

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**LUCAS THADEU AYRES MENDES**

**ADEQUAÇÃO DO TRAÇADO VISANDO A ELIMINAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS EM  
PROJETO DE EMPREENDIMENTO FERROVIÁRIO: um estudo de caso**

São Luís

2018

**LUCAS THADEU AYRES MENDES**

**ADEQUAÇÃO DO TRAÇADO VISANDO A ELIMINAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS EM  
PROJETO DE EMPREENDIMENTO FERROVIÁRIO: um estudo de caso**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Thasso Colins Gonçalves

São Luís

2018

Mendes, Lucas Thadeu Ayres.

Adequação do traçado visando a eliminação de interferências em projeto de empreendimento ferroviário: um estudo de caso / Lucas Thadeu Ayres Mendes. – São Luís, 2018.

72 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Esp. Thasso Colins Gonçalves.

1. Interferências. 2. EF-354. 3. Traçado geométrico. I. Título.

CDU 625.1

**LUCAS THADEU AYRES MENDES**

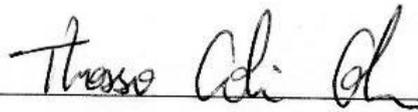
**ADEQUAÇÃO DO TRAÇADO VISANDO A ELIMINAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS  
EM PROJETO DE EMPREENDIMENTO FERROVIÁRIO: um estudo de caso**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

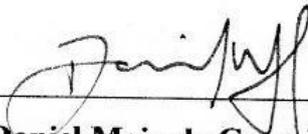
Orientador (a): Prof. Esp. Thasso Colins Gonçalves

Aprovado em: 04 / 12 / 18

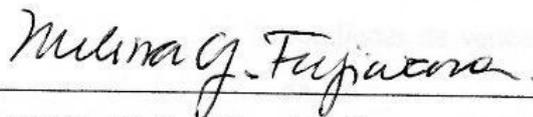
**BANCA EXAMINADORA**



**Prof. Esp. Thasso Colins Gonçalves – Orientador**  
Universidade Estadual do Maranhão



**Prof. Esp. Daniel Maia de Carvalho – 1º membro**



**Prof.ª Me. Melina Yumi Fujiwara – 2º membro**

A meus pais, Florita M. Barros Ayres Mendes e José Rui Aires Mendes, por todo amor, carinho, confiança, ensinamentos e esforços para permitir condições de vencer mais uma etapa da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder vencer mais uma etapa da minha vida acadêmica e por estar do meu lado nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Aos meus avós, Jorzenor Sá Ayres e Raimunda Barros Ayres, que hoje habitam nos céus, por todo amor e carinho.

Aos meus pais, José Rui e Florita, e meu irmão, Thiago, por todo amor, conselhos e companheirismo em todos os momentos.

A todos os meus familiares, presentes fisicamente ou distantes, por todo apoio e incentivo.

Aos meus professores, em especial a Thasso Collins, pelos ensinamentos e por ser sempre muito solícito nos momentos de dúvidas e com considerações esclarecedoras durante a elaboração deste trabalho.

A todos os meus amigos de infância, em especial, aos meus melhores amigos, Gabriel, Guilherme, Luís Guilherme, Wady por todo apoio durante minha jornada.

Aos meus amigos e em breve colegas de profissão, Clodoaldo, Marcelo, Marcos e Ricardo, por todos os momentos ao longo desses 5 anos de curso.

Aos colegas de trabalho que apoiaram e acreditaram no meu projeto, em especial ao meu supervisor João Tameirão, por toda contribuição com ensinamentos valiosos de diretrizes para elaboração deste trabalho e pela experiência obtida.

A todos os profissionais que eu tive contato nestes 5 anos de curso, a experiência de cada um teve grande importância e tem sido de grande incentivo.

Aos colegas da Opus Engenharia-EJ por terem confiado em mim e no meu trabalho, por todos os momentos vividos durante minha estadia como Diretor da empresa júnior, onde vivi momentos de grande aprendizado, crescimento pessoal e amadurecimento profissional.

À UEMA, instituição que me proporcionou um ambiente para amadurecimento pessoal e profissional, e também a todos os coordenadores, professores e colaboradores que proporcionaram tal feito.

E por fim a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Diante da restrita malha ferroviária brasileira e do aumento progressivo da demanda pelo transporte de cargas, vê-se a necessidade da implantação de mais estradas de ferro visando solucionar tais problemas. Uma das ferrovias propostas para melhorar o escoamento da produção, e interligação dos polos produtores de grãos com os portos da região Norte-Nordeste é a Ferrovia de Integração Centro-Oeste (EF-354). O estudo de caso, tem como proposta apresentar as alternativas ao traçado proposto pela ANNT em 2013 para a EF-354, visando solucionar duas interferências. A primeira é uma interferência técnica que se encontra na interseção com a Ferrovia Norte-Sul, por apresentar uma rampa de 1,45%. A outra interferência se localiza na cidade de Cocalinho-MT, pois o eixo da ferrovia contorna a cidade, e por se tratar de um transporte ferroviário de carga deve-se sempre buscar fugir dos limites urbanos. Diante de tal necessidade foi modelado, com o auxílio do *software* AutoCAD Civil 3D e de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica, duas variantes como proposta de passagem para eliminar as interferências. Diante disso, pode-se afirmar que, de modo geral, os objetivos do trabalho foram alcançados pois demonstra que é possível alternar os caminhos de saída e de passagem ajustando o traçado geométrico e assim solucionar tais interferências, facilitando assim a implantação e operação da via.

**Palavras-chave:** Interferências. EF-354. Traçado Geométrico.

## ABSTRACT

Faced with the restricted Brazilian railway network and the progressive increase in the demand for freight transportation, it is necessary to install more railways to solve such problems. One of the proposed railroads to improve the moving of production and interconnection of grain producing poles with the ports of the North-Northeast region is the Ferrovia de Integração Centro-Oeste (EF-354). The purpose of this case study is to present the alternatives proposed to ANNT in 2013 for the EF-354, in order to solve two interferences. First, a technical interference that is at the intersection with the Norte-Sul Railway, a 1.45% ramp. The other interference is located in the city of Cocalinho/MT, as the axis of the railway skirts the city, and since it is a rail freight transport, it is always necessary to avoid urban boundaries. In view of this need, two variants were modeled with the help of AutoCAD Civil 3D software and Geographic Information System tools to eliminate interference. Hence, it can be stated that, in general, the objectives of the work were achieved, since it demonstrates that it is possible to alternate the exit and crossing paths by adjusting the geometric tracing, and, thus, solving such interferences, to thereafter facilitate the implantation and operation of the road.

**Key-words:** Interferences. EF-354. Geometric Tracing.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Investimento na malha concedida à iniciativa privada .....   | 21 |
| Figura 2 - Concessionárias Associadas da ANTF .....   | 22 |
| Figura 3 - Gráfico da Composição Percentual das Cargas - 2000.....  | 23 |
| Figura 4 - Gráfico de Comparação de Matrizes de Transporte de Carga com países de mesmo porte territorial ..... | 24 |
| Figura 5 - Órgãos atuantes no setor de transportes .....  | 25 |
| Figura 6 - Ciclo de vida de um projeto.....   | 32 |
| Figura 7 – Esquema de superelevação .....   | 42 |
| Figura 8 – Bitola Ferroviária .....   | 44 |
| Figura 9 – Largura de faixa de APP .....  | 48 |
| Figura 10 – Raio mínimo de APP para nascentes e olhos d’água perenes.....                                       | 49 |
| Figura 11 – Conexão da FICO à FNS .....   | 51 |
| Figura 12 – Interseção da FICO com a FNS na região de Campinorte .....  | 54 |
| Figura 13 – Representação do relevo de Campinorte/GO.....   | 55 |
| Figura 14 – Perfil longitudinal FNS .....   | 56 |
| Figura 15 – Ponte rodoviária sobre o Rio Araguaia.....  | 56 |
| Figura 16 – Cruzamento com BR-153, GO-428 e GO-347.....   | 57 |
| Figura 17 – Cruzamento com GO-154 e GO-156 .....  | 58 |
| Figura 18 – Cruzamento com GO-336 e GO-164 .....  | 58 |
| Figura 19 – Cruzamento com GO-173 e MT-326 .....  | 59 |
| Figura 20 – Trecho da primeira variante .....   | 59 |
| Figura 21 – Trecho da segunda variante (em azul) .....  | 60 |
| Figura 22 – Perfil Longitudinal da primeira variante.....   | 61 |
| Figura 23 – Perfil Longitudinal da segunda variante .....   | 61 |
| Figura 24 – Perfil Longitudinal na Interseção com a Ferrovia Norte-Sul .....                                    | 63 |
| Figura 25 – Traçado em planta com as variantes .....  | 64 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Extensão da malha ferroviária concedida.....              | 21 |
| Tabela 2 - Raios, Grau de Curva, Comprimento de Transição.....       | 40 |
| Tabela 3 - Classificação das ferrovias .....                         | 43 |
| Tabela 4 - Classificação das ferrovias pela AREMA .....              | 44 |
| Tabela 5 - Afastamento mínimo de áreas indígenas e quilombolas ..... | 47 |
| Tabela 6 - Largura da faixa de APP .....                             | 47 |
| Tabela 7 - Resumo projeto geométrico (traçado 2013) .....            | 53 |
| Tabela 8 - Extensão em curva e tangente .....                        | 53 |
| Tabela 9 - Adequação da extensão dos traçados .....                  | 60 |
| Tabela 10 - Volume de Terraplenagem nos trechos em questão.....      | 62 |
| Tabela 11 - Resumo das curvas verticais da primeira variante .....   | 63 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |   |
|-------|---|
| ANTF  | Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários                        |
| ANTT  | Agência Nacional de Transportes Terrestres                                  |
| APP   | Área de Preservação Permanente  |
| BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social                        |
| CND   | Conselho Nacional de Desestatização   |
| DNEF  | Departamento Nacional de Estradas de Ferro                                  |
| DNER  | Departamento Nacional de Estradas de Rodagem                                |
| DNIT  | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes                      |
| EFC   | Estrada de Ferro Carajás  |
| EFVM  | Estrada de Ferro de Vitória a Minas   |
| EVTEA | Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental                        |
| FCA   | Ferrovia Centro-Atlântica   |
| FICO  | Ferrovia de Integração Centro-Oeste   |
| FND   | Fundo Nacional de Desestatização  |
| FNS   | Ferrovia Norte-Sul  |
| FUNAI | Fundação Nacional do Índio  |
| G20   | Grau de curva que compreende uma corda de 20m                               |
| IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis    |
| IFE   | Inspetoria Federal de Estradas  |
| IPHAN | Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional                      |
| Lc    | Comprimento de transição  |
| MPSP  | Ministério Público de São Paulo   |
| MRS   | MRS - Malha Regional Sudeste da Rede Ferroviária Federal S.A.               |
| MTBA  | Milhões de Toneladas Brutas Anuais  |
| OAE   | Obra de Arte Especial   |
| OEMA  | Órgão estadual do meio ambiente   |
| OMMA  | Órgão municipal do meio ambiente  |
| PCH   | Pequenas Centrais Hidrelétricas, entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada |
| PI    | Passagem Inferior   |

|      |   |
|------|---|
| PIL  | Plano de Investimento em Logística                                  |
| PN   | Passagem em Nível   |
| PND  | Plano Nacional de Desestatização                                    |
| PNV  | Plano Nacional de Viação  |
| PPI  | Plano de Parcerias de Investimentos                                 |
| PS   | Passagem Superior   |
| RFSA | Rede Ferroviária Federal S.A  |
| Rv   | Raio Vertical   |
| UHE  | Usina Hidrelétrica de Energia, acima de 30 MW de potência instalada |
| VLI  | Valor de Logística Integrada  |

