



# COMPARAÇÃO DE MODAIS DE TRANSPORTE PARA ESCOAMENTO DE MINÉRIO: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

**CRISTIANO FARIAS COELHO**

(UENF)

**GUDELIA MORALES**

(UENF)

## **Resumo**

*Este trabalho analisa os modais mais usuais empregados no planejamento do transporte de minério de ferro, no Brasil e no mundo, e buscou os motivos que levaram à construção de um mineroduto do Sistema Minas-Rio, da Anglo Ferrous Brazil. Parra a transferência do minério de ferro entre as minas, em Minas Gerais, e o Porto de Minério do Açú (de onde será exportado), no norte do Rio de Janeiro, são analisadas as alternativas técnicas de transporte por rodovia, ferrovia e dutovia. Depois de validado o transporte dutoviário, como a opção mais viável, este trabalho apresenta as vantagens da escolha e suas implicações favoráveis à sustentabilidade.*

*Palavras-chaves: Modais de Transporte, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, Sustentabilidade.*

## 1. Introdução

Um assunto que aborda a logística está relacionado à administração dos fluxos de bens, serviços e da informação associada que os põem em movimento, ou seja, tem como objeto central de sua análise as variáveis: tempo, lugar, qualidade, informação e custo.

Assim, Ballou (2001) sugere que a função da Logística é colocar o serviço ou produto certo, no lugar certo, no tempo certo, e na condição desejada, criando a maior contribuição possível para a firma.

Para Bowersox & Closs (1996), o termo logístico é aplicável a qualquer atividade que utilize seus conceitos básicos e que lide com informações, transporte, estoques, armazéns, equipamentos de movimentação de carga e embalagem.

Portanto superar tempo na movimentação de bens ou na entrega de serviços de forma eficaz e eficiente, com a otimização de distâncias, é a tarefa da logística.

O transporte, uma das atividades primárias no estudo da Logística, é considerado pela maioria das empresas como o mais importante, uma vez que, em média, corresponde a 60% dos custos logísticos. Assim, qualquer redução nos custos logísticos impacta profundamente no lucro da organização. (FLEURY et al., 2000).

Além do que, os custos de transporte são associados às características do produto transportado, quanto menor o valor agregado da mercadoria e maior o volume, maior será a participação do custo pela distribuição na formação do custo total.

As exportações têm sido a grande alavanca da produção interna de minério de ferro no Brasil. A principal justificativa disso são as importações chinesas que assumiram o papel de grande importador do minério de ferro brasileiro a partir de 2002. A China que em 2001, comprava 20,3 Mt (mega toneladas) passou a comprar em 2007 um total de 89,0 Mt, um crescimento surpreendente de 338% nesses 6 anos. (BRASIL, 2009).

Devido à grande e crescente demanda de ferro provocada pela ascensão econômica da China, novos investidores interessados, os chamados players, vão surgindo para suprir a necessidade de expansão do mercado de exportação de minérios.

Por conta disso, hoje há no Brasil dois grandes projetos em andamento, um no município Presidente Kennedy, no Estado do Espírito Santo, e outro em São João da Barra, no norte do Estado do Rio de Janeiro, este em etapa final de construção.

Tais empreendimentos estão em consonância com os mais modernos conceitos desenvolvidos pelo *Supply Chain Management* – SCM, ou Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, com o projeto de logística integrada, ao englobar a construção de mineroduto e terminal portuário próprios (FERROUS, 2012). Isso implica diretamente na minimização de custos, além de identificar oportunidades de ganho.

O Sistema Minas-Rio, da Anglo *Ferrous Brazil* (unidade de negócio da Anglo American), é formado pela reserva mineral e as plantas de beneficiamento de minério, em conjunto com o sistema de transporte de mineroduto e o terminal LLX Minas-Rio. (VERAX, 2010).

Para a transferência do minério de ferro entre as minas e o porto são analisadas as alternativas técnicas de transporte por rodovia, ferrovia e o modal dutoviário. Depois de definida como mais viável a opção de transporte dutoviário, este trabalho apresentará as vantagens da escolha e suas implicações favoráveis à sustentabilidade.

