justifiquem o investimento e consumo de novas fontes de energia aplicáveis a empresa.

1.4 Breve apresentação dos capítulos do Projeto Aplicativo

O trabalho é composto por quatro capítulos. O Capítulo 1 é uma introdução ao tema e ao problema de pesquisa. Apresenta os objetivos (geral e específico) do projeto.

No Capítulo 2 temos o referencial teórico com os principais conceitos e fundamentos de energia relativos ao tema da pesquisa. Para isso, abordamos temas de ESG com foco em eficiência energética e os principais indicadores e meios de controle para aplicação do conceito.

No Capítulo 3 apresentamos a metodologia adotada para a realização da pesquisa, bem como a idealização da matriz de decisão, que servirá como base para análise das matrizes energéticas.

No Capítulo 4 será apresentado primeiramente as áreas de interesse do ESG e suas relações com investidores e *stakeholders*. Posteriormente, o foco será nas matrizes energéticas utilizadas no Brasil e na Transportes Bertolini, também apresentaremos a estimativa de crescimento do cenário até o ano de 2030.

O Capítulo 5 será composto da análise das matrizes energéticas que podem ser aplicadas e suas respectivas matrizes de decisão.

O Capítulo 6 apresenta as principais conclusões do trabalho.

2. BASES CONCEITUAIS

2.1. CONCEITUAÇÃO DO TEMA

A pauta ESG (*Environmental, Social and Governance*), desde 2004 tornou-se um sinônimo de sustentabilidade ganhando cada vez mais visibilidade perante o meio corporativo. Como destacado pelo Pacto Global (2022) as questões ambientais, sociais e de governança passaram a ser consideradas essenciais nas análises de riscos e nas decisões de investimentos, colocando forte pressão sobre o setor empresarial.

As questões ambientais, sociais e de governança passaram a ser consideradas essenciais nas análises de riscos e nas decisões de investimentos, colocando forte pressão sobre o setor empresarial (PACTO GLOBAL, 2022).

De acordo com UFMG (2021), os países membro da ONU, no ano 2000 desenvolveram os Objetivos do Milênio, onde foram alcançados resultados nos avanços desta pauta apresentado em 2015. Isto posto, desafiaram-se por +15 anos, ou seja, até 2030 estima-se atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ou apenas ODS.

Dentre os 17 ODS, destacados como os grandes desafios e vulnerabilidades da sociedade, estão presentes em grandes empresas associados aos objetivos e metas, elencamos como objeto de estudo **ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura e ODS 12 – Consumo e produção responsáveis.**

As fontes de energia renováveis derivam de recursos naturais que se renovam a todo momento e estão sempre disponíveis ao homem, a exemplo da energia solar (sol), a energia eólica (ventos), energia hídrica (rios), energia da biomassa (matéria orgânica), energia geotérmica (calor da terra) e energia oceânica (mares e ondas).

Com os alarmantes impactos do aquecimento global causado pelas emissões de gases poluentes das fontes não renováveis, é cada vez mais crucial para os países do mundo investirem em energias renováveis, também chamadas de energias alternativas.

As fontes de energias renováveis são os recursos naturais disponíveis em abundância e que se renovam constantemente na natureza, embora não possam ser considerados inesgotáveis, sendo utilizado pelo homem para a geração de diferentes tipos de energia e combustíveis.

O uso de fontes renováveis de energia traz diversas vantagens, uma vez que produzem muito menos gases de efeito estufa (GEE) e causam menores impactos ao meio ambiente do que as fontes convencionais, por isso são consideradas fonte de energia limpa.

Outra vantagem das energias renováveis é que elas são abundantes e se renovam em uma escala de tempo humana, ao contrário das energias de fontes convencionais que possuem reservas limitadas, demorando milhões de anos para se recompor, como o carvão mineral e o petróleo.

Para atender as exigências de indicadores de ESG, um dos pilares é ser sustentável com o meio ambiente. Ou seja, contribuir com as práticas que visem reduzir os impactos ambientais gerado pela produção e consumo. A geração fotovoltaica não emite gases de efeito estufa, não é poluente, não afeta ecossistemas ou biomassa e é uma geração totalmente eficiente.

Em todo o mundo, as fontes de energias renováveis, especialmente solares são as formas de geração sustentáveis que mais vem ganhando investimentos e espaço na sociedade.

Energia Solar é renovável não apenas pelo seu impacto positivo no meio ambiente. Isso se dá por ser um meio econômico viável, gerando diversos empregos, com qualidade e em expansão.

2.2. Principais Métodos, Instrumentos e Indicadores Empregados

As fontes de energias renováveis possibilitam uma produção de energia limpa e com muito menos impactos ambientais, sendo a nossa principal arma no combate ao aquecimento global para amenizar as mudanças climáticas.

Segundo um estudo da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), seria possível reduzir em 70% as emissões do setor elétrico mundial até 2050 caso atingirmos 2/3 de participação de fonte renováveis no mix mundial.

Saber onde está posicionada em relação ao tema ESG e seu nível de maturidade é um dos primeiros passos para que uma organização possa estabelecer um plano de desenvolvimento de práticas sustentáveis e direcionar seus esforços para atender aos seus compromissos estratégicos e aos interesses dos seus *stakeholders*.

MIRVIS e GOOGIS (2006) classificam a cidadania corporativa em cinco estágios: elementar, engajado, inovador, integrado e transformador, considerando sete dimensões: conceito de cidadania, estratégias de direção, liderança, estrutura, posicionamento gerencial, relacionamento com os stakeholders e transparência, conforme apresentado na figura 1. O conceito de cidadania é visto como o total de ações sociais, princípios adotados e praticados legalmente em uma empresa, que minimizem riscos, maximizem benefícios, além de potencializar o reconhecimento da importância do relacionamento com todos os *stakeholders*.

Figura 1 - Estágios de cidadania Corporativa

DIMENSÕES	ESTÁGIO				
	Estágio 1 Elementar	Estágio 3 Engajado	Estágio 3 Inovador	Estágio 4 Integrado	Estágio 5 Transformador
Conceito de Cidadania	Prestação de contas, lucros, impostos	Filantropico; proteção à comunidade do entorno	Gerenciamento dos Stakeholders	Sustentabilidade triple bottom line	"Muda o jogo"
Estratégia da Direção	Conformidade legal	Mantém licença para operar	Case de negócios	Crenças e valores	Gerador de novos mercados/ mudança sociais
Liderança	Mínima	Dá suporte	Acompanha	Assume e "abraça" causas	Visionário
Estrutura	Marginal	Funcional	Distribuidos em algumas funções	Alinhamento na organização	Integrado na estrutura principal
Posicionamento Gerencial	Defensivo	Reativo	Responsável	Proativo	Define as questões
Relacionamento Stakeholders	Unilateral	Interativo	Influência mútua	Parcerias	Alianças entre as organizações
Transparência	Parcial	Como o público de interesse	Relatório por ações realizadas	Confere garantias	Totalmente evidenciado

Fonte: MIRVIS e GOOGINS (2006)

Esse modelo auxilia na análise da atuação das empresas e nos elementos aplicáveis em busca do crescimento evolutivo como um todo, considerando desde o estágio elementar até o transformador, rumo à melhoria continuada no contexto em que a organização está inserida.

Em se tratando de grupo Bertolini®, é notável o alto investimento que vem se fazendo em projetos de sustentabilidade com a preservação do meio ambiente – como exemplo o Projeto Itucumã, instalações de placas solares em todas as empresas do grupo, em especial o lançamento de uma indústria itinerante de processamento de polpas de açaí totalmente sustentável, com geração de energia limpa, através de placas solares, buscando contribuir com a redução dos impactos ambientais.

As mudanças podem ser vistas como situações corriqueiras dentro do processo de gestão de uma organização. Dois elementos são contribuintes como sistemáticas de apoio às mudanças: a Gestão (ou Gerenciamento) das Mudanças (GM) e os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) para a mudança, que desejavelmente devem ser também sustentáveis.

- Planejamento e controle;
- Natureza do projeto;
- Recursos humanos;
- *Stakeholders*;
- Meio ambiente;
- Investimento financeiro, alocação de recursos;
- Objetivos claros e realistas;
- Cronograma realista;
- Gestão de risco efetiva;

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho se propõe a elaboração de um estudo de caso a respeito da adoção de uma postura voltada a ESG, voltada especificamente a modificação da Matriz Energética das frotas rodoviárias e aquaviária das Empresas Bertolini, para isso propõe-se uma metodologia baseada em critérios qualitativos, porém com indicadores de avaliação robustos capazes de avaliar as alternativas não só no sentido qualitativo, mas também quantitativo caso o desenvolvedor tenha em mãos os dados necessários para essa quantificação para aplicação de um baixo grau de subjetividade.

Quanto aos objetivos pode-se classificar o trabalho como pesquisa exploratória descritiva, pois buscou melhor compreensão do assunto, ainda pouco conhecido (VERGARA, 2006), principalmente quanto à efeitos que a matriz energética apresenta e seu impacto no desenvolvimento sustentável do Brasil, pois trata-se de um indicador ESG.

Para o desenvolvimento da investigação científica se fez necessário traçar um caminho metodológico a ser percorrido, que tem por finalidade delimitar o objeto de estudo e a definição do processo de pesquisar desde a proposta sistematizada através do projeto, o problema, os objetivos, os instrumentos de coleta de dados até os resultados e discussões.

Com base nessa proposta, o trabalho será elaborado com base na realidade das tecnologias disponíveis atualmente, nas publicações e documentos disponíveis para consulta, históricos mundiais de implementação das fontes de energia e no *Benchmarking* com as empresas do setor de transporte.

Levando em consideração as informações acima pode-se classificar o estudo como uma pesquisa qualitativa (focado em fatos e fenômenos), porém em certos momentos serão adotados valores mensuráveis quando conveniente para a formulação de solução. Em relação aos instrumentos adotados para coleta de dados são: Pesquisa bibliográfica, documental, mercadológica e entrevistas.

Segundo BONOMA (1985), pesquisas qualitativas são consideradas úteis para o entendimento de determinada situação ou fato social inseridos em fenômenos amplos e complexos, os quais não podem ser estudados fora do contexto em que ocorrem. Para Yin (2001), dentro da pesquisa qualitativa, pretende-se lançar mão de estudo de caso como

estratégia, tanto por sua relevância na compreensão de fenômenos organizacionais contemporâneos inseridos em contextos da vida real.