## SUMÁRIO

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 14 |
| <b>2</b> | <b>JUSTIFICATIVA</b> .....  | 16 |
| <b>3</b> | <b>OBJETIVOS</b> .....  | 18 |
|          | 3.2 Específicos .....   | 18 |
| <b>4</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                                | 19 |
| 4.1      | Histórico dos empreendimentos ferroviários no Brasil.....         | 19 |
| 4.2      | Órgãos regulamentadores para o sistema ferroviário .....          | 24 |
| 4.2.2    | DNIT .....  | 26 |
| 4.2.3    | Agência Nacional de Transportes Terres (ANTT).....                | 27 |
| 4.2.4    | IBAMA.....  | 27 |
| 4.2.5    | VALEC.....  | 28 |
| 4.2.6    | FUNAI.....  | 28 |
| 4.2.7    | IPHAN.....  | 29 |
| 4.3      | Gestão de Projetos .....  | 30 |
| 4.3.1    | Definição de Projeto.....   | 30 |
| 4.3.2    | Gerenciamento de Projetos.....                                    | 30 |
| 4.3.3    | Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental (EVTEA)..... | 34 |
| 4.3.4    | Anteprojeto ou Projeto Básico .....                               | 34 |
| 4.3.5    | Projeto Executivo .....   | 35 |
| 4.4      | Aspectos para projeto geométrico ferroviário .....                | 37 |
| 4.4.1    | Procedimento para escolha do traçado .....                        | 39 |
| 4.4.2    | Critérios de projeto.....   | 39 |
| 4.4.3    | Raio Mínimo .....   | 40 |
| 4.4.4    | Rampas .....  | 41 |
| 4.4.5    | Superelevação.....  | 42 |
| 4.4.6    | Superlargura .....  | 43 |
| 4.4.7    | Velocidade.....   | 43 |
| 4.4.8    | Bitola .....  | 44 |
| 4.5      | Interferências em projetos ferroviários .....                     | 46 |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.5.1    | Rodovias e vias públicas .....                           | 46        |
| 4.5.2    | Áreas Indígenas e Quilombolas.....                       | 47        |
| 4.5.3    | Áreas de Preservação Permanente e Corpos Hídricos .....  | 48        |
| 4.5.4    | Propriedades Privadas e Aglomerados Urbanos .....        | 50        |
| <b>5</b> | <b>ESTUDO DE CASO .....</b>                              | <b>51</b> |
| 5.1      | Metodologia .....  | 51        |
| 5.2      | Área de Estudo .....                                     | 51        |
| 5.3      | Parâmetros Técnicos-Construtivos do Projeto Básico ..... | 53        |
| 5.3.1    | Tangentes e Curvas .....                                 | 54        |
| 5.4      | Interferências no Projeto Básico .....                   | 55        |
| 5.4.1    | Aspecto Técnico.....                                     | 55        |
| 5.4.2    | Aspecto Socioambiental.....                              | 57        |
| 5.4.3    | Rodovias.....  | 58        |
| 5.5      | Adequação de Projeto – Aspectos Construtivos .....       | 60        |
| 5.6      | Traçado em planta e perfil.....                          | 62        |
| 5.7      | Terraplenagem.....                                       | 63        |
| 5.8      | Resultados e Discussões.....                             | 64        |
| <b>6</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                        | <b>67</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                 | <b>68</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, por ser um país de dimensões continentais, encontra nas ferrovias um mecanismo de poder escoar sua produção de forma eficiente e barata, justamente porque este modal possui um caráter seguro, sustentável e econômico (LANG, 2007).

Pode-se dizer que as ferrovias contribuem para o desenvolvimento socioeconômico do país, pois reduzem o gasto com logística e facilitam o escoamento da produção (BRASIL, 2015). Porém, seu investimento depende de negociações com o Governo Federal, órgãos responsáveis, empresa contratada e, sobretudo, de um bom projeto executivo a ser realizado antes da implantação, cujo custo termina, por vezes, sendo maior que o planejado (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2010).

O projeto ferroviário é um projeto complexo que exige interface de várias disciplinas como: hidrologia, estrutura, drenagem, geotecnia, geometria de estradas, eletrônica, com grande interface com meio-ambiente e comunidades, um dos fatores mais preponderantes no projeto. Por se tratar de um projeto com uma gama de conhecimento muito vasta, isto faz com que para a concepção de um projeto ferroviário seja necessária uma equipe multidisciplinar composta por: engenheiros civis, engenheiros mecânicos, engenheiros de automação para limitar na área técnica ferroviária, antes de entrar na fase de implantação do projeto. Todos estes itens que compõe o projeto ferroviário devem possuir um caráter sistêmico, ou seja, o funcionamento de uma parte do sistema é interligado com o outro (PORTO, 2018).

Por se tratar de negociações multilaterais, o projeto ferroviário leva um tempo elevado até sua implantação, e durante seu processo são inúmeras variáveis envolvidas que podem vir a impactar no prazo de implantação do projeto ferroviário. O projeto ferroviário deve atender a requisitos de prazo, qualidade e desempenho na implantação do empreendimento, requisitos estes que são definidos anteriormente pela padronização da contratante (PORTO, 2018).

Segundo Pereira et al., (2013, apud Albuquerque, 2015), o Projeto Geométrico ou de Geometria de rodovia, via urbana ou ferrovia é composto pelo conjunto de levantamentos, estudos, definições das melhores soluções técnicas, entre outros elementos que devem integrar de forma harmônica as fases dos serviços de engenharia, de forma a garantir a viabilidade técnica, econômica e social do empreendimento. Devido a fatores operacionais das composições ferroviárias é sempre preferível, na medida do possível, os trechos em tangente como unidades básicas de projeto.

Uma das fases que precede o projeto de geometria é a fase de estudo de traçado, onde serão avaliados os locais mais convenientes para passagem da ferrovia, assim como o levantamento de informações sobre a geomorfologia local e também a caracterização geométrica, estas informações são pertinentes e imprescindíveis para o prosseguimento do projeto.

## 2 JUSTIFICATIVA

Para Porto (2018), os maiores atrasos nos projetos ferroviários se dão pela desconsideração do caráter sistêmico da ferrovia, pois cada parte isolada não produz transporte.

O projeto ferroviário tem como objetivo estudar ou implantar um trecho ferroviário adequados à finalidade da ferrovia, ou seja, a realização do transporte de cargas/passageiros levando em conta a sustentabilidade, segurança, conforto e economia. Desta forma, para cumprir com o objetivo do projeto, que não se restringe ao projeto propriamente dito, mas também à sua implantação, de tal forma que atenda aos requisitos de operação ferroviária, que irá ocorrer por mais de trinta anos (NABAIS, 2014).

A gestão de projetos ferroviários envolve a definição de objetivos e metas, a sua concepção, elaboração do projeto básico e executivo, até alcançar a fase de execução e gerenciamento do projeto ferroviário. Entre essas definições também deve ser levado em consideração questões de desapropriação e ambientais, porque envolve tempo até executar os estudos ambientais e obter as licenças. Quanto à desapropriação, o trecho ferroviário pode estar condicionado às negociações com os proprietários residentes nos limites do projeto, necessitando de um Decreto de Utilidade Pública para minimizar os impactos sobre o projeto (PORTO, 2018).

Uma boa operação ferroviária é fruto de um bom projeto geométrico. Uma das fases que antecede o projeto geométrico é a fase de estudos de traçado, que tem como objetivo buscar os melhores pontos de passagem para a infraestrutura ferroviária, a partir de informações geomorfológicas da região (PEREIRA et al., 2013 apud ALBUQUERQUE, 2015).

Um bom projeto geométrico visa reduzir os gargalos operacionais e também as interferências ao longo do trecho, facilitando a implantação e operação da ferrovia. Isto pode gerar ganhos operacionais, como redução de consumo de combustível, e também redução de Obras de Arte Especiais e até mesmo de dispositivos de drenagem. Isto se deve ao fato do caráter sistêmico da ferrovia.

Além dos benefícios que a companhia pode ter ao operar um trecho ferroviário, existe também um fator socioeconômico em um projeto ferroviário, que desta forma se torna imprescindível a resolução de problemas que possam a vir dificultar sua implantação. Entre tais benefícios socioeconômicos pode-se citar: a geração de empregos diretos e indiretos; a integração entre modais, mais rotas de escoamento da produção; a competitividade, por transportarem matéria-prima de

materiais necessários para sobrevivência humana; possui um custo menor, por possuir valor de frete mais baixo, manutenção, a inexistência de pedágios, menor índice de acidentes e roubos e o maior transportes de cargas. Além disso, as ferrovias possuem menor gasto de energia e poluem menos o ambiente e também não possuem engarrafamentos que podem vir a gerar 156 bilhões de reais por ano de prejuízo ao país (VALE, 2017).

Diante de tais benefícios, o presente trabalho visa solucionar por meio de adequações geométricas duas interferências que impactam no projeto da EF-354 e que caso sejam implantadas podem não ser benéficas para a operação ferroviária, por conta do relevo acentuado, gerando rampas íngremes na cidade de Campinorte/GO e existência de cruzamento com o centro urbano da cidade de Cocalinho/MT.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Propor uma alternativa de traçado, de forma otimizada, visando eliminar as interferências na fase de projeto no traçado de um empreendimento ferroviário, considerando aspectos técnicos, socioambientais e construtivos.

#### **3.2 Específicos**

- Identificar as interferências existentes no traçado de um projeto ferroviário na etapa de projeto básico;
- Apontar os critérios para delimitação de traçado ferroviário, através de normas e resoluções específicas dos órgãos regulamentadores;
- Avaliar a viabilidade técnica e executiva para implantação do empreendimento ferroviário (atual e novo traçado).

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Histórico dos empreendimentos ferroviários no Brasil

A história das ferrovias no Brasil iniciou-se em 1852, com a figura de Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá, quando este construiu a ligação entre o Porto de Mauá (interior da Baía de Guanabara) e a raiz da Serra (Petrópolis). Em 30 de julho de 1854, D. Pedro II inaugurou a primeira estrada de ferro no Brasil, que contava com 14,5 km, 38 km/h de velocidade operacional e o trecho era percorrido em 23 minutos. O trem foi rebocado pela locomotiva que recebeu o nome de Baronesa, em homenagem à esposa do Barão de Mauá (BRINA, 1988).

Como as dificuldades de implantação de ferrovias no país eram muitas, o governo implantou o sistema de concessões, que virou modelo na época e alavancou a construção das linhas férreas entre os séculos XIX e XX. Este plano de concessões tinha como objetivo atrair capital estrangeiro e incentivar a economia exportadora. As primeiras linhas férreas ligavam os principais polos de mineração e de produção agrícola aos portos (IPHAN, 2015).

Após o 1º centenário de independência do Brasil, em 1922, o país contava com uma malha ferroviária de, aproximadamente, 29.000 Km de extensão, operando com cerca de 2.000 locomotivas a vapor e 30.000 vagões. Estas locomotivas eram movidas a vapor e em 1930 começaram a ser substituídas pelas locomotivas elétricas e em 1939 pelas diesel-elétricas (DNIT, 2018).

Em 1930, Getúlio Vargas promoveu investimentos nas estradas de ferro por meio da tomada de posse, mediante compensações, de empresas estrangeiras e nacionais, até mesmo estaduais que se encontravam em situação financeira ruim. Com isso, várias estradas de ferro foram incorporadas à União e eram geridas pelo Inspetoria Federal de Estradas (IFE), as rodovias também eram geridas por esse mesmo órgão. O IFE posteriormente deu origem ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) e ao Departamento Nacional de Estradas de Ferro (DNEF), este último foi extinto em 1974 e suas atribuições foram transferidas parte para a Secretaria-Geral do Ministério dos Transportes e parte para a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) (DNIT, 2018)

A RFFSA, era uma sociedade de economia mista, administrada pelo Governo Federal e fundada em 1957. A RFFSA foi criada com o objetivo de tornar a exploração das ferrovias o mais econômico possível para reduzir os déficits operacionais. Isto se deve ao fato de que diversas estradas de ferro brasileiras daquela época estavam dando prejuízo e beirando à falência por diversos motivos. Desta forma, o Governo Federal assumiu a administração de algumas dessas estradas de

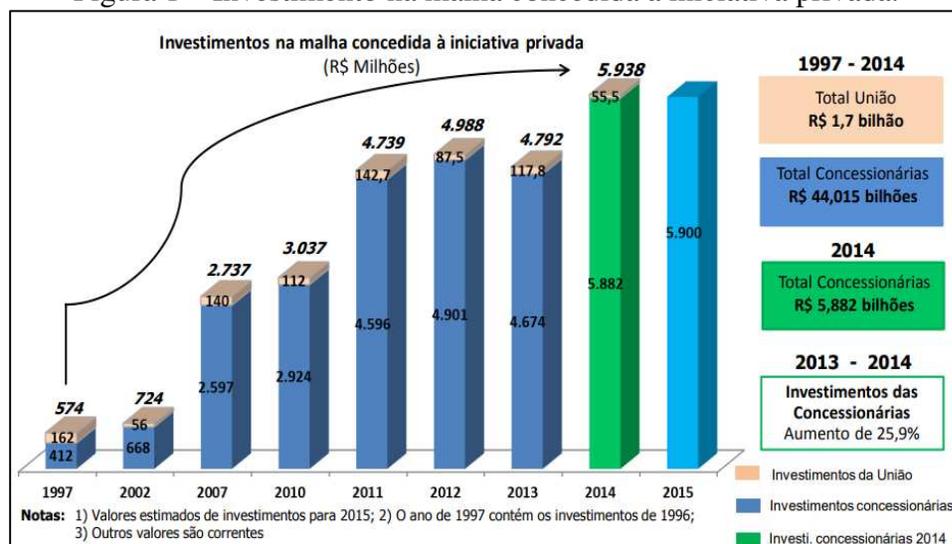
ferro para evitar seu fechamento. Então surgiu a ideia de criar uma organização única para disciplinar a operação, padronizar os equipamentos, serviços e metodologias de trabalho, impedindo ou evitando interferências político-partidárias nas mesmas (BRINA, 1988).

Para aumentar a oferta e a qualidade dos serviços, o Governo Federal pôs em prática ações voltadas para a privatização, concessão e delegação de serviços públicos de transporte a estados, municípios e iniciativa privada. A desestatização do setor ferroviário iniciou em 10 de março de 1992, com a inclusão da RFFSA no Plano Nacional de Desestatização (PND), pelo Decreto de n.º473/92 (ANTT, 2018).