## **2. Aspectos metodológicos**

O objeto de estudo deste trabalho foi o modal logístico escolhido para escoamento da produção de minério de ferro em Conceição do Mato Dentro-MG até o Porto de Minério do Açu, em São João da Barra-RJ, em fase final de construção, e os procedimentos metodológicos utilizados foram baseados nos condicionantes da pesquisa de natureza exploratória, conforme Gil (1999) define a sua presença, quando é desenvolvida no sentido de proporcionar uma visão geral acerca de determinado fato.

Nesse caso, normalmente o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionáveis. Uma característica diferenciada da pesquisa exploratória consiste no aprofundamento de conceitos preliminares sobre determinada temática não contemplada anteriormente. Assim, contribui para o esclarecimento de questões superficialmente abordadas sobre o assunto.

Por se tratar de uma pesquisa exploratória, a função do seu objetivo é gerar conhecimento para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos (CERVO & BERVIAN, 2002). Andrade (2002) ressalta ainda algumas finalidades primordiais da pesquisa exploratória, tais como: proporcionar maiores informações sobre o assunto que vai investigar,

facilitar a delimitação do tema de pesquisa, orientar a fixação dos objetivos e a formulação de hipóteses, ou descobrir um novo tipo de enfoque sobre o assunto.

Por fim, foram realizadas comparações do tipo de modal de transporte em implantação do Sistema Minas – Rio, com casos de sucesso no Brasil, a exemplo da operação do mineroduto da Samarco Mineração S. A., através de pesquisa bibliográfica que, de acordo com Lakatos & Marconi (1991), procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. A pesquisa bibliográfica busca conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema. Abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico e meios de comunicação como rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais (filmes e televisão).

### **3. Modais logísticos indicados para o transporte de minério**

Existem, basicamente, três alternativas de modais logísticos para transporte de concentrado de minério de ferro entre duas áreas - mina e porto - distantes entre si: (1) transporte rodoviário com caminhões graneleiros, (2) transporte ferroviário em vagões e (3) transporte através de duto, sob a forma de polpa aquosa. Analisemos cada um delas.

#### **3.1. Transporte rodoviário**

De acordo com Castro (2003), a formação de preço do transporte de carga por rodovia, está alinhada com a “regra de bolso” dos caminhoneiros de cobrar o equivalente ao preço de um litro de óleo diesel por quilômetro percorrido, aplicando-se, eventualmente, um desconto para distâncias maiores, ou um acréscimo (ou até a duplicação da distância) para movimentos sem possibilidade de carga de retorno.

Assim, para atravessar os 642 km de distância entre Conceição do Mato Dentro (onde ocorre o beneficiamento do minério) e São João da Barra (no Porto do Açú, de onde o minério é exportado), um caminhão semipesado com capacidade para 15 toneladas úteis, cobraria uma parte fixa de R\$ 143 e um adicional de R\$ 0,55 por quilômetro percorrido, totalizando  $R\$ 353 + 143 = R\$ 469$  pela viagem, além do que, um caminhão totalmente carregado se locomoveria a uma velocidade média de 50 km/h, levando 12 horas e 50 minutos.

Supondo que, grosso modo, o mesmo caminhão realize a viagem de ida (carregado) e de volta (vazio) no mesmo dia e considerando a escala inicial de produção de minério de ferro em 24,5 mega toneladas por ano (Mtpa), prevista pelo projeto, seria necessária uma frota de 4.475

caminhões, de 15 t, de capacidade trafegando entre a mina (MG) e o pátio de estocagem no Porto do Açú (RJ), por dia, durante todos os 365 dias do ano.

Quando o valor calculado anteriormente para cada viagem, no valor de R\$ 469 é multiplicado pelo número da frota de caminhões necessário para abastecer o porto de minério de ferro por dia, ficaria:  $R\$ 469 \times 4.475 = R\$ 2.098.775,00$ . O valor calculado ao final de um ano seria de  $R\$ 2.141.454,00 \times 365 = R\$ 766.052.875,00$ .

A utilização deste modal mostra-se completamente inviável tendo em vista o número de caminhões semi-pesados trafegando nas vias, por dia, além do fato que, esses mesmos caminhões fariam a viagem de retorno à mina, descarregados, implicando em custos adicionais devido acréscimo previsto para o caso de movimentos sem possibilidade de carga de retorno, que, por simplificação, não foram incluídos nos cálculos acima.