Uma ferramenta de análise estratégica que se destaca para aplicação segundo Vianna (2012), é a matriz de decisão, também conhecida como matriz de posicionamento, o objetivo deste recurso é apoiar o processo de tomada de decisão, a partir da comunicação eficiente dos benefícios e desafios de cada solução, de modo que as ideias mais estratégicas sejam selecionadas para serem prototipadas.

Em termos práticos a proposição da matriz de posicionamento descrita por VIANNA (2012), pode ser implementada a uma fase anterior dois passos que são, um estudo de implementação da alternativa de fonte de energia e o próximo seria a prototipação de um veículo com a alternativa de energia selecionada, dessa forma os dados do estudo seriam validados. Futuramente baseado nesse passo a passo, caso a solução apresente viabilidade toda a frota pode ser modernizada, conforme for necessário.

Em uma matriz de decisão, listam-se as ideias geradas no projeto, podendo haver um agrupamento por semelhança ou, no caso de um volume muito grande uma seleção prévia. Em seguida, cruzam-se os critérios norteadores e/ ou personas criados ao longo do projeto de maneira a formar-se uma matriz que é preenchida colaborativamente, avaliando como cada ideia atende cada requisito (VIANNA, 2012).

A figura a seguir apresenta como foi elaborado nossa implementação do método:

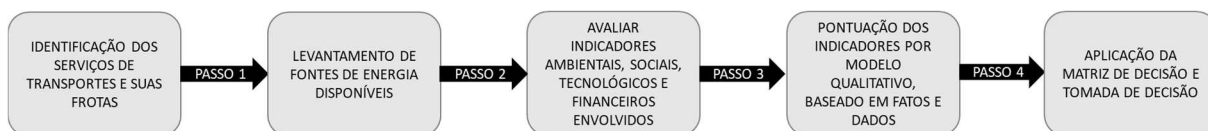
Figura 2 - Estruturação do estudo de caso na matriz de decisão

FROTA DE SERVIÇO DE TRANSPORTE 1 (Fazer até a N alternativa)					
CRITÉRIO DE QUALIFICAÇÃO 1 – MUITO RUIM 2 – RUIM 3 – REGULAR 4- BOM 5 – MUITO BOM	SCORE SOCIAL	SCORE AMBIENTAL	SCORE TÉCNICO	SCORE ECONÔMICO	SCORE TOTAL
	INDICADORES: 1. Geração de Emprego; 2. Segurança;	INDICADORES: 1. Emissão de Gases Tóxicos;	INDICADORES: 1. Desafio Tecnológico; 2. Eficiência Energética	INDICADORES: 1. Infraestrutura Disponível; 2. Custo de Investimento; 3. Custo Operacional.	
ALTERNATIVE 1	X11	X12	X13	X14	TOTAL 1
ALTERNATIVE 1	X21	X22	X23	X24	TOTAL 2
ALTERNATIVE 1	X31	X32	X33	X34	TOTAL 3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
ALTERNATIVE n	Xn1	Xn2	Xn3	Xn4	TOTAL n

Fonte: Os autores (2022)

Baseado na estruturação apresentada na matriz de decisão do estudo de caso será avaliado a melhor alternativa de fonte de energia a ser implementada. Da imagem podemos entender os seguintes processos:

Figura 3 - Processos a serem realizados na aplicação da ferramenta.



Fonte: Os autores (2022)

Dentre os processos, o que tem destaque como a chave para obtenção de resultados sólidos é a definição do *Score* adequado aos indicadores, para isso é necessário realizar uma análise de dados capaz de fornecer base a determinação desses *Scores*.

A respeito dessa análise de dados para YIN (2001), a melhor preparação para conduzir uma análise é ter uma estratégia de visão geral como primeiro passo. Em seguida, atentar-se as preposições teóricas que levaram ao estudo de caso, e que uma vez comparadas aos dados obtidos. Para a segunda fase e sustentada pelas preposições teóricas, deve ser verificado o conteúdo como método secundário, tendo um perfil de pesquisa voltado a buscar o que

realmente se busca de forma investigativa, à medida que enriquece a tentativa exploratória, aumentando a propensão a descobertas.

Desse modo, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica tomando por base aportes teóricos que analisam as categorias analíticas energia renovável, consumo e sustentabilidade. Além da pesquisa documental consultando material resultante de estudos realizados sobre o investimento de energia renovável na Região Norte. Seguido de uma pesquisa exploratória que permitiu identificar as potencialidades energéticas e os investimentos feitos na Região Norte considerando as especificidades e o desenvolvimento de suas atividades socioeconômicas, especificamente a viabilidade para implementação de matrizes energéticas renováveis.

A ampliação dos estudos empíricos demanda a aplicação de métodos qualitativos e quantitativos que possibilitem pôr em relevo as informações colhidas e os dados coletados ampliem as análises desenvolvidas e os resultados a serem socializados. Para tanto, nos estudos que se seguem almeja-se analisar as práticas de consumo de energia, observando a representação social quanto ao consumo, eficiência e qualidade socioambiental e se aconteceu mudanças de comportamentos após a implantação dos modelos sustentáveis. Os resultados e a análise são apresentados no tópico abaixo.

4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÃO

4.1 Contextualização do ESG no Brasil

A legitimação do ESG no Brasil iniciou no ano 2004, em 2006, a ONU lançou seus Princípios para o Investimento Responsável, uma estrutura que incorpora questões relacionadas ao ESG com investimentos.

No começo eram 63 signatários, supervisionando US\$ 6,5 trilhões em ativos, no ano de 2020, já havia mais de 3 mil signatários e 100 trilhões de dólares em ativos supervisionados.

Em 2015, 193 países da Assembleia Geral da ONU adotaram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, com o intuito de proporcionar um futuro sustentável e igualitário. De acordo com a Comissão de Negócios e Desenvolvimento Sustentável, abranger os ODS irá criar oportunidades de US\$ 12 trilhões até 2030.

4.1.1. Histórico

Nas últimas décadas, presenciou-se relevantes mudanças impulsionadas pela revolução digital por meio da inovação e do avanço tecnológico. Os setores da sociedade se conectaram no ambiente digital e o que antes era revolucionário passou a ser rotina. As mudanças advindas do ESG se comparam a esse acontecimento. A sigla, que se refere a práticas Ambientais, Sociais e de Governança é, na realidade, um potencial transformador. A sociedade, governos e empresas estão cada vez mais conscientes da importância das práticas ESG.

JONH ELKINGTON, em 1994, lançou o artigo “Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development”, John é considerado o pai do ESG. Na década de 90, houve a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO 92, no Rio de Janeiro, foi a publicação de Elkington, 2 anos depois, que chamou a atenção para a necessidade de mensurar os impactos ambientais e sociais na empresa por meio do TBL (Triple Bottom Line), conhecido também como Tripé da Sustentabilidade.

O termo ESG foi criado em 2004, em uma publicação do Pacto Global em parceria com o Banco Mundial, após o encontro de 2004, o Brasil anunciou a que participaria das orientações do Pacto Global e se comprometeria com os princípios estabelecidos. Hoje, o país segue com uma busca crescente pelo conhecimento voltado aos fatores sociais, ambientais e de governança

nas estratégias empresariais. Em 2020, a procura pelo assunto nas redes sociais aumentaram mais de sete vezes, e 84% dos executivos dizem ter interesse em entender mais sobre a agenda e os critérios ESG.



Fonte: Google Trends, XP Investimentos

4.1.2 Governos e Órgãos Reguladores

Governos e órgãos reguladores passaram a ser transformadores e aprimoradores das práticas, trazendo padrões e regras que começaram a ser incorporadas pelas empresas. No Brasil, reguladores como CVM, Banco Central e B3 continuam revisando e incorporando novas práticas e regras. Com o intuito de melhorar o entendimento do ESG e nivelar suas práticas ao mercado global, a CVM passou a exigir, a partir de 2022, em seu formulário de referência, que é divulgado pelas empresas de capital aberto, fatores de risco aos quais a empresa está exposta considerando separadamente os riscos sociais, ambientais e climáticos, além disso, exigiu também que fosse divulgada a diferença salarial entre seus colaboradores por raça, cor e gênero.

A SASB (Sustainable Accounting Standards Board) ou Conselho de Padrões Contábeis de Sustentabilidade, em português, é responsável por divulgar e avaliar empresas como facilitador das tomadas de decisões entre os investidores, além de identificar fatores materiais e imateriais com base em cinco dimensões: meio ambiente, capital social, capital humano, liderança e governança, e modelo de negócio e inovação, juntamente com outros 26 fatores que determinam o desempenho de cada companhia.

Uma pesquisa realizada pela Global Sustainable Investment Review, aponta que o filtro negativo é a metodologia mais utilizada internacionalmente para qualificações de empresas

ESG, no Brasil, a Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiros (ANBIMA) aponta para a “best-in-class” como estratégia mais utilizada no país.

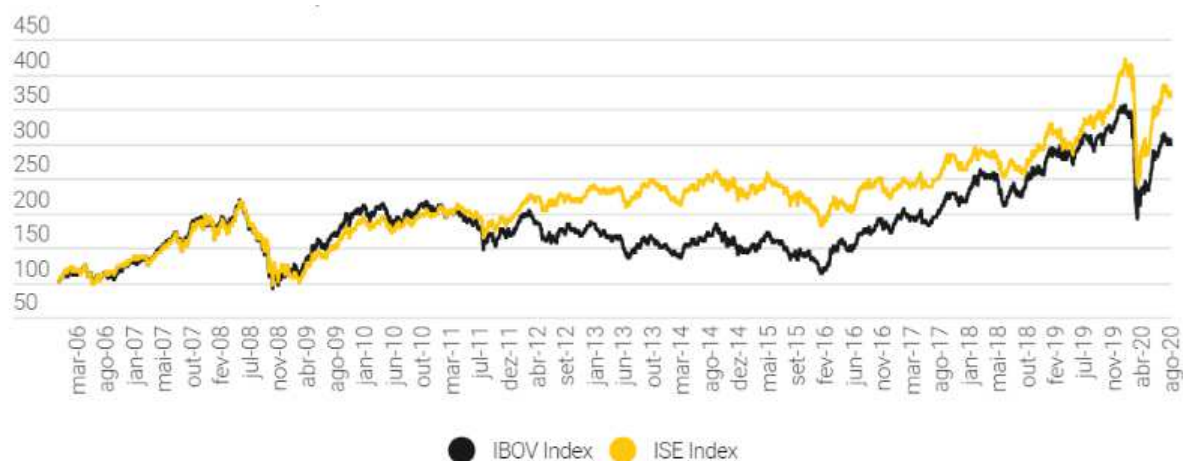
4.1.3 Mercado ESG

Observa-se que a materialidade dos fatores possui extrema relevância na análise de correlação entre a adoção de práticas ESG e o retorno financeiro dos ativos, ressaltando a importância de uma observação analítica e quantitativa dessa relação. Segundo levantamento feito pela Morningstar e pela Capital Reset, divulgado pelo Pacto Global, no Brasil, em 2020, os fundos de investimento ESG captaram R\$ 2,5 bilhões, sendo mais da metade dos recursos originados de fundos criados há menos de 12 meses. Em um mercado com a oferta de mais de 25 mil fundos de investimentos, a exposição ESG recebeu destaque na captação de recursos.