O PND, era composto por dois grandes agentes: o Conselho Nacional de Desestatização (CND), como órgão decisório, e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), como gestor do Fundo Nacional de Desestatização (FND). O PND tinha como principais objetivos para o modal ferroviário: desonerar o Estado; melhorar a alocação de recursos; aumentar a eficiência operacional; fomentar o desenvolvimento do mercado de transportes e melhorar a qualidade dos serviços (ANTT, 2018).

Para Gomes (2011), a privatização foi utilizada para reverter o processo de deterioração em função da escassez de recursos e modernizar as ferrovias de maior importância no Brasil. A Figura 1 mostra o aumento dos investimentos proporcionados pela iniciativa privada, entre os anos de 1997 a 2015.

Figura 1 – Investimento na malha concedida à iniciativa privada.



Fonte: ANTF (2014).

Atualmente, o Brasil conta com 29.075 km de ferrovias concedidas conforme a Tabela 1. Desta malha ferroviária aproximadamente 30%, cerca de 8,5 mil km, estão inutilizadas e 23%, equivalente a 6,5 mil km, deste volume estão deteriorados e impróprios para operação (EXAME, 2018).

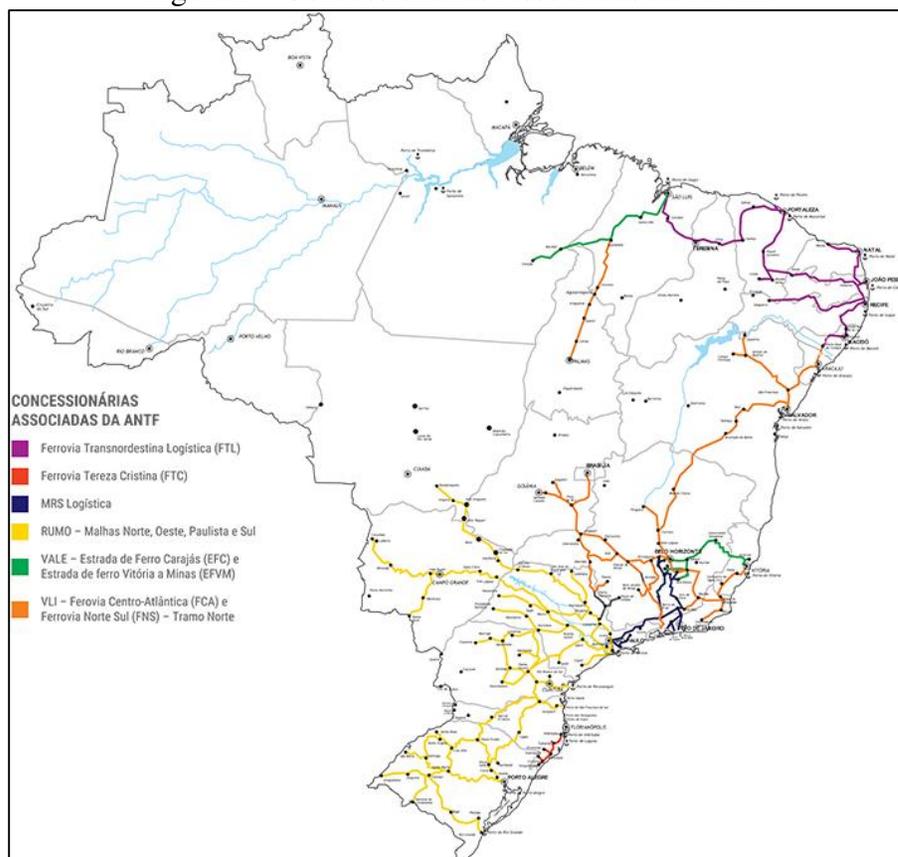
Tabela 1 – Extensão da malha ferroviária concedida

| Malhas Regionais | Ferrovia                            | Bitola     |              |            | Total  |
|------------------|-------------------------------------|------------|--------------|------------|--------|
|                  |                                     | Larga (km) | Métrica (km) | Mista (km) |        |
| MA/PA            | Estrada de Ferro Carajás            | 978        |              |            | 978    |
| PR               | Estrada de Ferro Paraná Oeste       |            | 248          |            | 248    |
| ES/MG            | Estrada de Ferro Vitória Minas      |            | 873          | 22         | 895    |
| Centro Leste     | Ferrovias Centro Atlântica          | 3          | 7.089        | 131        | 7.223  |
| Norte Sul        | Ferrovias Norte Sul - Tramo Central | 856        |              |            | 856    |
| Norte Sul        | Ferrovias Norte Sul - Tramo Norte   | 745        |              |            | 745    |
| Tereza Cristina  | Ferrovias Tereza Cristina           |            | 163          |            | 163    |
| Nordeste         | Ferrovias Transnordestina - FTL     |            | 4.275        | 20         | 4.295  |
| Sudeste          | MRS                                 | 1.613      |              | 73         | 1.686  |
| MS/MT            | Rumo Malha Norte                    | 735        |              |            | 735    |
| Oeste            | Rumo Malha Oeste                    |            | 1.973        |            | 1.973  |
| Paulista         | Rumo Malha Paulista                 | 1.544      | 242          | 269        | 2.055  |
| Sul              | Rumo Malha Sul                      |            | 7.223        |            | 7.223  |
| Total            |                                     | 6.474      | 22.086       | 515        | 29.075 |

Fonte: ANTT (2017).

Da malha ferroviária concedida, as concessionárias associadas à ANTF estão dispostas na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Concessionárias Associadas da ANTF.



Fonte: ANTT (2018)

Dos mais de 20 mil km de malha ferroviária utilizadas no país, cerca de metade tem uso intenso, a outra metade tem baixa utilização (EXAME, 2018). O Centro-Oeste é responsável por 42% da produção brasileira de grãos, entre eles pode-se destacar o milho, a soja, e o algodão. (BRASIL, 2015). No caso da soja, o modal rodoviário foi responsável por 58% da movimentação de carga no Brasil e as ferrovias por 25%, o aquaviário foi responsável por 13%. Esta predominância pode ser explicada pela limitação na infraestrutura (KUSSANO, 2010).

Esta predominância pode ser explicada pelo fato de que a malha ferroviária não atende grande parte do território brasileiro, destacando um dos principais problemas da infraestrutura nacional que é a intermodalidade, pois não há estrutura para sua expansão, levando ao uso intensivo de apenas um modal: o rodoviário (KUSSANO, 2010).

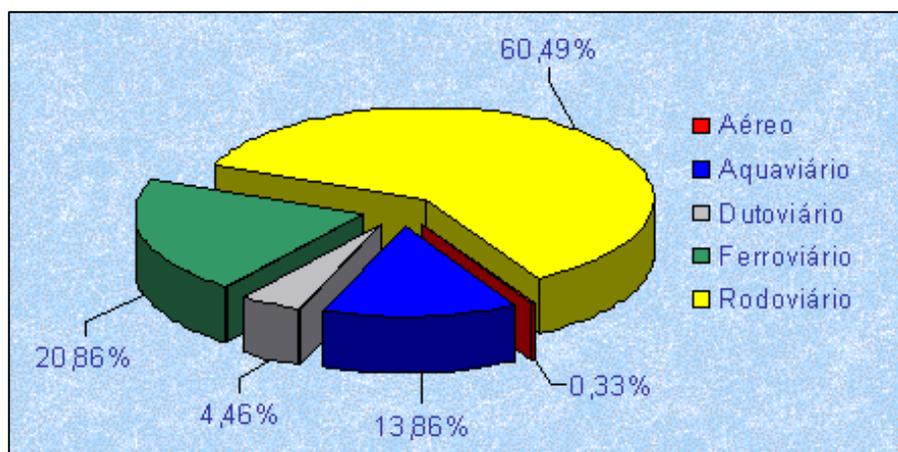
Até 2001, 60% dos ativos que circulavam pelas estradas de ferro do Brasil eram de minério de ferro. Atualmente este volume chega a 77%, percentual puxado pela Estrada de Ferro Carajás, na região Norte e pela Vitória-Minas, no Sudeste, que são operadas pela Vale (EXAME, 2018).

Para analisar a importância das ferrovias na logística do Brasil, mais de 90% dos minérios chegam aos portos por meio das estradas de ferro, o modal é responsável ainda por 42% da produção de granéis sólidos exportados e aproximadamente 55% de açúcar. Além disso, as ferrovias possuem um caráter socioeconômico importante, pois o número de empregos, envolvendo diretos e terceirizados, cresceu 140% desde 1997, ultrapassando a marca de 16.662 para 39.741 em 2015 (ANTF, 2015).

Por questões políticas, as ferrovias foram deixadas de lado no século passado e sua extensão se tornou insuficiente para sustentar a produção local, pois falta modernização e ampliação da infraestrutura local. Atualmente as ferrovias participam de, aproximadamente, 23% da produção do país e com as concessões a produtividade do setor aumentou em 94% (FICI, 2017).

Em 2000, de acordo com a Figura 3, as ferrovias foram responsáveis por 20,86% do transporte nacional de carga, em contrapartida as rodovias responderam por 63%, as hidrovias correspondem a 13,86%, o setor aeroviário por 0,33% e de estruturas de dutos por 4,46%.

Figura 3 – Gráfico da Composição Percentual das Cargas – 2000.

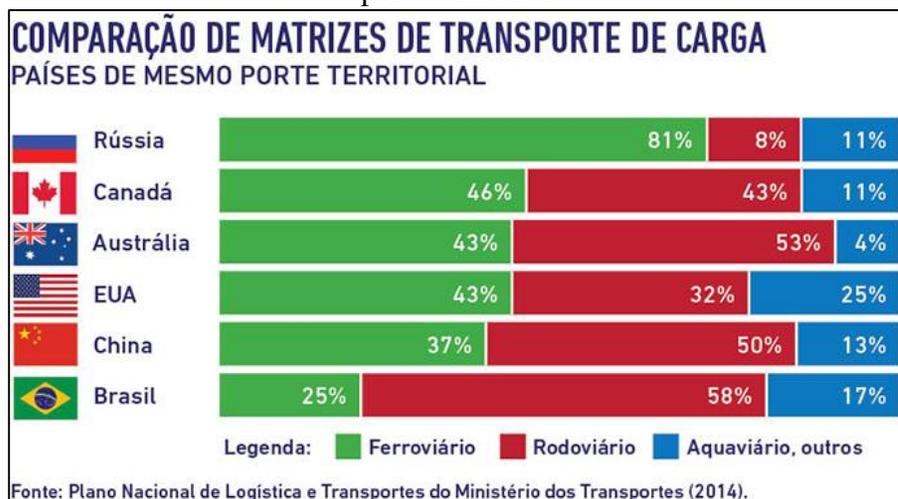


Fonte: ANTT (2000).

Quando se compara a participação do modal ferroviário no transporte de cargas no Brasil com a participação do modal em países desenvolvidos que alcança em média cerca de 40%

de participação do ferroviário, rodoviário 30%, aquaviário 14% e outros 16%, percebe-se a defasagem do país no setor, como é possível verificar na Figura 4 (NETTO et al., 2012).

Figura 4 – Gráfico de Comparação de Matrizes de Transporte de Carga com países de mesmo porte territorial.



Fonte: ANTF (2015)

Tal disparidade pode ser causada por: fatores históricos de país dependente e exportador de matéria prima; pelas pressões da indústria automobilística para a valorização do transporte rodoviário; pela ausência crônica de capital, que favorece investimentos em rodovia, de custo de implantação menor, mas, de custo social e econômico muito maior (NETTO et al., 2012).

Atualmente, as principais ferrovias de uso intenso no Brasil são: Estrada de Ferro Carajás (EFC) e Estrada de Ferro de Vitória a Minas (EFVM), ambas sob concessão da Vale; Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), sob posse da VLI; a MRS e a Ferronorte, que pertence à concessionária Rumo.

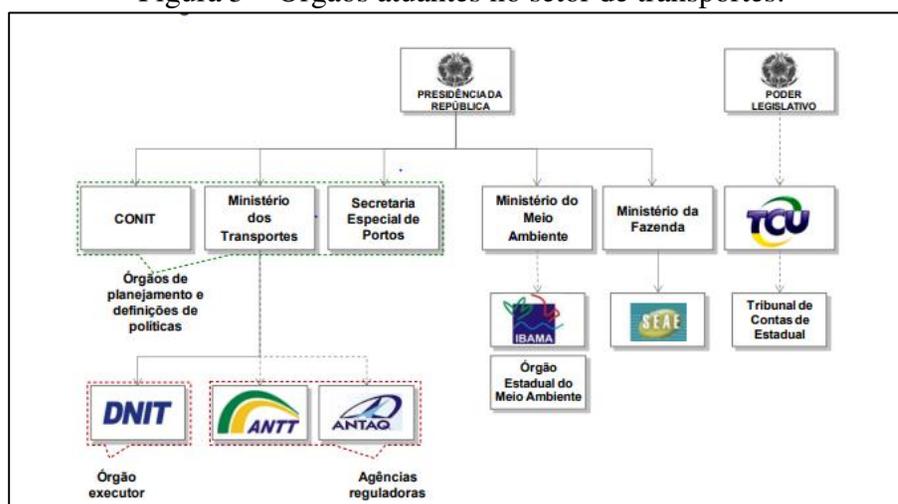
## 4.2 Órgãos reguladores para o sistema ferroviário

Os órgãos reguladores têm como objetivo garantir o desenvolvimento do setor de transportes, levando em consideração sempre a harmonia com os interesses dos usuários e também dos prestadores de serviços. Estes órgãos podem ser divididos em dois tipos: órgãos de administração direta do poder executivo e autarquias (STUPELLO, 2011).