Haveria de se pensar, também, no aumento dos investimentos do poder público em obras de melhorias nas atuais rodovias, mal dimensionadas na região para esse tipo de operação, a exemplo da rodovia BR101 e BR360, entre outras.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), somente no Estado do Rio de Janeiro, a rodovia BR360 possui dois dos quatro trechos da rodovia sob condição de “atenção” no nível de alerta (entre as cidades de Laje de Muriaé e Itaperuna, e localidade Fazenda do Luna) e um sob condição de “cuidado” no nível de alerta (entre Cardoso Moreira e Campos dos Goytacazes). (BRASIL, 2012).

O enorme fluxo de veículos pesados através delas, levaria a uma enorme sobrecarga aos já deficientes sistemas rodoviários atuais, além de uma maior emissão de poluentes na atmosfera devido queima de combustível.

### **3.2 Transporte ferroviário**

O transporte ferroviário é largamente utilizado para o transporte de grandes volumes de bens minerais, tanto no Brasil como em diversos outros países, mas essa alternativa implica, necessariamente, na existência de linha férrea própria ou de terceiros, ou na sua construção, e na disponibilidade de equipamentos de carga e descarga e de locomotivas e vagões para o transporte.

A *Anglo American* não possui ferrovia própria e, no caso de utilização desta alternativa de transporte, dependeria de disponibilidade de uso em ferrovias já existentes, como é o caso da Linha Mineira, o trecho da malha sudeste pertencente à Ferrovia Centro-Atlântica (FCA),

entre Miguel Burnier (MG) e Campos dos Goytacazes (RJ), com 650 quilômetros de extensão.

Em 1996, a FCA (2010) obteve a concessão para a exploração e desenvolvimento do serviço público de transporte ferroviário de carga na Malha Centro-Leste, conforme processo de privatização da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA). A Linha Mineira atualmente possui trecho desativado que requer recapacitação. É um trecho longo, antigo e sinuoso, que recebeu poucos investimentos nas últimas décadas.

Além de investimentos na reativação, essa linha somente atenderia as necessidades do projeto até o município de Campos dos Goytacazes, sendo necessária a construção do trecho partindo de Campos até o Porto do Açu, um ramal de 40 km de extensão. Atualmente esses investimentos encontram-se sob estudo técnico de engenharia e avaliação econômico-financeira para determinar a viabilidade do empreendimento. (VERAX, 2010).

Baseado na tabela tarifária praticada pela FCA para transporte de granéis minerais, para faixas quilométricas entre 401 e 800 km, é cobrada a parcela fixa de R\$11,39 e R\$ 0,07611 por tonelada a cada quilômetro percorrido. (BRASIL, 1999).

A projeção para a escala inicial de produção de minério de ferro, daria o orçamento de R\$ 0,07611 x 24,5 Mtpa = R\$ 1.864.965,00 por tonelada do minério transportada ao ano, além da cobrança do valor de R\$ 11,39 por cada viagem, que depende da quantidade de vagões e capacidade dos mesmos.

Assim, duas locomotivas e 168 vagões, propostos no estudo de viabilidade econômico-financeira, cada vagão com capacidade (cap) de 80 t, transportariam o minério de ferro previsto para produção anual inicial (24,5 Mtpa), da mina ao porto, em 2,5 viagens, inviável se de executar em apenas um dia, supondo uma velocidade constante de 60 Km/h de ambas locomotivas.

Devido distância e velocidade, cada locomotiva seria capaz de realizar, em um mesmo dia, uma única viagem de ida e uma de volta. Portanto o número de locomotivas e vagões no estudo supracitado deveria ser redimensionado, para aumentar a capacidade de entrega do minério.

Seriam necessárias 10 locomotivas (loc), com 168 vagões (vag) cada, tornando possível assim, a descarga de material em um mesmo dia, pois: 10 (loc) x 84 (vag) x 80 (cap) x 365 (dias) = 24,528 Mtpa, valor aproximado da produção de minério de ferro por ano.

Levando em conta esse redimensionamento, o valor da viagem de cada locomotiva necessária para o transporte, ficaria  $R\$ 11,39 \times 10 = R\$ 113,90$  por dia, ou  $R\$ 113,90 \times 365 = R\$ 41.573,50$  por ano.