A ascensão da busca de empresas e investimentos ESG se tornou um destaque em meio ao mercado financeiro. Considerando que a obrigatoriedade sobre informações relacionadas às práticas é recente, nota-se que há grande discrepância no volume de compartilhamento de relatórios ESG por empresas, mostrando que há uma tendência maior de que as companhias que se engajam nas práticas se empenhem mais na elaboração de pareceres que indiquem sua atividade ESG. É justamente a transparência e relevância que a empresa imprime ao assunto que levanta para o investidor a confiança no que ele busca. Por isso, surge o questionamento acerca dessa assimetria, uma vez que, em meio à divulgação facultativa, determinadas empresas possuem forte engajamento na produção de informativos internos sobre sua atuação, enquanto outras sequer citam o termo em seu negócio.

O objetivo do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE B3) é ser o ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial) é o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de empresas selecionadas pelo seu reconhecido comprometimento com a sustentabilidade empresarial. Iniciativa pioneira na América Latina e quarto índice de sustentabilidade no Mundo, o ISE B3 foi criado pela B3 em 2005, com financiamento inicial pela International Finance Corporation (IFC), braço financeiro do Banco Mundial.

Gráfico 28 - Gráfico Bovespa vs ISE

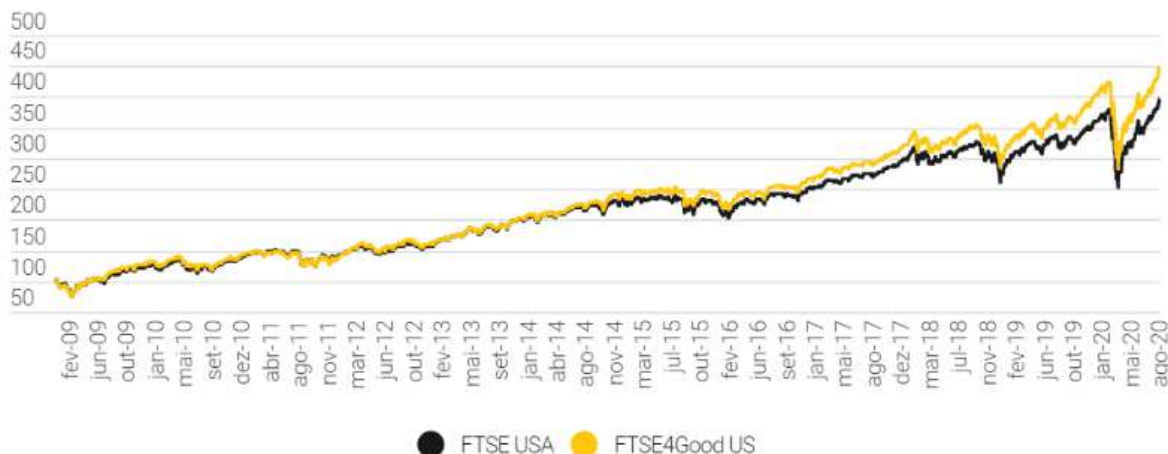


Fontes: Bloomberg, MSCI, XP Investimentos

Os índices que integram dados ambientais, sociais e de governança (ESG) estão se movendo das margens para o pensamento natural das pessoas, à medida que os investidores procuram alinhar seus valores aos seus investimentos. Neste sentido, o Índice S&P/B3 Brasil ESG procura proporcionar aos investidores a exposição ao mercado de ações de empresas brasileiras de melhores classificações ESG, cujo código de negociação é o SPBRESBP nos Estados Unidos e ESGB11 no Brasil. Trata-se de um índice amplo que procura medir a performance de títulos que cumprem critérios de sustentabilidade e é ponderado pelas pontuações ESG das agências avaliadoras S&P DJSI ESG Score e Sustainalytics Score. A carteira do Índice S&P/B3 Brasil ESG é composta por 89 empresas, 96 ações e 11 setores, que representam R \$ 3,3 trilhões em valor de mercado. A Composição majoritária do índice está em 20% Bancos, 17% Consumo, 13% Elétricas e 11% Energia. A B3 anunciou a 17ª carteira de Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE B3) que vigora de 3 de janeiro a 30 de dezembro de 2022, com rebalanceamentos quadrimestrais. A carteira reúne 46 ações, de 46 companhias, pertencentes a 27 setores. Juntas, as companhias somas R\$ 1,74 trilhão em valor de mercado, 38,26% do total do valor de mercado das companhias com ações negociadas na B3, com base no fechamento.

Nos Estados Unidos, desde 2009, a Bolsa americana, NYSE, subiu impressionantes +295%. Quando olhamos a performance, no mesmo período, do índice que contém as empresas mais bem posicionadas em termos ESG (FTSE4Good US Index), o número surpreende: +345% de valorização, ou seja, +52 pps acima de seu benchmark.

Gráfico 54 - Comparativo FTSE



Fonte: Bloomberg, XP Investimentos

4.1.4 Relação Stakeholders e ESG

Os stakeholders são todos aqueles que legitimamente se configurem como partes interessadas, seja direta ou indiretamente impactados pela atividade da empresa. Como empregados, clientes, fornecedores, investidores e autoridades governamentais (FREEMAN, 1984), incluindo indivíduos, grupos ou organizações que tenham interesse nas operações de uma empresa e a capacidade de influenciá-las. Esse conceito é importante quando se trata de estratégia organizacional, pois a forma que uma empresa se relaciona com os stakeholders pode significar a sobrevivência e a longevidade desta (MACHADO JR, 2011). A gestão orientada para os stakeholders busca um propósito além do financeiro remete-se ao engajamento dos funcionários, fornecedores e com a fidelização do cliente (CAÊTANO; PARO, 2020). É necessário avaliar estratégias socioambientais manter boas relações com colaboradores e fornecedores, conhecer concorrentes e possuir um modelo de negócio que faça sentido para economia a longo prazo. (CASNICI et al., 2021). Esse modelo de gestão induz a boas práticas de sustentabilidade e está relacionado a maiores retornos ao acionista tornando-se uma vantagem competitiva a médio e longo prazo (ALSHEHHI et al., 2018, CLARK, et al., 2015).

O desenvolvimento das práticas ESG das empresas ocorreu de forma distinta entre economias desenvolvidas e economias emergentes, como no caso do Brasil. Isso pode ter ocorrido pelas divergências culturais, assimetria do desenvolvimento social, de infraestrutura e do mercado de capitais desses países (ALEXANDRINO, 2020). Fatores como tamanho da empresa, setor de atuação e quais práticas de sustentabilidade são trabalhadas na empresa, interferem na relação entre ESG e desempenho financeiro. (BONINI; GOERNER, 2012;

GARCIA, 2017). Além dessas condições, a situação política e social de um país é relevante na manutenção das práticas sustentáveis uma vez que os stakeholders influenciam as empresas a uma adaptação mais sustentável dos negócios (BOERCH 2010; CASTRO JUNÍOR, 2005; CLARK *et al.*, 2015; FREEMAN 1984; GARCIA, 2017).

O mercado financeiro é um ambiente que estimula a competição empresarial induzindo a adaptação sustentável das empresas que podem desenvolver um diferencial competitivo essencial para sobrevivência destas perante a pressão dos agentes econômicos (ALSHEHHI *et al.*, 2018; ELKINGTON, 2012). Esse ambiente tem sido influenciado pela mudança da concentração de renda para gerações mais novas, fenômeno esse apontado como uma das razões pelo aumento da demanda de investimentos em empresas com melhores práticas de responsabilidade socioambiental. (MATOS, 2020; CAÊTANO; PARO, 2020). Investidores podem ser motivados a incorporar a avaliação de ESG no processo de investimento por razões financeiras, com a expectativa de que as aplicações em ações, que se classificam bem nessas métricas, aumentem os retornos e tenham menores riscos (BOERCH, 2010; CORNELL; DAMODARAN, 2020; FERRIANI; NATOLI, 2020; MATOS, 2020). Investidores de longo prazo podem exigir maior transparência das empresas sobre os impactos de sua operação, posto que uma boa divulgação das práticas de ESG indica maior segurança da aplicação financeira, reduzindo as possibilidades de desvalorização do preço das ações estimuladas por riscos socioambientais (FERNANDES; LINHARES, 2017; NAUM, 2018).

A exigência de maior qualidade das informações socioambientais pelos stakeholders é impulsionada pelo debate sobre os efeitos negativos das mudanças climáticas e outros impactos ambientais (VIANA JUNIOR; CRISÓSTOMO, 2019). Governos podem pressionar empresas a divulgarem informações padronizadas sobre sustentabilidade como demonstram estudos que avaliam a divulgação obrigatória de informações sobre ações de sustentabilidade empresarial, na qualidade da informação e o efeito positivo no valor dessas empresas (CLARK *et al.*, 2015; IAONNOU; SERAFEIM, 2017). Entretanto no Brasil, ainda não existe regulamentação que obrigue a divulgação uniformizada quanto ao conteúdo ou forma de apresentação, fazendo com que as informações divulgadas sejam voluntárias (CASTRO JÚNIOR, 2005; GARCIA, 2017; VIANA JUNIOR; CRISÓSTOMO, 2019).