De acordo com a Figura 5, os primeiros órgãos são responsáveis pela concepção e execução de políticas, e em alguns casos por obras públicas como é o caso do Departamento Nacional

de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e as agências reguladoras tem o papel de fiscalizar e regular a concessão da construção de obras ao setor privado e aos demais órgãos auxiliares.

Figura 5 – Órgãos atuantes no setor de transportes.



Fonte: Adaptado de Goldberg (2009) apud Stupello (2011).

Entre estes órgãos pode-se destacar e ainda complementar a participação de outros órgãos no projeto ferroviário, seja nos processos de regulamentação (normas e resoluções) e/ou licenciamento. Pode-se citar também a VALEC, que é uma empresa estatal responsável pela implantação dos projetos ferroviários. São eles:

- DNIT;
- ANTT;
- IBAMA;
- IPHAN;
- FUNAI.

### 4.2.1 Ministério dos Transportes

Segundo Stupello (2011), entra nas competências do Ministério dos Transportes as políticas nacionais dos transportes rodoviário, ferroviário e aquaviário, assim como portos e vias navegáveis. O órgão tem como função:

- Coordenar, supervisionar e formular as políticas de transporte;
- Definir as prioridades dos programas de investimento;
- Aprovar os planos de outorga sob sua responsabilidade.

### 4.2.2 DNIT

O DNIT é uma autarquia federal que está vinculada ao Ministério dos Transportes e foi criada pela lei 10.233, em 5 de junho de 2001. Com a extinção do antigo DNER, a legislação reestruturou o sistema de transportes rodoviário, aquaviário e ferroviário do Brasil. O DNIT possui sede em Brasília, no Distrito Federal e conta com 23 unidades administrativas regionais (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014).

O DNIT tem como papel desempenhar funções relativas à construção, operação, manutenção e adequação de capacidade dos elementos do Plano Nacional de Viação (PNV) que estão sob administração direta da União, ou seja, aqueles que são dirigidos por um Conselho Administrativo e sete diretores nomeados pelo Presidente da República e que conta com recursos da mesma para execução das obras (STUPELLO, 2011).

O DNIT também estabelece padrões, normas e especificações técnicas para elaboração de projetos, execução de obras viárias e operação adequadas das vias e terminais que estão sob sua responsabilidade. Estão sob sua responsabilidade, além dos modais acima citados, as instalações e vias de transbordo e de interface intermodal, instalações fluviais e lacustres, com exceção das outorgadas às companhias das docas (STUPELLO, 2011).

### **4.2.3 Agência Nacional de Transportes Terres (ANTT)**

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), é instituída pela Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001 e é regulamentada pelo Decreto nº 4.130, de 13 de fevereiro de 2002. A ANTT é uma autarquia, com autonomia financeira e funcional e mandato fixo de seus dirigentes que está vinculada ao Ministério dos Transportes e possui sede e foro no Distrito Federal, podendo instalar unidades administrativas regionais (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014).

A ANTT é o órgão responsável por: regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de exploração da infraestrutura ferroviária e rodoviária federal e de prestação de serviços de transportes e serviços, visando garantir a movimentação de bens e pessoas, garantindo harmonia entre o interesse dos usuários e empresas, arbitrar conflitos de interesse e impedir situações que venham a configurar competição imperfeita ou infração contra a ordem econômica (ANTT, 2009).

### **4.2.4 IBAMA**

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) é uma autarquia Federal vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e foi criado pela Lei 7.735 de 1989 e reformulada pela Lei 11.516 de 2007. O IBAMA vem executando ações da política nacional de meio-ambiente e também atua no licenciamento ambiental no âmbito Federal e à fiscalização, monitoramento e controle ambiental (STUPELLO, 2011).

Entre outras atribuições do IBAMA, que devem estar expressas na Lei 6.938 e nas Resoluções do CONAMA, tem-se:

- Propor e editar normas e padrões de qualidade ambiental;
- O zoneamento e avaliação dos impactos ambientais;
- O licenciamento ambiental, nas atribuições federais;
- A fiscalização e aplicação de penalidades administrativas;
- O apoio às emergências ambientais.

O IBAMA compartilha a responsabilidade de licenciamento ambiental com os órgãos municipais (OMMA) e estaduais (OEMA). O IBAMA atua em grandes projetos que impactam em mais de um estado, ou em atividades no âmbito continental. Quando o empreendimento impacta

em apenas um município o responsável é o órgão ambiental municipal, em geral o licenciamento é atribuído aos OEMAs (STUPELLO, 2011).

#### **4.2.5 VALEC**

A VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. é uma empresa pública, sob a forma de sociedade por ações, vinculada ao Ministério dos Transportes, nos termos previstos na Lei nº 11.772, de 17 de setembro de 2008 (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014).

A VALEC tem como função social a construção e exploração da infraestrutura ferroviária. Compete à VALEC, de acordo o Art. 8º da lei supracitada, em conformidade com as diretrizes do Ministério dos Transportes:

- Administrar os programas de operação de infraestrutura ferroviária, nas ferrovias a ela outorgadas;
- Coordenar, executar, controlar, revisar, fiscalizar e administrar obras de infraestrutura ferroviária, que lhes forem outorgadas;
- Desenvolver estudos e projetos de obras de infraestrutura ferroviária;
- Construir, operar e explorar estradas de ferro, sistemas acessórios de armazenagem, transferência e manuseio de produtos e bens a serem transportados e, ainda, instalações e sistemas de interligação de estradas de ferro com outras modalidades de transportes;
- Promover o desenvolvimento dos sistemas de transportes de cargas sobre trilhos, objetivando seu aprimoramento e a absorção de novas tecnologias;
- Celebrar contratos e convênios com órgãos nacionais da administração direta ou indireta, empresas privadas e com órgãos internacionais para prestação de serviços técnicos especializados; e
- Exercer outras atividades inerentes às suas finalidades, conforme previsão em seu estatuto social.

#### **4.2.6 FUNAI**

A Fundação Nacional do Índio (FUNAI) foi criada por meio da Lei nº 5.371, de 5 de dezembro de 1967, vinculada ao Ministério de Justiça, é o órgão indigenista oficial do Estado brasileiro. A FUNAI é a principal coordenadora e executora da política indigenista do Governo Federal. Tem como missão proteger e promover os direitos dos povos indígenas no Brasil (FUNAI, 2014).

Além disso, compete à FUNAI a promoção de estudos de identificação e delimitação, demarcação, regularização fundiária e registro das terras tradicionalmente ocupadas pelos indígenas e também monitorar e fiscalizar as terras indígenas. A FUNAI promove ainda políticas voltadas para o desenvolvimento sustentável das populações indígenas, buscando a conservação e recuperação do meio-ambiente e também atua no controle e mitigação de possíveis impactos ambientais provenientes de interferências externas nas terras indígenas (FUNAI, 2014).

No que diz respeito às interferências do empreendimento ferroviário com as terras indígenas, o órgão tem como função intermediar as “negociações” do empreendedor com os indígenas, e vice-versa, convocando reuniões e assembleias, visando solucionar problemáticas nessas áreas que podem decorrer da implantação da ferrovia.

#### **4.2.7 IPHAN**

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) é uma instituição federal fundada em novembro de 1937, que está vinculada ao Ministério da Cultura e que tem como atribuições a preservação, a divulgação e fiscalização dos bens culturais brasileiros, garantindo a atual e às futuras gerações o uso adequado destes bens (BRASIL, 2009).

O IPHAN tem ainda a responsabilidade de conservação, salvaguarda e monitoramento de bens culturais brasileiros inscritos na Lista do Patrimônio Mundial e na Lista do Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade, de acordo com as convenções da Unesco, a Convenção do Patrimônio Mundial e o Centro Nacional de Arqueologia, em Brasília (IPHAN, 2015).

No que diz respeito ao projeto ferroviário, o empreendedor deve elaborar uma Avaliação de Impacto ao Patrimônio Cultural (AIP), durante a fase de licenciamento, para obter a Licença de Implantação com o IBAMA. A participação do IPHAN tem como objetivo garantir que a implantação do empreendimento não afetará bens culturais acautelados (sítios arqueológicos, patrimônio imaterial, etc.).

### **4.3 Gestão de Projetos**

Com o avanço da tecnologia a sociedade tem buscado mais resultados em um curto espaço de tempo. É nesse ponto que entra a participação imprescindível da gestão de projetos, para facilitar os gestores e colaboradores na caminhada à meta do projeto (SANTOS, 2012).

#### **4.3.1 Definição de Projeto**

Projeto pode ser definido como sendo um empreendimento único, com objetivos pre-definidos, temporário e com prazos determinados, que utiliza recursos materiais e humanos para este fim. Portanto, o projeto tem caráter singular, por gerar um resultado único; temporalidade, pois possui prazos para seu ciclo de vida, início, meio e fim; e a progressividade, quanto mais você conhece o projeto, maior será o detalhamento do mesmo e maior será o controle sobre as etapas do mesmo (DINSMORE et al., 2003 apud SANTOS, 2012).

Um projeto alcança o sucesso quando suas metas são alcançadas, os prazos são cumpridos, os custos são firmados sem desperdícios, havendo a mínima alteração de escopo e a busca incessante pela qualidade e também pelo desempenho almejado (KERZNER, 2003 apud SANTOS, 2012).

Para o PMBOK (2013) o sucesso do projeto é medido diante a natureza do mesmo, ou seja, a conclusão dentro das restrições de tempo, escopo, custo, qualidade, recursos e risco, de acordo com o aprovado entre os gerentes de projeto e a equipe sênior de gerenciamento. Para garantir que este projeto vai trazer benefícios ao cliente, é sugerido um período de teste da operação do projeto, podendo ser parte do tempo do projeto, antes da sua entrega, para avaliação.

#### **4.3.2 Gerenciamento de Projetos**

Segundo o PMBOK (2013, p. 05), “Gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos”. O gerenciamento de projetos é feito através da integração de cinco grupos de processos:

- Iniciação;

- Planejamento;
- Execução;
- Monitoramento e controle;
- Encerramento.

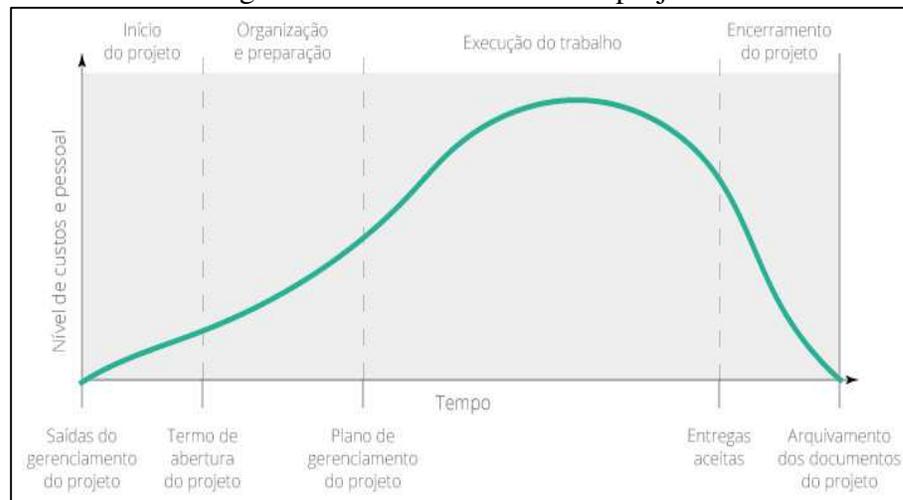
Estes processos são interligados, de tal forma que a alteração de um deles, acarreta em uma mudança em pelo menos um outro processo. Esta alteração vai depender do objetivo do cliente com o projeto. Desta forma, se faz importante uma boa comunicação da equipe de projeto com as partes interessadas a fim de entregar um projeto com uma qualidade esperada pelas mesmas, evitando riscos adicionais (PMBOK, 2013).