O custo global, calculado por ano, ficaria em  $R\$ 1.864.965,00 + 41.573,50 = R\$ 1.906.538,50$ . Vale ressaltar que para o cálculo desses valores, não foi levado em consideração o acréscimo do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços, o ICMS.

Apesar de ser menor o custo global, por ano, indicado para este modal, haveria a necessidade de revitalização da linha férrea já existente e a construção do trecho Campos – São João da Barra. Há de se levar em consideração também a previsão de construção e operação de pátios de transbordo e de um ramal ferroviário para acesso ao porto, além da compra de equipamentos de carga e descarga, locomotivas e vagões. A Verax (2010) estima um investimento de R\$ 3,5 bilhões, incluindo infraestrutura, superestrutura e material rodante.

### **3.3. Transporte dutoviário**

A malha mundial de dutos se destina, em sua maioria, a transportar petróleo e gás. O transporte de polpas minerais (ferro, caulim, bauxita, fosfato e outros), classificadas como inertes e não perigosas pelos critérios da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são colocadas no duto na área da mina / planta de beneficiamento do minério e bombeadas, por longas distâncias, até estações de processamento próximas aos portos, com elevada margem de segurança operacional e ambiental, sendo raros os registros de acidentes nesse modal de transporte. (BRANDT, 2010).

Do ponto de vista econômico o mineroduto apresenta um baixo custo operacional, quando comparado a outras alternativas de transporte, para grandes volumes transportados e para longas distâncias, como é o caso de estudo neste trabalho.

O funcionamento do mineroduto independe de variações climáticas e a ocorrência de chuvas não interfere na disponibilidade e condições de transporte da polpa de minério de ferro, o que, certamente, afetaria os outros meios de transporte.

Outra característica importante da utilização do mineroduto é a locação fixa do sistema de transporte, que provocará impactos ambientais negativos pouco significativos na etapa de implantação e irrelevantes na fase de operação, o que não ocorreria com as alternativas de transporte rodoviário ou ferroviário. Além disso, o mineroduto apresenta mínimos riscos de acidentes ambientais e humanos.

Considerando a utilização da capacidade total da tubulação, de 24,5 milhões de toneladas de minério por ano e a previsão de 26,5 milhões de metros cúbicos de polpa de minério, que serão escoados por ano pelo mineroduto e (a uma velocidade média de 7 km/h), a polpa contendo o minério de ferro deverá percorrer todo o trajeto do mineroduto, cerca de 525 Km de extensão, em 85 horas e 14 minutos. (BRANDT, 2006).

Para fins de comparação, considera-se o transporte dutoviário neste trabalho com o custo fixo a implantação do mineroduto, orçado em R\$ 1,61 bilhões de acordo com estudos de Brandt et al. (2006), com fator de eficiência operacional estimado no projeto de 95%. Não foram considerados subsídios ou benefícios fiscais, ou custos com a manutenção, quando este estiver em operação. Calcula-se, portanto, que serão gastos R\$ 80,5 milhões por ano, ao longo dos vinte anos de vida útil para o qual a tubulação foi projetada, operando 365 dias por ano, 24 horas por dia.

#### **4. Histórico dos minerodutos**

A utilização de dutos no formato atual, com tubos fechados de metal e mecanismos de bombeamento para impulsionar produtos como petróleo, gás e polpa de minérios, apareceram, em 1865, nos Estados Unidos. Hoje representam um sistema de transporte seguro, largamente disseminado pelos cinco continentes e indispensável à economia mundial. (FOGLIATTI, 2004).

Os dutos são tubos, subterrâneos ou aparentes, cuja infraestrutura construída serve como veículo para transportar produtos em seu interior, impulsionados por bombeamento ou por um jato de água contínuo, submetido à forte pressão. Assim, este modal de transporte permite a remessa de produtos a longas distâncias.

Segundo Ballou (2001), este modal apresenta uma relação muito limitada de serviços e capacidades, sendo esta sua principal desvantagem.