Os estudos em países emergentes apontam fragilidades no que tange a divulgação de pesquisas relacionando as 3 dimensões de ESG com resultado econômico, bem como uma carência na atuação de órgãos reguladores (ALEXANDRINO, 2020). A acurácia na divulgação das informações socioambientais é fundamental para impulsionar o avanço de melhores práticas

ESG e consequentemente melhores resultados financeiros, já que a partir de normas e leis sobre esse assunto, ocorre mudanças nos processos e produtos das organizações (GARCIA,2017). Ainda não há um consenso exato sobre quais questões ESG os gestores precisam avaliar bem como a falta de uniformização das classificações, que resulta em divergências entre avaliações sobre as mesmas empresas, questiona a relação entre boas práticas de ESG desempenho financeiro (CORNELL; DAMODARAN, 2020; GIBSON *et al.*, 2021; MATOS, 2020). Já para Garcia (2017), os resultados contraditórios podem ser explicados pela utilização de procedimentos metodológicos diferentes em trabalhos acadêmicos.

4.2. Matrizes energéticas utilizadas no transporte rodoviário e aquaviário

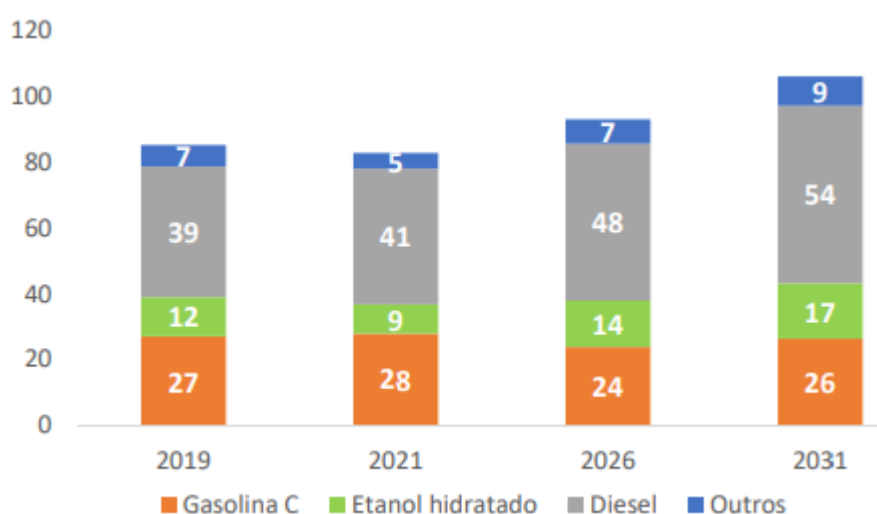
O consumo energético do setor de transportes é influenciado pelo PIB, disponibilidade e ampliação da infraestrutura logística, políticas ambientais e de mobilidade, comportamento e preferência das pessoas, conectividade e novas tecnologias.

Entre 2021 e 2023, o Plano Decenal de Expansão de Energia do Ministério de Minas e Energia, projeta um crescimento de 3,4% a.a. para a atividade de transporte de cargas.

A demanda de eletricidade, apesar da taxa de crescimento elevada, não possui demanda expressiva, apresentando uma participação de apenas 0,3% em 2031.

O transporte rodoviário mantém sua elevada representatividade na demanda energética total deste setor. Em 2031, o óleo diesel para o abastecimento de caminhões responderá por 34% na demanda total do setor de transporte.

Gráfico 86 - Consumo do setor de transporte por fonte de energia (mil TEP)



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2020)

Há ainda oportunidade para ganhos de eficiência sistêmica, por meio da migração do uso de transportes mais eficientes, como o ferroviário e aquaviário para movimentação de cargas.

Desde a implementação da Fase P-7 do PROCONVE, em 2012, os motores de veículos pesados novos produzidos e licenciados no Brasil são adequados ao consumo de óleo diesel de baixo teor de enxofre. Logo, o sucateamento da frota e a prejudicialidade do S500 à nova motorização impõem a demanda brasileira a uma transição gradual para o óleo diesel S10 nos próximos anos.

Para o óleo diesel marítimo, de uso aquaviário, considerou-se a alteração do atual limite máximo de teor de enxofre de 5000 ppm para 500 ppm, com entrada em vigor da nova especificação em 2024.

O óleo combustível marítimo (bunker) é utilizado principalmente para transporte aquaviário de longo curso por embarcações de grande porte. Adotou-se como premissa o limite máximo do teor de enxofre no bunker de 0,5% (5000 ppm), em linha com o tratado MARPOL da (IMO), por meio da norma IMO 2020, implementada em janeiro de 2020.

4.2.1. Perspectivas para o transporte aquaviário de cargas

O aumento do escoamento agrícola pelo Arco Norte e o da movimentação de granéis líquidos com a elevação da produção petrolífera, devem contribuir para que a cabotagem e o transporte hidroviário cresçam. A movimentação de outros produtos também tende a aumentar, especialmente com iniciativas para a promoção da cabotagem, como o Programa BR do Mar.

Gráfico 106 - Atividade aquaviária (10^9 t-km)



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2020)

Maior movimentação de graneis líquidos, construção de novos terminais portuários contribuem para incremento da eficiência das operações portuárias. Programas como o Portolog, o Porto em Papel, e de desburocratização dos portos, além de integração com o modo rodoviário, melhoram a eficiência do setor. O gráfico abaixo mostra a projeção de demanda energética para o setor aquaviário até 2030



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2020)

Os segmentos de transporte de carga geral e contêineres são os que possuem maior potencial de crescimento para a cabotagem, pois os graneis líquidos e sólidos são mercados já estabilizados.

4.2.2. Perspectivas para o transporte rodoviário de cargas

O gráfico a seguir, representa a atividade rodoviária quanto a quantidade de carga transportada, podemos notar o aumento da demanda por caminhões no primeiro quinquênio.

No segundo quinquênio, o crescimento de licenciamentos de caminhões novos se reduz devido à entrada em operação de projetos ferroviários. Apesar disso, a frota continua a aumentar ao longo de todo período.

Gráfico 146 - Atividade Rodoviária (10^9 t-km)

Fonte: Ministério de Minas e Energia (2020)

A eletrificação e hibridização de caminhões semileves, leves e médios avança, ultrapassando 10% dos licenciamentos em 2031. A eletrificação de veículos ainda requer investimentos expressivos, tanto por parte de governos quanto da indústria automotiva e de setores de distribuição de energia e de serviços de mobilidade. Desta forma, antes de 2030, tecnologias como a bateria e a célula combustível a hidrogênio não deverão deslocar parcelas significativas de demanda em razão da necessidade de insumos, investimentos e infraestrutura para que sejam economicamente viáveis ao consumo em larga escala. Para os segmentos de caminhões mais pesados, a eletrificação deve levar mais tempo para ser competitiva frente aos veículos tradicionais.

A demanda de energia do modal rodoviário continuará crescente, como mostrado no gráfico a seguir, mantendo sua predominância perante os demais modais.

Gráfico 161 - Energia rodoviária (milhões TEP)

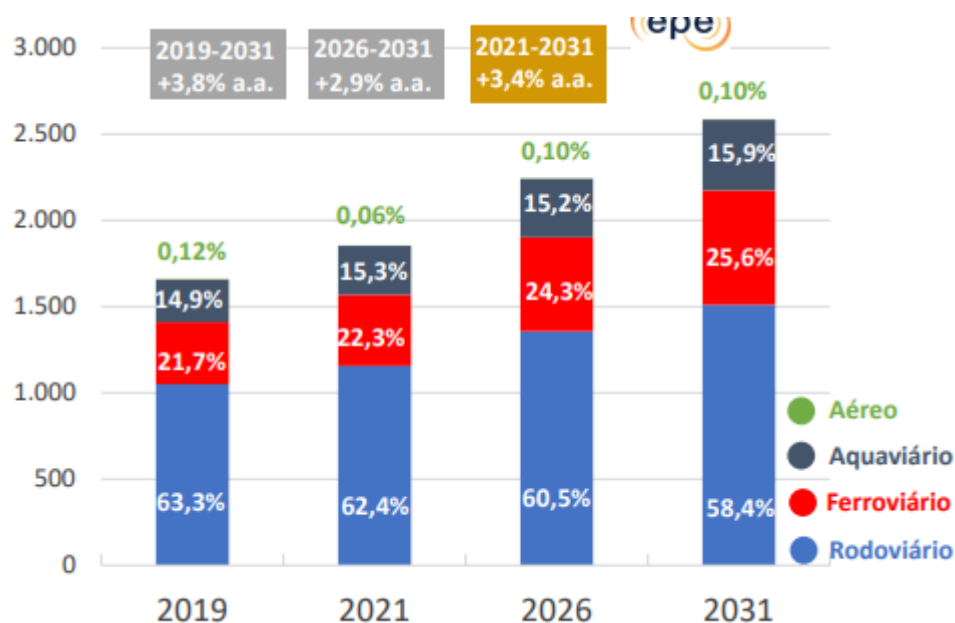


Fonte: Ministério de Minas e Energia (2020)

A introdução de novos limites de emissão e o custo do combustível favorecem a adoção de tecnologias que melhoram a eficiência energética de caminhões.

Apesar da previsão de crescimento na atividade dos demais modais, as estimativas são que o rodoviário ainda apresentará mais de 50% do total de transportes de carga em 2031, conforme gráfico a seguir.

Gráfico 169 - Atividade total do transporte de cargas (10^9 t-km)



4.3. Matrizes energéticas utilizadas na Bertolini

A Transportes Bertolini, atua no transporte rodoviário e aquaviário de mercadorias e cargas, atende atualmente 17 dos 27 estados brasileiros, ligando a região Norte ao Sul e Sudeste de nosso país. O principal combustível utilizado é o diesel, em ambos os modais.

As filiais e demais empresas do grupo, como é o caso da Bertolini Construção Naval e Bertolini da Amazonia Industria e comércio, são equipadas com placas solares, que suprem a maior parte da demanda operacional, enviando o excedente de energia para a rede da concessionária.

Também foi desenvolvido pela Transportes Bertolini, uma balsa-fábrica de açaí, ela é totalmente off-grid, ou seja, sem ligação à rede elétrica, toda energia utilizada é gerada por painéis solares, que cobrem a estrutura de dois mil metros quadrados, a balsa navega pelos rios

da região amazônica, adquirindo o açaí diretamente de fornecedores inseridos nas comunidades locais. A fábrica é capaz de processar 20 toneladas do fruto 12 toneladas de polpa congelada por dia.