Como mudanças no projeto podem acarretar riscos adicionais, é necessário um desenvolvimento do plano de gerenciamento do projeto. O plano de gerenciamento de projeto é uma atividade progressiva que faz com que a equipe de projeto consiga trabalhar em um nível maior de detalhamento, à medida que o projeto avança. Entretanto, é necessário que esse processo envolva melhoria contínua e um detalhamento de um plano ao passo que informações mais detalhadas e específicas e estimativas mais exatas vão se tornando mais disponíveis para a equipe (PMBOK, 2013). De acordo com PMBOK (2013), os projetos podem variar em tamanho e complexidade, mas podem ser mapeados de acordo a estrutura genérica de ciclo de vida. Vale ressaltar que essa estrutura não deve ser confundida com os processos de gerenciamento de projeto listado anteriormente, pois estes consistem em atividades que podem ser executadas e ocorrer novamente em cada fase de um projeto, assim como para o projeto como um todo. A seguir são descritas as fases do ciclo de vida de um projeto, como é possível observar na Figura 6:

- Início do projeto – nesta fase o problema é conhecido, são propostas as metas, os resultados esperados, os recursos e produtos necessários; levando sempre em consideração a necessidade e expectativa do cliente (MPSP, 2017);
- Organização e preparação - nesta fase as atividades dos projetos são detalhadas para que se tenha uma boa execução do projeto e também são traçadas as melhores metodologias para alcançar o resultado. O planejamento envolve ainda: alocação de recursos, estimativa de custos e cronogramas, para que o plano de execução seja seguido com sucesso (MPSP, 2017);

- Execução do trabalho do projeto – nesta fase os planos de projeto são postos em prática, o que faz com que qualquer erro durante a fase de planejamento seja exposto, exigindo assim um bom controle (ARTIA, 2017);
- Encerramento do projeto – fase final do projeto, onde o mesmo já alcançou suas metas, entregou os produtos esperados e solucionou os problemas propostos. (MPSP, 2017).

Figura 6 – Ciclo de vida de um projeto.



Fonte: Artia (2017)

O Ministério Público de São Paulo (2017) cita alguns princípios que norteiam a gestão de projetos:

- Satisfação dos clientes – os resultados do projeto devem refletir as expectativas, necessidades e perspectivas dos Clientes;
- Desenvolvimento Humano – para garantir bons resultados, deve-se desenvolver a criatividade, habilidade, motivação e estimular a atitude das pessoas para gerar resultados com grau excelente de eficiência;
- Gestão Participativa – é importante que para alcançar o melhor desempenho dentro do projeto, deve-se ouvir, avaliar e considerar as demais opiniões, dos mais diversos agentes e níveis hierárquicos;
- Comunicação – é necessário divulgar os resultados obtidos e compartilhar o conhecimento adquirido por meio de uma comunicação eficiente;

- Metodologia Padronizada – devem ser traçados padrões e metodologias a serem seguidos para poder alcançar o resultado de forma otimizada, reduzindo os desvios. Vale ressaltar que a metodologia empregada pode ser constantemente melhorada e comunicada;
- Melhoria Contínua – a pessoa deve buscar sempre o aprimoramento contínuo, buscando sempre a excelência.

No Brasil, o aumento da competitividade no setor da construção civil e o aumento da complexidade dos projetos têm exigido das construtoras novas metodologias para gestão, isto faz com que a área ganhe importância dentro das corporações (PACHECO et al., 2016).

É notório o aumento pela busca de técnicas de monitoramento e redução de prazos e custos por parte das empresas do ramo de Construção Civil do Brasil, porém pode-se considerar que este ainda é um processo em evolução, pois ainda é necessário o desenvolvimento de uma visão estruturada voltada para o uso de conhecimentos consolidados em gerenciamento de projetos (PINTO, 2012 apud PACHECO et al., 2016).

Vale ressaltar que por mais que os prazos dos projetos estejam cada vez mais curtos, administrar e controlar o tempo para cumpri-los, aliando aos custos já pré-determinados, é uma das tarefas mais desafiadoras para o gerenciador, pois o ritmo em que o projeto é desenvolvido não depende apenas das metodologias aplicadas e sim de todos os fatores que podem vir a influenciar os resultados. Tais fatores como: a integração dos projetos, gestão de escopo, disponibilidade dos recursos necessários, entre outros (HOZUMI, 2006).

Os projetos ferroviários, tal qual os de infraestrutura, são divididos nas seguintes etapas:

- Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental;
- Anteprojeto ou Projeto Básico;
- Projeto Executivo.

Cada fase dessa deve cumprir com seu nível de detalhamento e precisão de acordo com seus objetivos, custos e prazos de elaboração. Além disso, cada fase deve sempre levar em conta o caráter sistêmico do projeto ferroviário para alcançar uma boa qualidade (NABAIS, 2014).

### **4.3.3 Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental (EVTEA)**

O estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) se faz necessário a partir do momento em que há a necessidade de implantação da ferrovia para atender a demanda dos pontos de passagem, ou mesmo de uma reforma, ampliação no modal existente para melhorar suas características operacionais. Este estudo tem grande importância para poder definir sua viabilidade, receitas e custos, prazos de implantação e também comparar sua eficiência com os demais modais (NABAIS, 2014).

Este estudo preliminar é feito mediante estimativa de custos, somando todos custos durante a vida útil do empreendimento, incluindo a implantação da via permanente e melhorias futuras, a aquisição de material rodante, desapropriação em decorrência da faixa de domínio, compensações ambientais e também a operação e manutenção da VP. Vale ressaltar a importância dos estudos ambientais e arqueológicos nesta fase pois são obstáculos capazes de definir o traçado e também de inviabilizar o empreendimento (NABAIS, 2014).

### **4.3.4 Anteprojeto ou Projeto Básico**

Segundo o Art. 6º, inciso IX da Lei nº 8.666/1993, o projeto básico é:

O conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto de licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e prazos de execução (BRASIL, 1993, p.01).

Nesta fase é possível de se obter aproximadamente a extensão das Obras de Arte Especiais (OAEs) e também informações mais precisas sobre a topografia local, podendo definir as bacias hidrográficas presentes no local, além disso se faz necessário investigações geotécnicas e sondagens nas margens dos rios para poder definir o tipo de fundações das OAEs e também identificação das pedreiras. Também são necessárias inspeções em campo da equipe de geometria, drenagem e hidrologia visando otimizar o traçado nesta fase, e com isso levantar volumes e distribuição de terraplenagem. Com os dados obtidos nesta fase é possível estimar os serviços necessários e aferir os quantitativos com maior precisão que na fase preliminar, por possuir um detalhamento maior, porém ainda insuficiente para a fase de execução (NABAIS, 2014).

Para Pimenta e Oliveira (2004), para a escolha de um ou mais anteprojetos, é necessário o conhecimento dos aspectos sociais e econômicos da região, a produção agrícola do local e também as suas necessidades de transporte, visando atender ao máximo a demanda local.

Segundo o DNIT (2015), o projeto básico para empreendimentos ferroviários deve conter:

- a) Quadro de características técnicas e operacionais;
- b) Projeto em planta na escala 1:2000;
  - Composição das curvas verticais
  - Elementos cadastrais;
  - Posicionamento dos AMV's na linha principal;
  - Pátios de cruzamento;
  - Indicação de pátios de estacionamento, manobras e carregamento;
  - Túneis, pontes e viadutos – Obras de Arte Especiais;
  - Bueiros e obras de arte correntes;
  - Passagens em nível com rodovias;
  - Proposição para largura da faixa de domínio.
- c) Projeto em perfil, nas escalas 1:2000 (H) e 1:1200 (V)
  - Composição das curvas verticais;
  - Rampas;
  - Projeção das pontes, túneis e viadutos – Obras de Arte Especiais
  - Bueiro e obras de arte correntes;
- d) Seções transversais típicas da plataforma;
- e) Apresentação dos elementos especiais do projeto na escala de 1:500 e 1:1000.

#### **4.3.5 Projeto Executivo**

Segundo o Art. 6º, inciso X da Lei nº 8.666/1993, o projeto executivo é:

O conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (BRASIL, 1993, p. 01)

O projeto executivo não é um projeto novo, sua diferença para o básico é o uso de escalas menores, 1:500 a 1:2000, o que permite maior número de detalhes e precisão. Enquanto no projeto básico se utiliza escalas maiores, geralmente 1:5000. Além disso, também se obtém mais informações das equipes de campo (NABAIS, 2014).

Na elaboração do projeto executivo, são calculados todos os elementos necessários para definição do traçado, do perfil transversal e também das seções transversal que mostram o desenvolvimento da via. Paralelamente à elaboração do projeto geométrico final são executados os projetos de terraplenagem, drenagem, superestrutura, obras civis, sinalização, serviços complementares e superestrutura (PIMENTA; OLIVEIRA, 2014).

Nesta fase, os quantitativos são mais precisos e consegue-se chegar bem próximo do valor final do empreendimento. Também é possível, nessa fase, otimizar o empreendimento como: correções de traçado, possibilitando evitar problemas não detectados nas fases anteriores das demais áreas como gestão fundiária, problemas de solos moles, meio-ambiente e outras interferências que podem impactar diretamente no empreendimento (NABAIS, 2014).

Para o DNIT (2015), no projeto executivo de ferrovia deve estar incluso ainda o levantamento topográfico da faixa de domínio a partir da locação do eixo em questão. Esta fase deve apresentar:

- a) Projeto planialtimétrico, nas escalas 1:2000 (H) e 1:1200 (V);
- b) Determinação das seções transversais do projeto, nas escalas de 1:200 e 1:100;
- c) O detalhamento dos projetos deve seguir sua instrução de serviço específica, tal como:
  - Pátios de cruzamento;
  - Interferências;
  - AMV's;
  - Passagens de fauna;
  - Passagens de nível com rodovias.

O produto final a ser entregue consiste no conjunto de todos esses projetos parciais, completados por suas respectivas memórias de cálculo, justificativa das soluções adotadas, plano de execução do projeto planilhas de quantidades e especificação de materiais (PIMENTA; OLIVEIRA, 2014).

#### 4.4 – Aspectos para projeto geométrico ferroviário

A definição de projeto geométrico para uma ferrovia é análoga à de uma rodovia, portanto o projeto geométrico de uma via consiste em relacionar seus elementos físicos com características de operação, frenagem, aceleração, condições de segurança e conforto. A construção da via deve ser economicamente viável, tecnicamente possível e socialmente abrangente (PONTES FILHO, 1998).

Um projeto geométrico inadequado pode favorecer os acidentes de tráfego, baixa eficiência da via e também levar à obsolescência da via, o que não deve acontecer antes que o projeto alcance seus benefícios que justificaram tal investimento (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004)

Os estudos do traçado são uma das fases que antecedem o projeto geométrico. Estes estudos têm como objetivo delimitar os locais convenientes para a passagem da via, utilizando-se de informações básicas sobre o relevo da região e a caracterização geométrica desses locais, de forma que permita o desenvolvimento do projeto em estudo, levando em consideração as características citadas acima do projeto (GOMES, 2011).

A definição do traçado da via férrea é muito importante para o projeto de infraestrutura, pois tem impacto direto nos demais projetos, seja para infraestruturas novas ou adaptadas. Os fatores técnicos e ambientais, bem como o custo de implantação do projeto, custo de operação e manutenção já devem ser levados em consideração nesta fase (STECH, 2012).

Entre os fatores que influenciam na escolha do traçado, Pontes Filho (1998) cita:

- A topografia da região
- As condições geológicas e geotécnicas da região;
- A hidrologia;
- A presença de benfeitorias ao longo da via.

A topografia do terreno tem um impacto significativo no custo da via, pois uma topografia inadequada pode gerar grandes movimentos de terra e assim onerando a obra. Uma região com topografia desfavorável pode levar a grandes volumes de corte e aterro, a criação de túneis e pontes (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004).

As características geológicas e geotécnicas do solo são fundamentais para a viabilização da ferrovia, pois tem influência direta no custo e pode ainda resultar em custos adicionais

dependendo da intempérie que possa ocorrer. Se este material tiver condições e características mais desfavoráveis, o custo da solução pode ser mais oneroso, em caso de o material possuir dureza elevada, técnicas mais aprimoradas de escavação serão necessárias, se houver a presença de solos moles, será necessário a estabilização dos aterros sobre este tipo de material e se por ventura houver algum problema de instabilidade de taludes, será necessária a execução de obras de contenção de taludes (GOMES, 2011).

Para Pontes Filho (1998), a hidrologia é um dos fatores que podem interferir na escolha do traçado, pois o custo de obras de arte e de drenagem são geralmente elevados. Desta forma, Gomes (2011) indica que o traçado deve evitar ao máximo travessias a rios e córregos, a fim de evitar pontes e bueiros. Em caso de impossibilidade de evitar a transposição sobre um rio, deve-se sempre buscar a transposição da OAE perpendicular ao rio visando reduzir sua extensão (PIMENTA; OLIVEIRA, 2014).

A presença de benfeitorias ao longo da via e sua faixa de domínio é um fator que pode alterar o traçado, pois é necessária uma negociação para compra destas áreas, que em muitos casos não é fácil, pois famílias já se estabeleceram naquela terra há alguns anos e algumas a utilizam também como forma de sustento e então o responsável pelo projeto deve buscar realocar estas famílias. Portanto, deve-se sempre evitar construções e loteamentos. Outro ponto de atenção são as interferências no ecossistema, pois a passagem de uma via férrea necessita de supressão da vegetação, causando danos no local. A via se torna ainda um agente agressivo ao meio ambiente, pois o divide em duas áreas isoladas, o que pode vir a prejudicar a fauna e a flora locais (GOMES, 2011).