Lambert et al (1998) afirmam que as dutovias transportam apenas um número limitado de produtos, incluindo-se aí o gás natural, petróleo cru, produtos de petróleo, água, produtos químicos e pasta fluidas – geralmente considerada como um produto sólido suspenso em líquido, normalmente água, que pode assim ser transportado com mais facilidade.

A utilização de dutos para o transporte exclusivo de minério recebe o nome de mineroduto.

O transporte comercial de polpas minerais em tubulações subterrâneas de grande extensão tem sido bem sucedido (técnica e economicamente) desde 1967. O primeiro mineroduto foi instalado na Tasmânia, em 1967, e ainda continua em operação. Desde então, construíram-se



inúmeros dutos de grande extensão para polpas e rejeitos que, em sua maioria, ainda se encontram em operação (SANT'ANNA, 1998). Ainda segundo este autor, no Brasil, a primeira linha que se tem registro foi construída na Bahia, com diâmetro de duas polegadas e 1 km de extensão, ligando a "Refinaria Experimental de Aratu" ao Porto de Santa Luzia e que recebia o petróleo dos "Saveiros-Tanques" vindos dos campos de Itaparica e Joanes, com início de operação em maio de 1942.

No Brasil, a rede de minerodutos já implantada e em operação ainda é relativamente pequena, destacando-se dois dutos para transporte de caulim e um para bauxita no Pará, e dois dutos para minério de ferro e um para fosfato em Minas Gerais. Mas, a partir de 2005, o interesse por esse modal de transporte de bens minerais - especialmente para minério de ferro - tem crescido acentuadamente e atraído investimentos privados para suprir, em parte, as deficiências operacionais e de segurança, e a restrita capacidade de uso das ferrovias e rodovias brasileiras. (BRANDT, 2010)

Nas fases de licenciamento ambiental ou inicial de construção podem ser encontrados, hoje, pelo menos mais quatro minerodutos para transporte de polpa de minério de ferro a longa distância, em Minas Gerais e na Bahia. Há alguns exemplos de minerodutos bem sucedidos no Brasil, a exemplo da Samarco Mineração S.A.

## **5. O caso de sucesso em minerodutos da Samarco Mineração S.A.**

A Samarco opera desde 1977, um mineroduto denominado Linha 01, que possui uma extensão total de 396 km e passa por 24 municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O mineroduto da Samarco transporta o produto da concentração do minério de ferro lavrado nas minas do Complexo Alegria, situadas nos municípios de Mariana e Ouro Preto, em Minas Gerais, para a usina de pelletização localizada em Ponta de Ubu, Anchieta, no Espírito Santo.

O bombeamento da polpa de concentrado é realizado com uma porcentagem de sólidos na faixa de 70% e são transportados hoje, 16,5 Mtpa.

Na Usina de Concentração, em Mariana - MG há uma estação de bombeamento, (dotada de sete bombas principais de deslocamento positivo) que impulsiona a polpa no mineroduto. Entre Mariana e Anchieta, no município de Matipó (MG) existe outra estação de bombas (mais sete bombas de deslocamento positivo) para vencer o ponto mais alto do trajeto, que correspondente à Serra do Caparaó (1.180 m). Vencido o ponto de cota mais alta do trajeto o

mineroduto ainda conta com duas estações de válvulas (uma em Guaçuí e outra em Alegre, no Espírito Santo) que minimizam os esforços (bruscos ou permanentes) de pressão dinâmica e estática, aos quais a tubulação é submetida durante variações de fluxo. (OLIVEIRA, 2010)

Para atender ao aumento da capacidade produtiva das unidades industriais da Samarco foi construído um segundo mineroduto, cuja operação se iniciou em Abril de 2008. O início do duto é na área industrial de Germano, situada no município de Ouro Preto - MG, o seu final é no terminal de Ponta de Ubu no município de Anchieta - ES. Esse duto tem a extensão aproximada de 401 km com capacidade de transporte de 7,5 Mtpa. (BRANDT, 2010).

## **6. Resultados**

No que se trata do transporte rodoviário por caminhões graneleiros, há de se levar em conta o enorme fluxo de veículos pesados, pela enorme sobrecarga que acarretaria aos já deficientes sistemas rodoviários dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, e pelo elevado risco de acidentes a ele associado. Adicionalmente, além do elevadíssimo custo operacional e de manutenção dessa frota de caminhões, também seria exigida uma complexa e onerosa estrutura logística para carga e descarga nas duas pontas do sistema, o que elevaria ainda mais os investimentos e custos operacionais, agravando a inviabilidade desta opção de transporte.