Figura 4 - Balsa Fábrica de Açaí



Fonte: Bertolini Construção Naval (2022)

4.3.1. Transporte aquaviário de cargas

O transporte aquaviário é dividido em duas atividades, uma delas é o transporte de semirreboques baús por meio de balsas carreteiras, como mostra a imagem a seguir.

Figura 5 - Comboio RO-RO



Fonte: Transportes Bertolini (2022)

A rota utilizada é Manaus – Belém, ao chegar ao destino, os semirreboques são acoplados a cavalos mecânicos e seguem viagem para os demais estados brasileiros.

Outra atividade expressiva, é o transporte de granéis sólidos, onde são utilizados empurradores de maior potência, formando comboios de 9 balsas, o transporte é feito entre terminais de carga/descarga localizados nos estados de Rondônia e Pará, a imagem a seguir mostra o comboio formado.

Figura 6 - Comboio para transporte de granéis sólidos



Fonte: Transportes Bertolini (2022)

Ambas as atividades, são realizadas com a utilização de empurradores, que fornecem a energia necessária para propulsionar os comboios em suas respectivas rotas, o que irá variar, é a motorização dos empurradores, que varia de 600 a 1.740 hp, toda a frota trabalha utilizando Diesel, alguns empurradores tem a capacidade de trabalhar com Diesel pesado (marítimo), porém sua utilização demanda uma série de cuidados adicionais, como manter os tanques de combustível aquecidos, e dependendo do preço, não há viabilidade financeira nessa operação.

4.3.2. Transporte rodoviário de cargas

A Transportes Bertolini transporta cargas por todo Brasil, ligando o Norte ao Sul e Sudeste, desse modo, para viagens de longa distância, são utilizados a composição de um cavalo mecânico e dois semirreboques baú, conhecida como Bitrem Baú, mostrado na imagem a seguir.

Figura 7 - Bitrem Baú



Fonte: Transportes Bertolini (2022)

Essa composição é responsável por transportar as cargas do Sul ao Norte do país, para cargas com destino a Manaus, os Semirreboques são embarcados em Balsas Carreiras no estado do Pará e seguem viagem até o coração da Amazônia.

As entregas intermunicipais, são feitas por meio dos centros de distribuição do grupo, onde os semirreboques são descarregados e as cargas são locadas em vans ou caminhões onde são instalados baú sobre o chassi, grande parte da frota intermunicipal ainda utiliza diesel como o principal combustível, mas já temos caminhões 100% elétricos operando em Manaus. A seguir mostramos alguns dos veículos utilizados para entregas locais.

Figura 8 - Frota para transporte intermunicipal



Fonte: Transportes Bertolini (2022)

4.3.3. Sustentabilidade

A Bertolini adquiriu 88 milhões de metros quadrados de mata nativa, nas cidades de Autazes e Coari, no interior do Estado do Amazonas. Essa área foi especialmente selecionada em razão de que sofria risco de ser desmatada, isso foi imediatamente interrompido com a criação do Projeto Itucumã, o projeto consiste na redução de emissões por desmatamento e degradação florestal através de um mecanismo de compensação de redução das emissões de carbono decorrente da derrubada e queima das florestas, são adotadas medidas para fortalecer a conservação e a gestão sustentável da floresta, proporcionando também melhoria na qualidade de vida das pessoas que habitam o entorno da área do projeto, desenvolvendo atividades de preservação e proteção do meio ambiente.

4.4. Cases de Sucesso

Braskem

A Braskem assinou um acordo com a EDF *Renewables* para comprar energia eólica por 20 anos. O contrato ajudará a viabilizar a expansão do Complexo de Folha Larga, na Bahia, e a colocar o estado como provável líder no setor nos próximos anos.

Além disso, a petroquímica fechou parcerias com a francesa Voltalia e a Canadian Solar Inc. A primeira prevê a compra de energia solar por 20 anos e a construção do complexo solar Serra do Mel, no Rio Grande do Norte; enquanto o segundo viabilizará a construção de uma usina solar no norte de Minas Gerais e o fornecimento também por 20 anos.

Ambev

A Ambev estabeleceu como meta que 100% da eletricidade que consome com suas operações em todo o mundo seja proveniente de fontes limpas e renováveis até 2025. No Brasil, a multinacional anunciou que construirá 48 usinas de energia solar para abastecer 94 centros de distribuição.

As usinas serão construídas em 21 estados e no Distrito Federal. A perspectiva é que haja uma redução anual da emissão de dióxido de carbono na ordem de 46 mil toneladas.

Claro

O grupo Claro Brasil, formado pela Claro, Embratel e Net, lançou em dezembro de 2017 o programa Energia da Claro. O conglomerado pretende usar fontes renováveis e outras ações de proteção ao meio ambiente em todas suas operações e instalações no Brasil.

As iniciativas já estão presentes em 12 estados por meio da inauguração de mais de 35 plantas fotovoltaicas ao redor do Brasil. O programa representa a redução da emissão de mais de 100 mil toneladas métricas de dióxido de carbono por ano, o equivalente a retirar quase 420 mil carros de circulação.

5. DESENVOLVIMENTO

5.1. SERVIÇOS DE TRANSPORTE AVALIADOS

Na fase de desenvolvimento foi realizada a modelagem da ferramenta tratada na introdução para a aplicação das Empresas Bertolini, de acordo com suas demandas de transporte. A empresa atua em ramos de transporte rodoviários e aquaviários para transporte de diversos tipos de cargas.

Considerando o levantamento dos mercados em que a empresa atua, os serviços selecionados para avaliação de fontes de energia diferentes foram:

- **Transporte Rodoviários de longa distância** – Caracterizado por transporte de diversos tipos de mercadorias de carga geral, comporta-se de acordo com a demanda sendo que as rotas são programadas em cima disso e as carretas têm conexão de norte a sul do país;
- **Transporte Rodoviários interurbano** – Operação somente em vias supermovimentadas, muitas vezes com trânsito, porém com disponibilidade de abastecimento facilitado;
- **Transporte Aquaviário em vias navegáveis** – Caracterizado por uma operação de cargas gerais e de graneis sólidos com grandes comboios fluviais, esse transporte é realizado no arco norte do país em rios isolados de recursos para assistência da navegação, demandas de viagem que duram entre 7 e 2 dias;
- **Operações de Manobra portuária** – As embarcações que realizam essa função são utilizadas em curtas distâncias, tem muita variação de velocidade, precisam de um tempo de resposta o mais rápido possível.

Atualmente na empresa as principais frotas de carretas e embarcações são empregadas a essas funções e com 100% do efetivo utilizando combustível diesel como fonte de energia, sabemos que cada um desses serviços possui peculiaridades e essas peculiaridades contribuem para definir a melhor fonte de energia a ser utilizada.

5.2. FATORES DE TOMADA DE DECISÃO

A Grande vantagem do método de avaliação que estamos adotando é que ele realiza a classificação das alternativas de forma multicritério, isso quer dizer que a avaliação é realizada de maneira global não sendo unicamente por um fator limitante.

Baseado nessa avaliação multicritério, conseguimos abordar o assunto levando em conta fatores sociais, ambientais, tecnológicos e econômicos. A alternativa elencada como a melhor será aquela que apresenta score mais elevado e com melhor taxa de aproveitamento de todos esses critérios.

Dentre os fatores de tomada de decisão cada um foi analisado a forma para mensurar os seus parâmetros e definir o *score*, baseado na pesquisa bibliográfica teremos a base para definir a classificação das alternativas, com isso chegou a seguinte tabela de critérios de avaliação:

Tabela 1 - Critérios de avaliação

SCORE SOCIAL	SCORE AMBIENTAL	SCORE TÉCNICO		SCORE ECONÔMICO		
SEGURANÇA	EMISSÃO DE GASES TÓXICOS	DESAFIO TECNOLÓGICO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	INFRAESTRUTURA DISPONÍVEL	CUSTO DE INVESTIMENTO	CUSTO OPERACIONAL
Risco de Explosão	Nível de CO2 emitido no meio Ambiente	Número de projetos já realizados anteriormente no mundo	Energia consumida para transporte da carga	Investimentos prévios para instalação	Custo relacionado a aquisição dos ativos	Custo relacionado ao abastecimento e a manutenção dos ativos

Fonte: Os autores (2022).

A matriz de decisão elaborada apresenta pesos ponderados para os critérios de avaliação de acordo com a relevância na atualidade, levando a questão ambiental priorizada atualmente esse critério terá peso maior na média ponderada, o fator técnico terá peso menor e o fator econômico e social um peso mediano. Da seguinte forma:

- Peso fator Ambiental: 3;
- Peso fator Social: 2;
- Peso fator Técnico: 1;
- Peso fator Econômico: 2

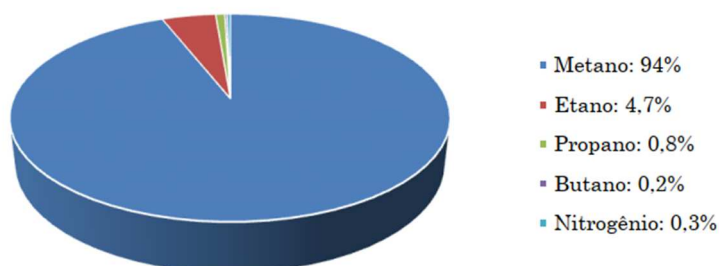
5.3. FONTES DE ENERGIA CONSIDERADAS

5.3.1 Gás Natural

O gás natural é uma mistura de derivados de combustível fóssil que se forma de forma ao longo de milhares de anos, o combustível possui características que o tornam bastante atrativo.

O gás apresenta temperatura de alto ignição elevada: 595 °C (MOKHATAB et al., 2014). Como comparação o diesel é de aproximadamente 210 °C. Sua combustão emite aproximadamente 20-25% menos CO₂, 85-92% menos gases Nox e 98-100% menos material particulado (STUER-LAURIDSEN, 2010; BIZI & TISCHER, 2012; EL GOHARY & SEDDIEK, 2013; TZANNATOS & NIKITAKOS, 2013; HARVEY GULF, 2017).

Figura 9 - Critérios de avaliação das alternativas.