#### 4.4.1 Procedimento para escolha do traçado

Do ponto de vista operacional, a melhor forma de ligar dois pontos por meio de uma ferrovia é por meio de uma diretriz geral, que é uma reta que liga dois pontos extremos, bem como Pontes Filho (1998) destaca para rodovias. Porém, o que pode se tornar inseguro para uma rodovia, pois um traçado em tangente pode causar sonolência e dispersão do condutor, na ferrovia se mostra o oposto, pois do ponto de vista operacional é muito melhor, pois oferece menos resistência para a composição. Isto só seria possível se entre os destinos não houvesse nenhum obstáculo.

A partir da escolha da diretriz geral, pode-se analisar quais as interferências no local como: volumes de corte e aterro excessivos, travessia de rios, desapropriações, jazidas, ocorrências de materiais, entre outros pontos. A identificação destas interferências leva o projetista a buscar outras alternativas de passagem, adequando o traçado à topografia da melhor forma possível e evitando aumentar sua extensão. Estes novos pontos são chamados “pontos obrigatórios”. Este ajuste é cíclico até que se encontre um traçado que seja economicamente acessível (PIMENTA; OLIVEIRA; 2004).

Os traçados desenvolvidos ao longo de um espigão ou ao longo de um vale geralmente apresentam condições técnicas e econômicas melhores que aqueles desenvolvidos a meia encosta ou transversalmente a vales e espigões. Isto se deve ao fato da redução do custo com obras de drenagem, pois o traçado passaria por terrenos secos (PIMENTA; OLIVEIRA; 2004).

Apesar dos traçados de meia encosta não apresentarem as mesmas vantagens dos demais, porque as águas descem pelas encostas em direção aos rios e córregos, em alguns casos essa travessia se torna indispensável pois o espigão ou vale nem sempre está na posição desejada (PIMENTA; OLIVEIRA; 2004).

#### 4.4.2 Critérios de projeto

Segundo Stech (2012), o traçado de uma linha ferroviária é definido pelo seu eixo, com projeção nos planos horizontal (traçado em planta) e vertical (traçado em greide). De maneira geral, os parâmetros necessários para a definição desse traçado são limitados pela exigência dos critérios de segurança e de conservação da via férrea. Entre estes critérios pode-se citar:

- Raio Horizontal;

- Raio Vertical
- Superelevação;
- Variação da superelevação em função do comprimento (tamanho da curva de transição);
- Velocidade.

Para projeto de trens de carga, não são considerados parâmetros de conforto de passageiros.

#### **4.4.3 Raio Mínimo**

Os projetos geométricos ferroviários usam como base a norma de Especificação de Projeto da VALEC, podendo seguir ainda algumas normas competentes às rodovias propostas pelo DNIT. Nas ferrovias, utiliza-se geralmente o raio mínimo de 343,823m, baseado em estudos operacionais e permitindo maior velocidade de operação. Curvas horizontais com raios inferiores a 1.800m, exigem transição em espiral, que gera um aumento de conforto para o operador, o comprimento de transição varia na taxa de 1m/min do grau da curva, como mostra a Tabela 2. Para um bom desempenho, é ainda recomendado que entre curvas de sentido contrário se tenha uma tangente de no mínimo 30m, suficiente para comportar 2 vagões e assim reduzindo esforços de torção no material rodante. Entretanto, esse valor para a tangente pode se reduzir a zero, pois a superelevação é quase nula no início das transições (NABAIS, 2014).

Tabela 2 – Raios, Grau de Curva, Comprimento de Transição.

| Raio (m) | Grau de Curva (G20) | Lc (m) | Compensação de Curva (%) |
|----------|---------------------|--------|--------------------------|
| 3437,752 | 0°20'               | -      | 0,02                     |
| 2291,838 | 0°30'               | 30     | 0,03                     |
| 1718,883 | 0°40'               | 40     | 0,04                     |
| 1375,111 | 0°50'               | 50     | 0,05                     |
| 1145,93  | 1°00'               | 60     | 0,06                     |
| 982,23   | 1°10'               | 70     | 0,07                     |
| 859,456  | 1°20'               | 80     | 0,08                     |
| 763,966  | 1°30'               | 90     | 0,09                     |
| 687,574  | 1°40'               | 100    | 0,10                     |
| 625,072  | 1°50'               | 110    | 0,11                     |
| 572,987  | 2°00'               | 120    | 0,12                     |
| 528,916  | 2°10'               | 130    | 0,13                     |
| 491,141  | 2°20'               | 140    | 0,14                     |
| 458,403  | 2°30'               | 150    | 0,15                     |
| 429,757  | 2°40'               | 160    | 0,16                     |
| 404,482  | 2°50'               | 170    | 0,17                     |
| 382,016  | 3°00'               | 180    | 0,18                     |
| 361,914  | 3°10'               | 190    | 0,19                     |
| 343,823  | 3°20'               | 200    | 0,20                     |

Fonte: VALEC (2011)

O raio mínimo tem a função de permitir a inscrição da base rígida dos truques dos carros e locomotivas, além disso ele tem função de evitar o escorregamento entre a roda e o trilho (PORTO, 2004).

#### 4.4.4 Rampas

O projeto vertical de uma ferrovia tem sua rampa máxima definida por duas variáveis: os estudos operacionais, fazendo com que esta rampa seja assimétrica, ou seja, diferentes valores para o sentido de ida e de volta, em função da carga a ser transportada; e pela compensação da rampa em função dos raios de curvatura adotados, na Tabela 2 mostra a rampa ser adicionada à rampa geométrica (0,06% por grau de curva). Além disso deve-se evitar PIVs com distâncias inferiores ao trem tipo, para evitar que a composição esteja alocada em mais de uma curva vertical com sentidos diferentes (NABAIS, 2014).

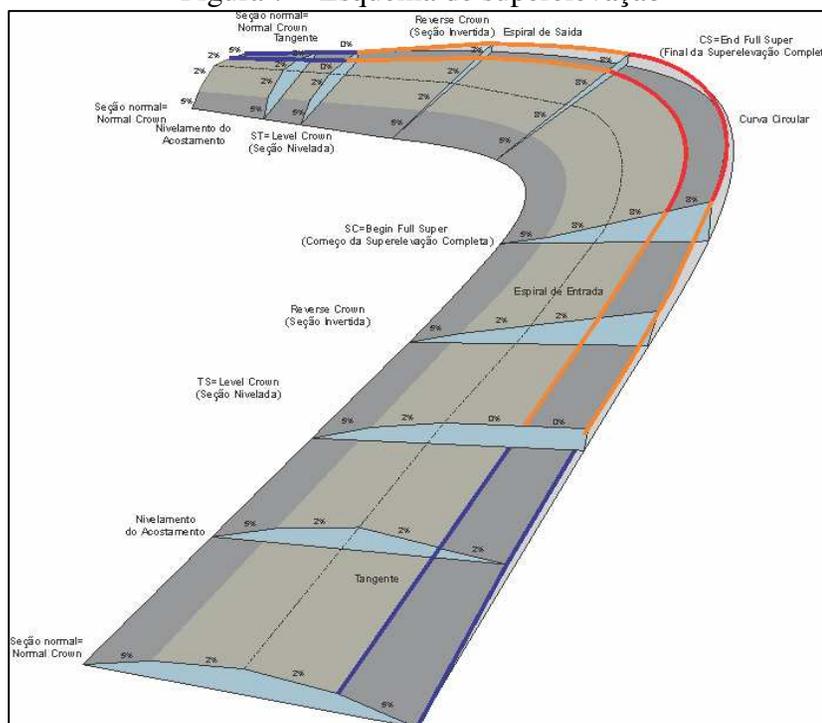
A VALEC considera os valores máximos para rampa compensada: 0,45%; 0,60% e 1,45%, de acordo com as diretrizes do projeto em estudo. Tais limites definidos são cruciais para tornar a ferrovia economicamente viável, isso provoca os níveis de terraplanagem altos em relação às rodovias, que aceitam inclinações maiores de rampas.

Como os raios verticais são calculados em função da velocidade de projeto, categoria do traçado e tipo ferroviário, pode-se omitir curvas verticais quando houver uma diferença algébrica de inclinação menor que 2,3% para  $R_v = 15,00$  km; 2,8% para  $R_v = 10,00$  km; 4% para  $R_v = 5,00$  Km; 5,2% para  $R_v = 3,00$  Km (ALBUQUERQUE, 2015).

#### 4.4.5 Superelevação

Para Porto (2004), a superelevação é a elevação do trilho externo em relação ao trilho interno, visando reduzir o desconforto causado pela mudança de direção e também reduzir o desgaste resultante do contato metal-metal e evitar principalmente o tombamento por conta da atuação da força centrífuga. A Figura 7 mostra um esquema de superelevação em uma curva de transição.

Figura 7 – Esquema de superelevação



Fonte: Soethe Cursino Engenharia (2018)

Nos critérios de projeto da VALEC, adota-se a superelevação como sendo a “Superelevação Teórica”, ou seja, a qual a componente de força centrífuga é completamente equilibrada pela força peso, passando a resultante dos esforços pelo eixo da via, sem ultrapassar o valor de  $0,65 \text{ m/s}^2$ .

#### **4.4.6 Superlargura**

A superlargura consiste no alargamento da bitola nas curvas com o objetivo de facilitar a inscrição do truque e evitar o escorregamento das rodas. Os valores de superlargura variam de 1cm a 2cm e o trilho deslocado é o interno, pois o externo é o que vai guiar as rodas. A distribuição da superlargura é feita antes da curva circular ou durante a transição, a taxa de distribuição pode chegar a 1mm/m em vias convencionais e 0,5mm/m em vias de alta velocidade. Vale ressaltar que curvas com raios superiores a 500m não recebem superlargura (PORTO, 2004).

#### **4.4.7 Velocidade**

O projeto ferroviário está diretamente ligado à velocidade dos trens que ali trafegam. Desta forma, como Albuquerque (2011) cita, é necessário discorrer sobre alguns conceitos de velocidades utilizados nos projetos:

- Velocidade nominal dos trens – é a máxima velocidade a qual a composição pode desenvolver nas condições mais favoráveis do traçado (PITA, 2010 apud ALBUQUERQUE, 2015).
- Velocidade de projeto – é a maior velocidade que uma composição pode desenvolver no traçado em condições normais, com segurança (PONTES FILHO, 1998).
- Velocidade de percurso – é a média de todas as velocidades de todo o tráfego ou parte dele. Esta velocidade é obtida pela divisão da somatória das distâncias percorridas pela somatória dos respectivos tempos de percurso (PIMENTA et al., 2004).

No Brasil, a velocidade de projeto utilizada é 80 km/h. Em outros países onde este modal já está mais consolidado, é possível observar a diferença adotada quanto a este tipo de velocidade, pois ela está diretamente ligada à quantidade de carga transportada (ALBUQUERQUE, 2015).

A Federal Railroads Administration considera a classe das ferrovias apenas de acordo com a velocidade máxima dos trens que ali trafegam, como é possível observar na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação das ferrovias.

| Classe da Via | V <sub>máx</sub> carga (km/h) | V <sub>máx</sub> passageiro (km/h) |
|---------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Classe 1      | 16                            | 24                                 |
| Classe 2      | 40                            | 48                                 |
| Classe 3      | 64                            | 96                                 |
| Classe 4      | 96                            | 128                                |
| Classe 5      | 128                           | 144                                |

Fonte: Trains Magazine (2006)

Já a AREMA (Figura 4) classifica as ferrovias de acordo com a densidade de tráfego Milhões de Toneladas Bruta-Anuais (MTBA) e da velocidade de operação dos trens.

Tabela 4 – Classificação das ferrovias pela AREMA.

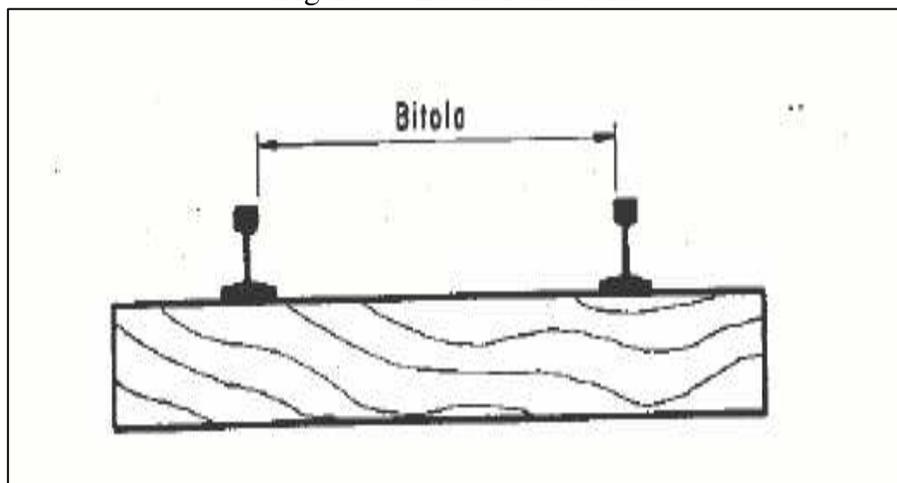
| Densidade do Tráfego (MTBA) | Velocidade (km/h) |           |          |      |
|-----------------------------|-------------------|-----------|----------|------|
|                             | > 160             | 120 - 160 | 80 - 120 | < 80 |
| > 15                        | A1                | B1        | C1       | D1   |
| 10 a 15                     | A2                | B2        | C2       | D2   |
| 5 a 10                      | A3                | B3        | C3       | D3   |
| < 5                         | A4                | B4        | C4       | D4   |

Fonte: Adaptado de Arema, 2006 apud Albuquerque 2015.