Em comparação com o modal rodoviário, predominante no país, o modal ferroviário representa um menor custo logístico ao cliente, é mais seguro e menos poluente.

Porém, o vulto do investimento com o transporte ferroviário, em implantação da via, em oficinas de manutenção, e com a aquisição de equipamentos de carga nas minas e de descarga no porto, de locomotivas e vagões, e com sistemas de controle, comunicação e segurança operacional, associados ao longo prazo de implantação e às dificuldades técnicas e ambientais para a construção dessa ferrovia, tornam esta alternativa técnica e economicamente inviável.

A alternativa de transporte dutoviário exige investimentos unitários inferiores ao de uma ferrovia, além de permitir uma “retificação” do traçado com significativa redução da extensão total percorrida por este sistema de transporte, que será da ordem de 525 km para a estrutura em iminência de operação. Além disso, o custo operacional do sistema de transporte de polpa por duto, por tonelada transportada, é aproximadamente 10 vezes inferior ao custo de transporte por ferrovia. (BRANDT, 2010).

A alternativa de mineroduto apresenta como vantagens o controle operacional mais eficaz e seguro, o baixo impacto e a facilidade de gestão ambiental nas suas fases de implantação,

operação e manutenção, a alta disponibilidade e confiabilidade do sistema, a possibilidade de trabalho em tempo integral, a locação fixa e, particularmente, o baixo custo operacional e de manutenção.

A escolha do modal ideal para o transporte do produto que se deseja entregar leva em consideração as características operacionais relativas por modal de transporte. De acordo com Fleury et al. (2000), em relação aos modais, há cinco pontos importantes para se classificar o melhor transporte: velocidade, disponibilidade, confiabilidade, capacidade e frequência.

A título de adequação à especificação do produto transportado neste estudo, minério de ferro, o parâmetro disponibilidade foi substituído por poluente, ou seja, a capacidade que o modal possui de causar impactos negativos ao meio ambiente, quando em operação.

No Quadro 1, pode-se observar estas características, com pontos atribuídos de 1 a 5, sendo que a pontuação menor, significa que o modal possui excelência naquela característica.

Características	Ferroviária	Rodoviária	Dutoviário
Velocidade	3	2	5
Poluente	3	5	1
Confiabilidade	3	2	1
Capacidade	2	3	5
Frequência	4	2	1
<b>Resultado</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>13</b>

**Quadro 1: Características Operacionais.** Adaptado de Fleury et al. (2000, p. 130).

A velocidade é o tempo decorrido em dada rota, sendo o modal rodoviário o mais rápido dos três em análise. A confiabilidade reflete a habilidade de entregar consistentemente no tempo declarado em uma condição satisfatória. Nesta característica, os dutos ocupam lugar de destaque, além de se mostrarem os menos poluentes.

A capacidade é a possibilidade do modal de transporte lidar com qualquer requisito de transporte, como tamanho e tipo de carga. Neste requisito, o transporte ferroviário é o mais indicado. Finalmente, a frequência é caracterizada pela quantidade de movimentações programadas, é liderada pelos dutos, devido ao seu contínuo serviço liderado entre dois pontos.

Na pontuação total percebe-se que a preferência geral, para o caso estudado, é dada ao transporte dutoviário. Porém a utilização de dutos para o transporte de minério ainda é carente

de pesquisas no que concerne ao controle da corrosão e da erosão, problemas que afetam os dutos de minério em maior intensidade que os de óleo e gás.

## 7. Conclusões

Dentre os modais mais usuais empregados na logística de transporte de minério de ferro, foram analisadas as alternativas técnicas de transporte por rodovia, ferrovia e dutovia, para transferência do minério de ferro entre as minas, em Minas Gerais, e o Porto de Minério do Açu (de onde será exportado), no norte do Rio de Janeiro.

Depois de definida como mais adequada a opção de transporte dutoviário, conforme validada em experiências anteriores em transporte de minérios adotados por empresas do setor, e com a decisão de construção de um mineroduto, por parte da *Anglo Ferrous Brazil*, este trabalho apresentou as vantagens da escolha e suas implicações favoráveis à sustentabilidade.