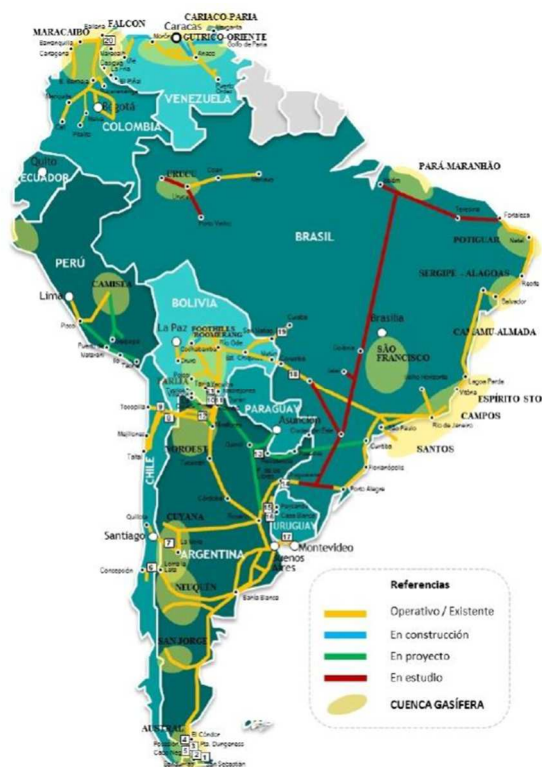


Fonte: Adaptado da IMO, 2009.

Por ser majoritariamente composto por metano, uma molécula simples, o gás natural queima de maneira bastante eficiente, tanto do ponto de vista econômico como ambiente. Seu armazenamento e distribuição ocorre de duas maneiras: gás natural comprimido (GNC) e gás natural liquefeito (GNL). Também são bastante utilizados os acrônimos em inglês: CNG e LNG, respectivamente. O GNC é processado em pressões entre 200 e 250 bar, necessitando, para isso, tanques e tubulações adequados a altas pressões. Já o GNL é processado em temperaturas bastante baixas (Abaixo de -162 °C), exigindo, para isso, tanques e tubulação criogênicos (IOGP, 2013). As duas intervenções são necessárias pois a baixa densidade do gás natural (entre 0,7 e 0,8 kg/m³, dependendo da composição) faz com que seja necessário muito espaço para seu armazenamento à temperatura e pressão ambientes, quando se deseja obter a mesma energia equivalente de seus concorrentes, os combustíveis líquidos derivados de petróleo. Por isso, apesar de o gás ser transportado por gasodutos em pressões baixas e

intermediárias, quando é considerada sua aplicação em veículos e embarcações (abastecimento e armazenamento), as únicas alternativas viáveis são por meio do GNC ou do GNL.

Figura 10 - Mapa dos gasodutos da América do Sul em 2016.



Fonte: Síntese Energética CIER (2017).

5.3.2 Energia Elétrica

Os veículos elétricos (VEs) não possuem emissão de poluentes ou gases tóxicos. Adicionalmente, não utilizam como fonte de energia de propulsão os combustíveis fósseis disponíveis e que um dia podem se esgotar. No entanto, apesar de apresentarem melhorias consideráveis no desempenho e na eficiência, os VEs ainda têm autonomia limitada, haja vista as restrições das atuais tecnologias de armazenamento de energia e de formas de recarga dos armazenadores de energia elétrica (SANTOS 2020).

Para solucionar tal limitação, os veículos elétricos híbridos (VEH) combinam as vantagens de duas fontes de energias diferentes. A eletrificação híbrida de fontes de energia pode aumentar a eficiência energética, melhorar a economia de combustível e sua autonomia, reduzir os custos de combustível e das emissões. Além disso, há muitas maneiras diferentes de implementar a eletrificação híbrida e a implementação de tudo isso pode impulsionar a

eficiência do motor de combustão interna quando combinados, e recuperar a energia perdida durante a frenagem.

Ainda para Santos (2020), os veículos elétricos e híbridos elétricos apresentam muitos desafios de projetos novos e complexos que estão ausentes nas bem estabelecidas tecnologias automotivas convencionais e nos sistemas de transporte. Além de se esforçar para atender aos requisitos cada vez mais rigorosos de eficiência e economia de combustível, segurança e desempenho dos veículos e proteção ambiental, a indústria automotiva está gastando consideráveis esforços e recursos para enfrentar os desafios associados ao desenvolvimento desses veículos. Desta forma, podemos considerar que o impulsionador do uso de tecnologias de propulsão eletrificada é estabelecido por meio de restrições governamentais.

Os impactos sociais e ambientais de veículos elétricos e híbridos incluem efeitos sobre a mobilidade de cargas e pessoas, a operação do sistema de fornecimento de eletricidade, o consumo de petróleo e outros combustíveis, a poluição do ar e o ruído do tráfego. O consumo de petróleo para fins de transporte diminuirá, mas os benefícios dependem do tipo de combustível usada pelas usinas geradoras de energia elétrica também determina os impactos da poluição do ar, uma vez que as diminuições nas emissões dos veículos são acompanhadas por aumentos nas emissões das usinas geradoras de energia elétrica. Atualmente, o nível de ruído gerado pelos veículos tradicionais é consideravelmente elevado, principalmente em grandes centros. Os veículos eletrificados, por serem sistemas de transporte com menor geração de ruídos, proporcionam redução de ruído ao ambiente. Porém, deve-se ter um mínimo perceptível para que pedestres e outros atores no ambiente possam perceber o veículo aditivamente.

5.3.3 Biocombustível

No início da década de 1990, na Europa, principalmente na Alemanha, França e Áustria, ésteres derivados de óleos vegetais começaram a ser usados em escala comercial como combustível, com o nome de biodiesel. Outros países, tais como Estados Unidos, Canadá, Malásia e Argentina, também se dedicaram ao desenvolvimento de tecnologias viáveis para a produção de combustíveis a partir de óleos vegetais. No mercado internacional, o biodiesel produzido tem sido utilizado em veículos de passeio, frotas cativas, transporte público e geração de eletricidade (FUCHS, 2006; GUERRA; FUCHS, 2009a).

O uso energético de óleos vegetais no Brasil esteve sempre presente nas discussões envolvendo a diversificação dos combustíveis líquidos. No início da década de 1940, foram realizados estudos no sentido de usar óleos vegetais in natura ou hidrocarbonetos obtidos pelo seu craqueamento como combustíveis alternativos ao óleo diesel. Durante a Segunda Guerra Mundial, o governo brasileiro, por decreto, proibiu a exportação de óleo de algodão, para forçar a queda do preço desse óleo no mercado interno e, assim, poder usá-lo como combustível para os motores das locomotivas, que movimentavam a malha ferroviária do País na época. No entanto, com a estabilização do mercado internacional do petróleo, após o término da Segunda Guerra Mundial, esses esforços foram abandonados até o início da década de 1970, quando ocorreu uma nova crise de abastecimento, originada pela criação da OPEP. Em resposta a esta nova crise, foi criado pelo governo federal, além do Pro-Álcool, o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, o Pro-Óleo. Este programa tinha como objetivo gerar um excedente de óleos vegetais, capaz de tornar seus custos de produção competitivos com os do óleo mineral. Previa-se uma regulamentação de uma mistura de 30% de óleo vegetal no óleo diesel, havendo perspectivas para sua substituição integral em longo prazo. Nesta época foi proposta como alternativa tecnológica a transesterificação ou alcolise de óleos vegetais, produzindo o biodiesel. O programa foi abandonado pelo governo em 1986, quando o preço do petróleo voltou a cair no mercado internacional (GUERRA; FUCHS, 2009a; FUCHS, 2007).

Os combustíveis biológicos usados atualmente envolvem diferentes técnicas de produção e processamento, destacando-se o biodiesel, o álcool, o biogás e o óleo vegetal (GUERRA; FUCHS, 2009a). O biodiesel é usado nos motores a diesel tradicionais, sem necessidade de adaptações; o álcool combustível, em motores adaptados; e o biogás, para geração de energia térmica, elétrica ou mecânica, em motores apropriados ou adaptados.

O óleo vegetal, em estado natural, é menos conhecido como combustível para motores, mas seu uso está se intensificando nos motores a diesel, desenvolvidos ou convertidos para esse fim. É difícil estimar a quantidade usada extraoficialmente em misturas em frotas de empresas, principalmente no maquinário agrícola.

Ao contrário da gasolina e do diesel obtido do petróleo, o óleo vegetal é regenerativo, neutro quanto à emissão de CO₂ e livre de enxofre, metais pesados e radioatividade. Além disso, não é finito como os derivados de petróleo, podendo ser produzido em vários países e sob as mais variadas condições climáticas. É um combustível seguro e de baixo custo. O óleo vegetal não é volátil e tem um ponto de fulgor em torno de 200°C, de modo que não é inflamável

e nem explosivo, podendo ser armazenado sem riscos por longos períodos. Também é biodegradável, não prejudicando nem a terra, nem o ar, nem a água.

5.3.4 Hidrogênio

Para facilitar a compreensão das formas de utilização do gás hidrogênio H_2 em MCI, o hidrogênio é o elemento mais abundante no universo. Ele compõe 75% de sua massa e 90% de suas moléculas, utilizar esta fonte de energia daria a humanidade uma reserva de energia ilimitada.

Em seu estado natural e sob condição ambiente, o H_2 é um gás inodoro, insípido e incolor, e se apresenta muito mais leve que o ar. Pode ser encontrado no estado líquido ocupando um volume 700 vezes menor do que se estivesse em forma de gás. Entretanto, neste caso ele necessariamente tem que estar a uma temperatura de $-253^\circ C$ e à pressão atmosférica, em sistema de armazenamento conhecidos com sistemas criogênicos. Acima dessa temperatura, se transforma em gás o qual pode ser armazenado em cilindros de alta pressão (NETO 2005).

O possui aproximadamente 2,4 vezes mais energia que o gás natural por unidade de massa, e cerca de 1100 vezes mais que uma bateria ácida. Sabendo que 1 kWh equivale a 3600 joules, na tabela 1 tem-se a representação desse potencial em relação a outras substâncias.

A tabela a seguir mostra o comparativo do potencial energético de alguns combustíveis, juntamente com suas formas de armazenamento.