#### 4.4.8 Bitola

Bitola ferroviária é a distância entre as faces internas dos trilhos, medida 16 mm abaixo do topo do boleto, como é possível observar na Figura 8. Uma mesma ferrovia pode ter mais de um tipo de bitola, permitindo o tráfego de diferentes composições, o que caracteriza a bitola mista (PORTO, 2004).

Figura 8 – Bitola Ferroviária



Fonte: Brina (1988).

Na Conferência Internacional de Berna, em 1907, ficou oficialmente acordado que o seria adotada como “bitola internacional” a bitola de 1,435m. Apesar disso, muitas ferrovias ainda adotam outros tipos de bitolas. Acredita-se que essa bitola tenha sido adotada pois os primeiros trechos ferroviários no mundo possuíam composições que possuíam distância entre rodas que correspondiam a 1,435m (BRINA, 1988).

Segundo Brina (1988), o Brasil possui três tipos de bitolas mais usuais, sendo a bitola padrão adotada no país a de 1,60m, apesar de haver outras bitolas menores. As três bitolas mais usuais são:

- 1,00m – bitola métrica;
- 1,435m – bitola standard;
- 1,600m – bitola larga.

Para Albuquerque (2011), a escolha da bitola é um fator fundamental para definir alguns aspectos construtivos e operacionais da via. A bitola métrica tem a vantagem de reduzir o custo da construção da ferrovia, tornando-a mais barata pela possibilidade de uso de curvas com raios menores e também pela redução da largura da plataforma. Pode-se citar também economia de lastro, dormentes, material rodante e nas Obras de Arte. No entanto, as vias com bitola larga possuem capacidade de carga e velocidades de operação maiores. Porém para Brina (1988), esse dado comparativo não deve ser tomado como regra, pois existem ferrovias com bitola métrica com desempenho superior aos de bitola larga como é o caso da Estrada de Ferro de Vitória a Minas.

## 4.5 Interferências em projetos ferroviários

Durante a elaboração do projeto ferroviário, é necessário que se faça o levantamento das possíveis interferências no traçado, pois estas podem vir a impactar diretamente na escolha do melhor traçado e em algumas situações até mesmo inviabilizar o empreendimento.

Estas interferências podem impactar no custo final do empreendimento, assim como podem impactar na segurança do mesmo. As interferências no projeto podem ser: rodovias, propriedades privadas e aglomerados urbanos, áreas de proteção ambiental e corpos hídricos, terras indígenas e quilombolas, parques arqueológicos, etc.

### 4.5.1 Rodovias e vias públicas

Para as interferências com rodovias federais ou municipais, a Especificação de Projeto de Interferências da VALEC cita três tipos de travessias:

- a) Passagem em Nível – PN: quando a rodovia cruza a ferrovia no mesmo nível;
- b) Passagem Superior – PS: quando o cruzamento da rodovia é feito por cima da via férrea;
- c) Passagem Inferior – PI: quando o cruzamento da rodovia é feito por baixo da via férrea;

Estas travessias podem ser de caráter privado, quando se destinam ao uso de uma pessoa ou de caráter público, quando se destinam ao público. A norma da VALEC não permite implantar PNs em: pátios e desvios de cruzamento; via férrea com intervalo de tráfego inferior a 30 min e em vias de trânsito rápido.

De acordo com a VALEC, o Plano Funcional de Interferências deve ser desenvolvido de modo que se minimize o número de travessias e caso tenham algumas próximas, as mesmas devem ser remanejadas, a distância entre travessias não deve ser menor que o trem tipo acrescido de 50m. Na elaboração do Plano Funcional devem ser previstas a expansão da malha ferroviária e também a expansão urbana, que pode vir a gerar novas interferências ou impactar diretamente nas já existentes.

#### 4.5.2 Áreas Indígenas e Quilombolas

Em caso de interferência com terras indígenas, o órgão a ser consultado é a FUNAI e que vai elaborar o Termo de Referência a ser adotado para o licenciamento ambiental, assim como para avaliar os impactos que o empreendimento poderá causar nas áreas indígenas, além de apreciação da adequação das propostas de medidas de controle e mitigação decorrentes desses impactos. Segundo Portaria Interministerial nº 419, de 26 de outubro de 2011, o empreendedor deve informar sobre os possíveis impactos do empreendimento nas áreas indígenas e respeitar o limite de afastamento, que para as ferrovias é de 5 quilômetros (LUZ et al., 2015).

De acordo com a Portaria Interministerial 60, de 24 de março de 2015, que trata sobre quando há interferências que possam ocasionar impactos socioambientais em terras indígenas ou terras quilombolas, deve ser respeitado os mesmos 5 quilômetros acima citados e 10 quilômetros para áreas de Amazônia Legal, para empreendimentos ferroviários. Caso os limites pressupostos pela lei não possam ser cumpridos por peculiaridades do empreendimento e do local, tais limites podem ser alterados desde que haja acordo mútuo do empreendedor com os órgãos envolvidos. O Anexo I da respectiva Portaria cita ainda os afastamentos a serem respeitados para outras intervenções feitas nessas áreas conforme consta na Tabela 5.

Tabela 5 – Afastamento mínimo de áreas indígenas e quilombolas.

| Tipologia  | Distância (Km) |                |
|--|----------------|----------------|
|  | Amazônia Legal | Demais Regiões |
| Empreendimentos lineares (exceto rodovias)                   |                |                |
| Ferrovias  | 10 km          | 5 km           |
| Dutos  | 5 km           | 3 km           |
| Linhas de transmissão  | 8 km           | 5 km           |
| Rodovias   | 40 km          | 10 km          |
| Empreendimentos pontuais (portos, mineração e termelétricas) | 10 km          | 8 km           |
| Aproveitamentos hidrelétricos (UHEs e PCHs)                  | 40 km          | 15 km          |

Fonte: Adaptado de Brasil (2015)

### 4.5.3 Áreas de Preservação Permanente e Corpos Hídricos

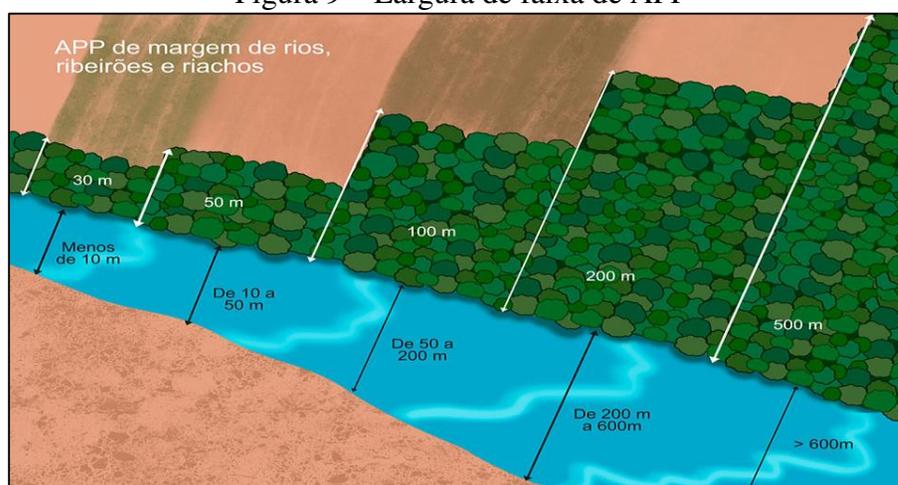
No que diz respeito às APPs, a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, considera as mesmas como sendo a faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, com largura mínima conforme se pode visualizar na Tabela 6 e Figura 9.

Tabela 6 – Largura da faixa de APP

| Largura da APP | Largura do curso d'água |
|----------------|-------------------------|
| 30 m           | Inferior a 10 m         |
| 50 m           | 10 a 50 m               |
| 100 m          | 50 a 200 m              |
| 200 m          | 200 a 600 m             |
| 500 m          | Acima de 600 m          |

Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

Figura 9 – Largura de faixa de APP



Fonte: Cartilha do Código Florestal, 2018.

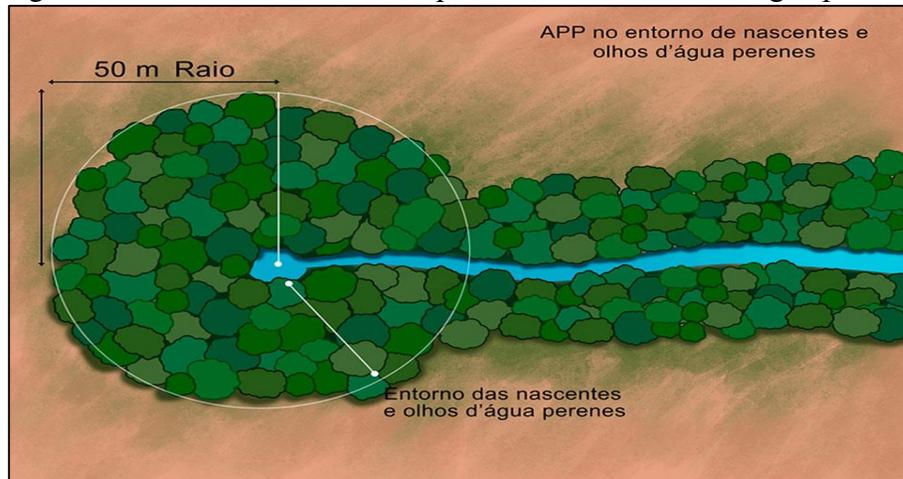
A lei citada anteriormente define ainda que as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, devem possuir largura mínima de:

- Em zonas rurais: largura mínima de 100m para o corpo d'água com até 20 ha de superfície, com superfície inferior a 20 há a faixa marginal será de 50m.
- Em zonas urbanas: 30m, independentemente do tamanho da superfície do curso d'água.

Vale ressaltar que para cursos d'água com superfície inferior a 1,0ha é dispensada uma largura mínima reservada a APP, entretanto é proibido sua supressão.

Para o caso de áreas no entorno de reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento dos cursos d'água, a faixa de APP será aquela definida pela licença ambiental do empreendimento. Caso estes reservatórios não decorram de barramento ou represamento, a lei não exige Área de Preservação Permanente no seu entorno. No caso de áreas no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, deve ser estabelecido um raio mínimo de 50m para a APP, como se pode visualizar na Figura 10; no caso de veredas e manguezais, deve ser considerado toda sua extensão (BRASIL, 2012).

Figura 10 – Raio mínimo de APP para nascentes e olhos d'água perenes



Fonte: Cartilha do Código Florestal, 2018.

Só poderão ocorrer supressões e intervenções em Áreas de Proteção Permanente se o empreendimento for de utilidade pública, houver interesse social ou o impacto ambiental destas ações for mínimo. O órgão responsável estabelecerá a emissão da autorização para intervenção ou supressão da APP, as medidas ecológicas, mitigadoras e compensatórias que deverão ser adotadas pelo empreendedor. Para os empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, as medidas ecológicas, de caráter mitigador e compensatório, não haverá prejuízo desde que esteja em conformidade com o art. 36, da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Tais medidas que visam a recuperação ou recomposição da APP, deverão ocorrer na mesma sub-bacia hidrográfica e de preferência na área de influência do empreendimento ou na cabeceira dos rios (BRASIL, 2006).

#### **4.5.4 Propriedades Privadas e Aglomerados Urbanos**

No que diz respeito às desapropriações, em caso de o empreendimento ser caracterizado como utilidade pública, todo o território pode ser desapropriado, seja pela União, pelos Estados, Municípios, Distrito Federal e Territórios. Tais desapropriações podem abranger a área adjacente necessária para o prosseguimento do empreendimento, e as zonas que irão se valorizar em função do empreendimento. A declaração de utilidade pública do empreendimento deverá compreender estas áreas, indicando as indispensáveis ao prosseguimento da obra e as que se destinarão à revenda (BRASIL, 1941).

## 5 ESTUDO DE CASO

### 5.1 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu na busca de dados disponíveis em livros nacional e internacionais, periódicos, teses de mestrados e doutorados, artigos científicos postados em bibliotecas digitais.

A área de estudo é a Ferrovia de Integração Centro-Oeste, nela será estudado as interferências mais relevantes que impactam no empreendimento e será proposto as alternativas de traçado visando a eliminação destas interferências. Os dados da ferrovia foram levantados em uma empresa concessionária do setor ferroviário no ano de 2018 por meio de avaliações do traçado na fase de projeto básico e relatórios técnicos do traçado definido pela ANTT em 2013. As alternativas apresentadas para solucionar a problemática, foram baseadas nas literaturas atuais, normas e legislação vigente.