Os minerodutos já implantados e planejados pelo setor mineral privado brasileiro apresentam, ainda, como vantagem econômico-financeira, o fato de não necessitarem de participação de capital estatal, desonerando o poder público. O financiamento de tais projetos é viabilizado, de modo geral, com recursos próprios das empresas de mineração ou levantados em bolsa de valores através de abertura de capital.

Conclui-se, assim, que a escolha do modal dutoviário no transporte de produtos, com pouco valor agregado, é economicamente viável comparado ao transporte rodoviário e/ou ferroviário, além de se apresentar como melhor opção sustentável do ponto de vista ambiental.

Para garantir a perpetuidade dos negócios e atingir a plenitude da sustentabilidade organizacional, um empreendimento deve também se mostrar sensível aos anseios da comunidade do entorno, em usufruir dos benefícios trazidos pelo crescimento econômico provocado por ele, numa prática clara de responsabilidade social.

## Referências Bibliográficas

- ANDRADE, M. M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial**: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

BRANDT, W. **Mineroduto Minas - Rio**. RIMA - Relatório de Impacto Ambiental. MMX Minas - Rio Mineração e Logística LTDA. Nova Lima: Brandt Meio Ambiente; Nova Lima: VOGBR Recursos Hídricos e Geotecnia Ltda; Nova Lima: Integratio Comunicação e Inserção Social Ltda; Nova Lima: Sanear Engenharia Sanitária Ltda; Belo Horizonte: YKS Serviços Ltda, 2006.

BRANDT, W. **Mineroduto Ferrous Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo**. Meio Ambiente. EIA – Estudo de Impactos Ambientais. *Ferrous Resources* do Brasil S. A. Nova Lima: Brandt Meio Ambiente, 2010.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia – MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). **Perfil da Mineração no Brasil**. Relatório Técnico 18. Nova Lima: J.Mendo Consultoria Empresarial Ltda, 2009.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes (DNIT). **Condições das Rodovias**. Última Atualização em 27 fev. 2012. Disponível em <http://www1.dnit.gov.br/rodovias/condicoes/condicoesdrf.asp?BR=356&Estado=Rio+de+Janeiro&DRF=7>. Acesso em 03 mar. 2012.

BRASIL. Resolução ANTT n. 3.355, de 01 dez. 1999. Regulamenta a Tabela Tarifária Ferrovia Centro-Atlântica S.A – FCA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 dez. 2009.

CASTRO, N. **Formação de Preços no Transporte de Carga**. Revista Pesquisa e Planejamento Econômico. v.33 n.1 abr 2003

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pretence Hall, 2009.

FCA - Ferrovia Centro-Atlântica S.A. **Demonstrações contábeis em 31/12/2011**. Disponível em [http://www.fcasa.com.br/wp-content/uploads/2011/08/DCs-FCA\\_2011\\_2010-FINAL.pdf](http://www.fcasa.com.br/wp-content/uploads/2011/08/DCs-FCA_2011_2010-FINAL.pdf). Acesso em 04 mar. 2012.

FERROUS *Resources* do Brasil Ltda. **Mineroduto**. Disponível em <http://www.ferrous.com.br/index.php/projetos/view/14/14>. Acesso em 14 fev. 2012.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. (org.) **Logística Empresarial: a perspectiva brasileira**. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

FOGLIATTI, M. C. **Avaliação dos impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., VANTINE, J. G. **Administração estratégica da logística**. São Paulo: Vantine Consultorias, 1998.

OLIVEIRA, C. P. 50º aniversário da Fundação Gorceix. **Rem: Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 2, Jun. 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672010000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672010000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 25 jan 2011.

SANT'ANNA, A. **História dos dutos no Brasil**. Centro de Tecnologia em Dutos. Brasil, 2006. Disponível em <<http://www.ctdut.org.br/historiadedutos/historiadedutos.htm>>. Acesso em 15 dez 2011.

\_\_\_\_\_. **Estudo de Viabilidade Econômico- Financeira e da LLX Logística S.A.** São Paulo: Verax Consultoria e Projetos Ltda, 2010.