Tabela 2 - Comparativo do potencial

Portador de energia	Forma de Armazenamento	Densidade de energia por massa (KWh/kg)	Densidade de energia por volume (KWh/m ³)
Hidrogênio	Gás (200 atm)	33,3	0,53
	Gás (300 atm)	33,3	0,75
	Gás (800 atm)	33,3	2,92
	Líquido (-253 °C)	33,3	2,36
	Hidretos metálicos	0,58	3,18
Gás natural	Gás (200 atm)	13,9	2,58
	Gás (300 atm)	13,9	3,38
	Líquido (-162 °C)	13,9	5,8
GLP	Líquido	12,9	7,6
Metanol	Líquido	5,6	4,42
Gasolina	Líquido	12,7	8,76
Gasóleo	Líquido	11,7	9,7
Eletricidade	Bateria (Ácido - Chumbo)	0,05	0,1
	Bateria (Íons de Lítio)	0,25	0,05

Fonte: ALMEIDA (2005)

Se tratando de segurança, haja vista que é um gás explosivo, abaixo são relacionadas em itens as principais características desse elemento.

- Não entra em detonação ao ar livre;
- Não é tóxico (mas pode ser asfíxiante se consumir todo o oxigênio de ambiente fechado);
- Não é radioativo;
- Não é corrosivo;
- Não contamina a água;
- Não é cancerígeno;
- Não entra em autoignição na temperatura ambiente;

- Tem alto coeficiente de difusão e por isso dilui rapidamente no ar;
- Quando sofre ignição ao ar livre, geralmente queima antes de atingir o valor limite para ocorrer à explosão;
- Não produz produtos perigosos de decomposição;

Na tabela seguinte são apresentadas algumas informações técnicas do H.

Tabela 3 - Informações técnicas do hidrogênio

INFORMAÇÕES SOBRE O HIDROGÊNIO		
Símbolo químico	H	
Cor	Incolor	
Estado físico a temperatura e pressão ambiente	Gás	
Temperatura de autoignição	584°C	
Poder Calorífico Inferior (H ₂ líquido)	3 kWh/Nm ³	10,8 MJ/Nm ³
	2,359 kWh/l	8,495 MJ/l
	33 kWh/kg	1220 MJ/kg
Poder Calorífico Cuperior (H ₂ líquido)	3,54 kWh/Nm ³	12,75 MJ/Nm ³
	2,790 kWh/l	10,04 MJ/l
	39,41 kWh/kg	141,86 MJ/kg
Poder calorífico superior (HHV do H ₂)	142000 J/g	
Densidade (0°C e 1 atm)	0,0899 kg/m ³	70,79 kg/m ³ (H ₂ líquido)
Ponto de ebulição	-252,8 °C (na pressão de 1 atm)	
Limite de inflamabilidade no ar	Inflamável entre as concentrações de 4% a 75% de H ₂ por volume	
Coeficiente de difusão	0,61 cm ² /s	
A energia contida em 1 m ³ de H ₂ equivale a 0,34 litros de gasolina		
A energia contida em 1 litro de hidrogênio líquido equivale a 0,26 litros de gasolina		
A energia contida em 1 kg de H ₂ equivale a 2,75 kg de gasolina (baseado em valor calorífica)		
Massa atômica do H ₂ = 1,00784 uma = 1,00784 mol		

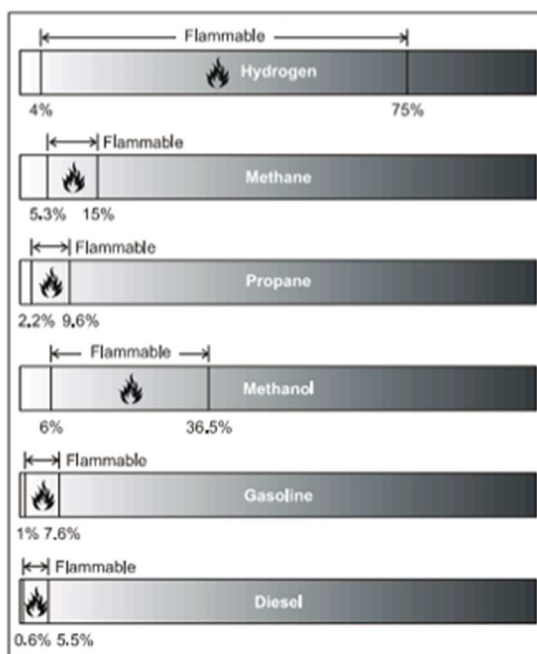
FONTE: ALMEIDA (2005)

A extensão de flamabilidade de um gás é definida em termos de seu limite mínimo de flamabilidade e seu limite máximo de flamabilidade. O limite mínimo de flamabilidade de um gás é a menor concentração de gás que poderá sustentar a própria propagação da chama quando misturado e aceso. Abaixo do limite mínimo de flamabilidade não existe combustível para suportar uma combustão, a mistura ar/combustível é muito fraca.

Acima do limite superior de flamabilidade não há oxigênio para suportar a combustão, a mistura de ar/combustível é muito rica. Entre estes dois limites há o grau de flamabilidade em que o ar + combustível está na quantidade certa para queimar quando acesos. Uma mistura estequiométrica ocorre quando as moléculas de oxigênio e hidrogênio estão presentes na proporção exata necessária para completar a reação de combustão.

Uma consequência do limite máximo de flamabilidade é que o hidrogênio armazenado (gasoso ou líquido) não é inflamável enquanto armazenado sem a presença de oxigênio em cilindros. O combustível somente torna-se inflamável nas áreas periféricas de um vazamento onde há mistura com ar em proporções suficientes.

Figura 11 - Extensão de flamabilidade para vários combustíveis a temperatura atmosférica



Fonte: Hydrogen Properties, College of the Desert (2001)

5.4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Após a explicação metodológica e levantamento bibliográfico sobre as fontes de energia, definiremos as matrizes de decisão fundamentais para cada tipo de serviço escolhido.

5.4.1. Transporte Rodoviários de Longa Distância

O transporte rodoviário é o que apresenta maior desenvolvimento de soluções para fontes de combustível, justamente pelo fato desse tipo de transporte gerar a maior quantidade de emissões atmosféricas. Pelo fato do avanço empregado foi considerado na avaliação o diesel, gás natural, diesel-elétrico, hidrogênio e o biocombustível.

Na avaliação o hidrogênio é o que apresentou o melhor desempenho considerando todos os aspectos envolvidos, o combustível hidrogênio que é armazenado em células tem uma segurança boa devido a forma de armazenamento, emissão zero de gases e custos baixos de operação, porém ainda é uma tecnologia muito desafiadora para implementação, a disponibilidade no mercado não é tão difundida e considerada muito cara. O levantamento bibliográfico concluiu que essa é a fonte ideal, porém sua implementação será realizada nos próximos 20 anos até que a tecnologia tenha maior aderência ao mercado.

Tabela 4 - Matriz de decisão ponderada para o transporte rodoviário de longa distância.

Transporte Navegação Interior de Longa Distância								
FONTE DE ENERGIA	SCORE SOCIAL	SCORE AMBIENTAL	SCORE TÉCNICO		SCORE ECONÔMICO			SCORE TOTAL
	1	3	1		2			
	SEGURANÇA	EMISSÃO DE GASES TÓXICOS	DESAFIO TECNOLÓGICO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	INFRAESTRUTURA DISPONÍVEL	CUSTO DE INVESTIMENTO	CUSTO OPERACIONAL	
DIESEL	4	1	5	3	5	5	1	37
GÁS NATURAL	3	4	3	4	3	4	4	44
DIESEL-ELÉTRICO	5	5	1	4	1	4	5	45
HIDROGÊNIO	4	5	2	5	3	2	5	46
BIOCOMBUSTÍVEL	4	4	3	3	2	4	1	36

Fonte: Os Autores (2022)

5.4.2. Transporte Rodoviários interurbano

Para o transporte interurbano a empresa Transportes Bertolini atua no mercado de carga geral entre estabelecimentos, não é um tipo muito diferente nos aspectos gerais do modal rodoviário a diferença são as pequenas distâncias, o trânsito que o veículo atravessa, entre fatores proporcionados pelo meio urbano.

Considerando o meio urbano e suas distâncias curtas o veículo elétrico é beneficiado para o uso já que a autonomia nas cidades não precisa ser tão alta e podemos recarregar as baterias que possuem capacidade de carga limitada para armazenamento, além disso os trânsitos intensos fazem com que seja necessária a mudança de rotação do motor quase que a todo momento diminuindo assim a eficiência energética dos motores a combustão, isso torna o motor elétrico ainda mais vantajoso nas cidades.

Para a implementação dessa solução de veículo movidos a energia elétrica híbrida com diesel, a empresa Transportes Bertolini já apresenta um projeto piloto implementado com êxito.

Tabela 5 - Matriz de decisão ponderada para o transporte rodoviário interurbano.

Transporte Rodoviários Interurbano								
FONTE DE ENERGIA	SCORE	SCORE	SCORE TÉCNICO		SCORE ECONÔMICO			SCORE TOTAL
	1	3	1		2			
	SEGURANÇA	EMISSÃO DE GASES	DESAFIO TECNOLÓGICO	EFICIENCIA ENERGÉTICA	INFRAESTRUTURA DISPONÍVEL	CUSTO DE INVESTIMENTO	CUSTO OPERACIONAL	
DIESEL	4	1	5	3	5	5	1	37
GÁS NATURAL	3	4	3	4	4	4	4	46
DIESEL-ELÉTRICO	5	5	5	4	3	4	5	53
HIDROGÊNIO	4	5	2	5	3	2	5	46
BIOCOMBUSTÍVEL	4	4	3	3	2	4	1	36

Fonte: Os Autores (2022)

5.4.3. Transporte Aquaviário em vias navegáveis

A navegação interior é marcada por um transporte em zonas bastante isoladas em que as margens dos rios possuem apenas comunidades ribeirinhas com poucos recursos. Atualmente a Empresa Transportes Bertolini realiza as seguintes rotas para escoamento de soja que é seu principal mercado: Porto Velho – Santarém; Porto Velho – Barcarena e Miritituba – Barcarena.

Uma característica marcante pelo transporte de navegação interior é que o abastecimento só ocorre de ponta a ponta, sendo necessário ter uma autonomia bastante alta para as embarcações, apesar disso a Amazônia possui grandes reservas de gás natural para serem exploradas. Essas reservas de gás natural são localizadas próximas as zonas em que a navegação pode usufruir desses gases, por esse motivo hoje existem empresas investindo em infraestrutura para extração desses gases.

Considerando essa infraestrutura em eminência e as vantagens do gás natural para sua aplicação, como nível baixo de emissões, economia operacional, eficiência energética etc. A solução do gás natural é algo a ser realizado. Por esse motivo atualmente a empresa já empresa

apresenta negociações para uso dessa solução que devem ser implementadas durante os próximos 5 anos e concretizadas em 10 a 15 anos.

Tabela 6 - Matriz de decisão ponderada para o transporte aquaviário em vias navegáveis.

Transporte Aquaviário em vias navegáveis								
FONTE DE ENERGIA	SCORE	SCORE	SCORE TÉCNICO		SCORE ECONÔMICO			SCORE TOTAL
	1	3	1		2			
	SEGURANÇA	EMISSÃO DE GASES	DESAFIO TECNOLÓGICO	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	INFRAESTRUTURA DISPONÍVEL	CUSTO DE INVESTIMENTO	CUSTO OPERACIONAL	
DIESEL	4	1	5	3	5	5	1	37
GÁS NATURAL	3	4	3	4	4	3	4	44
DIESEL-ELÉTRICO	5	5	1	4	1	3	5	43
HIDROGÊNIO	4	5	1	5	1	2	5	41
BIOCOMBUSTÍVEL	4	4	3	3	3	4	1	38

Fonte: Os Autores (2022)

5.4.4. Operação de Manobras Portuárias

Um tipo de serviço bastante peculiar realizado pela empresa Transportes Bertolini é a operação de manobra portuária, esse tipo de operação ocorre em todos os portos da empresa, tanto os de carregamento das barcaças, quanto nos portos de descarga por sua vez.

Durante a operação de movimentação do granel, é necessário a formação de um comboio de barcaças em espera para serem movimentadas suas cargas, esse comboio precisa de uma embarcação para movimentação das barcaças individualmente.

Devido ao comportamento operacional, uma embarcação desse tipo é caracterizada por mudança constante de rotação dos motores, traslado de curtas distâncias ocorrendo somente em volta da zona portuária e com essas características a aplicação é aderente a uma propulsão diesel elétrica, já que pode ser instalado pontos de carregamentos de bateria na zona portuária e a eficiência dos motores elétricos em relação a mudanças de rotação é melhor.

Tabela 7 - Matriz de decisão ponderada para a Operação de Manobras Portuárias.

Operações de Manobra portuária								
FONTE DE ENERGIA	SCORE	SCORE	SCORE TÉCNICO		SCORE ECONÔMICO			SCORE TOTAL
	1	3	1		2			
	SEGURANÇA	EMISSÃO DE GASES	DESAFIO TECNOLÓGICO	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	INFRAESTRUTURA DISPONÍVEL	CUSTO DE INVESTIMENTO	CUSTO OPERACIONAL	
DIESEL	4	1	5	3	5	5	1	37
GÁS NATURAL	3	4	3	4	3	3	4	42
DIESEL-ELÉTRICO	5	5	5	4	3	3	5	51
HIDROGÊNIO	4	5	1	5	1	2	5	41
BIOCOMBUSTÍVEL	4	4	3	3	3	4	1	38

Fonte: Os Autores (2022)

5.5. Análise de viabilidade

Por ser um estudo conceitual, objetivando selecionar a melhor opção energética para diferentes atividades de transporte do grupo, não temos disponíveis dados numéricos operacionais relativos à aplicação de algumas das fontes energéticas apresentadas, como é o caso das células de hidrogênio como combustível para caminhões em trajetos de longas distâncias, que é uma tecnologia ainda em desenvolvimento com previsão de ser lançada até o fim dessa década.

Já o transporte interurbano, onde temos 1 caminhão 100% elétrico operando, foi observado um consumo de aproximadamente 1kw/h por quilometro rodado, onde, um caminhão que roda aproximadamente 5.200km/mês terá um custo de abastecimento de aproximadamente R\$5.564,00 utilizando eletricidade contra R\$7.375,00 utilizando diesel, que consome aproximadamente 5,5km/l.

A implementação de gás natural como combustível para comboios no transporte aquaviário ainda depende de implementação de infraestrutura de abastecimento no arco norte, estudos como de Azevedo (2017) mostram que há viabilidade utilizando apenas 15% de GNL, pois há dificuldade de adaptação das embarcações já existentes, construídas com tanques para viagens de longa distância utilizando diesel, sem a possibilidade de adaptação para GNL.

Para utilização de diesel-elétrico em manobras portuárias, haverá necessidade de troca ou repotencialização dos geradores existentes nas embarcações, bem como a troca dos motores do sistema propulsor a diesel por motores elétricos, essa oportunidade surgirá somente no *overhaul* desses equipamentos, previstas para daqui 5 anos.

5.6. Cronograma de implementação

	2022 - 2025	2026-2030	2030-2035	2036-2040
Hidrogênio (Longas Distâncias)				
<i>Disponibilidade da tecnologia</i>	■			
<i>Análise de viabilidade</i>			■	
<i>Aplicação na frota</i>			■	■
Elétrico (Interurbano)				
<i>Disponibilidade da tecnologia</i>	■			
<i>Análise de viabilidade</i>	■			
<i>Aplicação na frota</i>		■		
GNL (Aquaviário)				
<i>Disponibilidade da tecnologia</i>	■			
<i>Análise de viabilidade</i>			■	
<i>Aplicação na frota</i>				■
Diesel-Elétrico (Portuário)				
<i>Disponibilidade da tecnologia</i>	■			
<i>Análise de viabilidade</i>		■		
<i>Aplicação na frota</i>			■	■

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente trabalho, uma matriz de decisão ponderada foi desenvolvida com o intuito de atribuir as melhores fontes energéticas aplicáveis a diferentes modais de atuação, o Diesel ainda dominará o mercado como fonte de combustível, atualmente 41% do setor de transporte utiliza Diesel como fonte de energia, e para 2031 a previsão é de 54%, a atividade aquaviária tende a crescer 3,8% contra 2,7% na atividade rodoviária, o modal rodoviário, ainda será responsável pela maior parte do total de cargas transportadas no país, com estimativas de 58,4% na próxima década. O tema ESG, apesar de ter surgido no Brasil em 2004, ganhou destaque e gerou interesse a partir de 2015, devido a oportunidades e negócio que o desenvolvimento sustentável cria.

A avaliação dos resultados obtidos nas matrizes de decisão nos permite concluir que, apesar da forte tendência do Diesel se manter como principal fonte energética, outras fontes são mais atrativas, dependendo do modal ao qual se está inserido, no caso do transporte rodoviário de longa distância, a utilização de células de hidrogênio é a mais atrativa a longo prazo, para o transporte urbano a melhor opção foi o diesel-elétrico, pelo fato de não necessitar de alta autonomia e pela disponibilidade dos caminhões recarregarem no período noturno, já o transporte aquaviário tem melhor benefício utilizando-se gás natural, temos grandes reservas para explorar na região norte e a disponibilidade operacional será vantajosa em relação ao diesel, por fim, as operações de manobras portuárias podem ser feitas de melhor maneira utilizando a propulsão diesel elétrica, as manobras são de curta duração em pequenos espaços de tempo, possibilitando o carregamento das baterias e melhor eficiência em relação as mudanças de rotação em comparação com a propulsão tradicional.

O Projeto tem seu limite na disponibilidade atual de recursos energéticos, bem como a infraestrutura atual disponível para a utilização dos mesmos e a capacidade de modificação das frotas atuais para fazer uso de mais de um tipo de combustível

Futuros projetos podem ser desenvolvidos, devido a evolução constante de tecnologias e surgimento de novas fontes energéticas, capazes de atender maiores distâncias com menor custos e menor pegada de carbono, tais fatores podem ser utilizados para recalculer os scores das Matrizes de decisão, possibilitando tornar as operações de transportes mais eficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ITAÚ. **Asset Management. Radar ESG.** 6 jan. 2021. Disponível em: <https://www.itausassetmanagement.com.br/insights/investimento-responsavel>. Acesso em: 03 jun. 2022.
- BONOMA, T. V. **Case Research in Marketing: Opportunities, Problems, and a Process.** Journal of Marketing Research, [s. l.], v. 22, ed. 2, p. 199-208, 16 jan. 1985.
- VIANNA, Maurício. **Design thinking: inovação em negócios.** Rio de Janeiro: MJV Press, 2012.
- ENERGIA renovável no Brasil.** Esfera Energia, 4 fev. 2020. Disponível em: <https://esferaenergia.com.br/blog/energia-renovavel-no-brasil/>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- UNGARETTI, Marcella. **ESG de A a Z: Tudo o que você precisa saber sobre o tema.** EXPERT XP, 08/09/2020 18:51:48 Atualizado em 02/06/2022 14:37:15. Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/esg/esg-de-a-a-z-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-tema/> Acesso em: 03 jun. 2022
- YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Bookman, Porto Alegre, n. 2, p. 1-6, 8 jan. 2001.
- Ministério de Minas e Energia - **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2031.** disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 30 set. 2022
- SPILLER, Eduardo Santiago. **Fatores Críticos de Sucesso.** Disponível em: <https://revista.esg.br/index.php/revistadaesg/article/view/167>. Acesso: 17 jul. 2022
- ALMEIDA, A. T. **Hidrogênio como Combustível.** Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2005.
- NETO, EMILIO H. G. **Hidrogênio Evoluir Sem Poluir.** 1ª. ed. Curitiba: Brasil H2 Fuel Cell Energy, 2005. 240 p.
- Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em 17 jul. 2022.
- GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. **Política energética no Brasil. Estudos Avançados, [S. l.], v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005.** Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10104>. Acesso em: 1 set. 2022.
- AZEVEDO, P. C. **Rede Logística de Gás Natural para Abastecimento de Embarcações na Amazônia Brasileira.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- THE GLOBAL Compact. **Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing.** [S. l.], 2012. Disponível em: www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/. Acesso em: 3 jun. 2022.

Hydrogen Properties, College of the Desert, December 2001, Disponível em:

http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/tech_validation/pdfs/fcm01r0.pdf

Acesso em: 20 out. 2013.