Com os dados levantados, foi utilizado o *software* AutoCAD Civil 3D e Google Earth. O primeiro *software* foi utilizado para obter a topografia dos trechos da variante com base nas imagens SRTM; e para lançamento dos eixos projetados e existentes (traçado 2013 e traçado da FNS), confecção de planta e perfil das variantes em questão e estimativa dos volumes de terraplanagem; o Google Earth foi utilizado para verificar possíveis interferências do traçado.

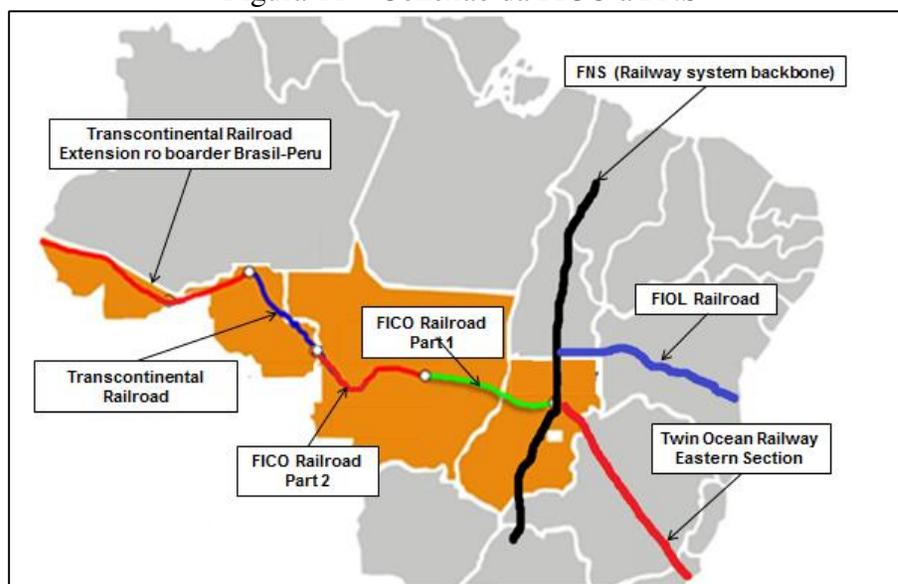
Para elaboração do mapa da Figura 13 foi utilizado o *software* QGis, com o auxílio do mapa do Google Terrain e os traçados em *shapefile* fornecidos pela empresa e pelo IBGE.

### 5.2 Área de Estudo

A ferrovia EF-354, ou Ferrovia de Integração Centro-Oeste, como mostra a Figura 11, segundo o Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), foi incluída no Plano de Viação pela Lei 11.772, de 17 de setembro de 2008, onde concedeu à VALEC a construção, uso e gozo da ferrovia e seus respectivos estudos fizeram parte do Plano de Investimento em Logística (PIL) do Governo Federal.

Esta ferrovia contempla 4.400 km de extensão, caracterizando-se como Ferrovia Transcontinental, onde o primeiro trecho do traçado e objeto deste estudo de caso, liga a cidade de Campinorte/GO à cidade de Água Boa/MT, com 383 km de extensão tendo seu início em uma alça sul de ligação com a Ferrovia Norte-Sul. O trecho completo liga Campinorte/GO a Lucas do Rio Verde/MT e possui 883,69 km de extensão. Esta ferrovia terá como principal demanda o transporte de grãos, entre eles a soja e o milho até os principais portos do país.

Figura 11 – Conexão da FICO à FNS



Fonte: Instituto de Obras Públicas - IOP (2016)

Segundo a VALEC (2017), a Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO) tem como objetivos:

- O estabelecimento de alternativas mais econômicas de para os fluxos de carga de longas distâncias;
- O favorecimento da multimodalidade;
- Interligação da malha ferroviária brasileira;
- Propor uma alternativa de escoamento de grãos e minério para as regiões Norte e Nordeste;
- Incentivar os investimentos para incrementar a produção e ainda modernizar os sistemas produtivos.

A ferrovia trará ainda os seguintes benefícios para a região e para o país:

- Irá proporcionar uma alternativa para o direcionamento de cargas para os portos do Norte e Nordeste, em especial aquelas produzidas em nos estados de Goiás, Mato Grosso e Rondônia, reduzindo o percurso e custo do transporte marítimo de grãos e minérios exportados para os portos do Oceano Atlântico, Europa, Oriente Médio e Ásia.
- Promover o aumento da produção agrícola da região, pois os mercados nacionais e internacionais terão melhores condições de acesso.
- Tornará possível e também estimulará a exploração de reservas minerais ainda pouco exploradas.

### **5.3 Parâmetros Técnicos-Constructivos do Projeto Básico**

A geometria do projeto básico de 2013 foi definida com base em estudos geotécnicos, geológicos, estudos de traçado e topográficos visando atender as premissas técnicas, econômicas e ambientais, visando a melhor operação da via. Além disso também se buscou a conformidade em parâmetros técnicos com a Ferrovia Norte-Sul, vale ressaltar que estes parâmetros seguiram a norma de Projeto Geométrico da VALEC, dentre os quais pode-se citar:

- Bitola Larga;
- Raio mínimo: 343,823m;
- Maior Rampa sentido importação: 1,45%;
- Maior Rampa sentido exportação: 0,6%;
- Trilhos: UIC-60.
- Dormentes monobloco de concreto com 2,80m de comprimento;
- Taxa de dormentação: 1670 unidades/km
- Altura do lastro: 30cm
- Declividade transversal da plataforma de terraplenagem: 3%;
- Largura de entrevista: 5,50m
- Largura de plataforma de corte e aterro em linha simples: 8,50m.

### 5.3.1 Tangentes e Curvas

No projeto geométrico apresentado em 2013, foram definidos os seguintes raios e transições, como é possível visualizar na Tabela 7.

Tabela 7 – Resumo projeto geométrico (traçado 2013)

| <b>Tipo</b>  | <b>Raio (m)</b> | <b>Lc (m)</b> | <b>Quantidade</b> |
|--------------|-----------------|---------------|-------------------|
| 1            | 343,823         | 200           | 2                 |
| 2            | 528,916         | 130           | 81                |
| 3            | 572,387         | 120           | 1                 |
| 4            | 572,987         | 120           | 2                 |
| 5            | 625,072         | 110           | 10                |
| 6            | 687,574         | 100           | 25                |
| 7            | 687,754         | 100           | 1                 |
| 8            | 763,966         | 90            | 1                 |
| 9            | 859,450         | 40            | 1                 |
| 10           | 859,456         | 80            | 17                |
| 11           | 982,23          | 70            | 6                 |
| 12           | 1145,93         | 60            | 14                |
| 13           | 1145,96         | 60            | 1                 |
| 14           | 1375,11         | 50            | 15                |
| 15           | 1375,88         | 50            | 3                 |
| 16           | 1718,88         | 40            | 12                |
| 17           | 2291,84         | 30            | 2                 |
| 18           | 2500,00         | ---           | 3                 |
| 19           | 3437,75         | ---           | 6                 |
| 20           | 4000,00         | ---           | 2                 |
| 21           | 4583,68         | ---           | 2                 |
| 22           | 5000,00         | ---           | 8                 |
| <b>Total</b> |                 |               | <b>215</b>        |

Fonte: O autor, 2018.

Com os raios adotados pelo projeto e também com os parâmetros das curvas horizontais e de transição, estimou-se a porcentagem de trecho em curva e trecho em tangente, presentes na Tabela 8.

Tabela 8 – Extensão em curva e tangente

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Extensão Total em Curvas</b>         | 135,12 km |
| <b>Extensão Total em Tangente</b>       | 247,88 km |
| <b>Percentual do Traçado em Curva</b>   | 35,28%    |
| <b>Percentual do Traçado em Tangent</b> | 64,72%    |

Fonte: O autor, 2018.

## 5.4 Interferências no Projeto Básico

Para o trecho em análise, foram identificadas duas interferências (principais), em relação ao projeto básico, a primeira corresponde ao segmento de ligação com a FNS na cidade de Campinorte/GO, caracterizando uma interferência técnica, por corresponder a um trecho em rampa acentuada e assim se tornando um limitador operacional, e a segunda interferência se dá por meio da passagem no entorno da cidade de Cocalinho/MT. Além das interferências citadas, pode-se incluir também cruzamentos com vias rodoviárias.

### 5.4.1 Aspecto Técnico

A região de Campinorte/GO, é caracterizada pela presença de morros e colinas, composto por serras escarpadas com topo convexo e alongado, formando morros e montanhas de rochas cristalinas com grande altitude. Este fator faz com que no início do segmento na região de Campinorte haja uma rampa sentido exportação de 1,45% de inclinação, diante dos estudos relacionados a tonelagem transportada e do trem-tipo (2 locomotivas e 80 vagões), totalizando aproximadamente 1,53km, que tráfegará na ferrovia, percebeu-se a necessidade de um *helper*<sup>1</sup>, caracterizando uma interferência técnica no projeto e tornando necessária uma reavaliação visando melhorias para fins de implantação e também operação. Nos demais trechos do projeto, foram adotados limites para as rampas de 0,6% no sentido exportação e 1% no sentido importação. Na Figura 12 tem-se o eixo da EF-354 em azul e a FNS em vermelho.

<sup>1</sup> Locomotiva adicional utilizada em aclives acentuados para auxiliar a composição a transpor o obstáculo.

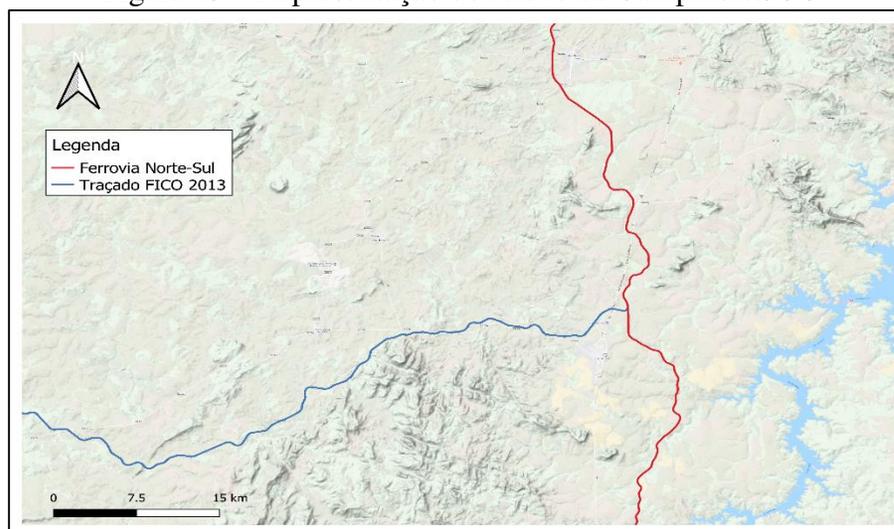
Figura 12 – Interseção da FICO com a FNS na região de Campinorte.



Fonte: O autor, 2018.

Analisando a topografia da região é possível analisar e confirmar o quão acentuado é o relevo da região de Campinorte/GO com a presença de um platô de grande extensão, que geram grandes movimentações de terra e também gerando rampas mais íngremes (Figura 13).

Figura 13 – Representação do relevo de Campinorte/GO



Fonte: O autor, 2018.

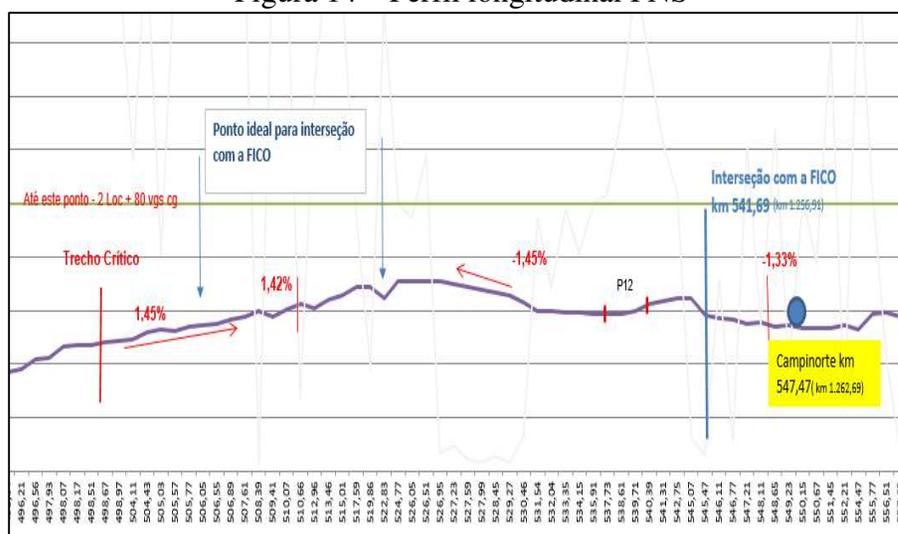
Como a EF-354 tem o objetivo de trazer as cargas gerais do Centro-Oeste até São Luís para exportação, por questões operacionais é mais conveniente reposicionar a interseção com Ferrovia Norte-Sul. De acordo com o projeto elaborado pela ANTT, a cidade de Campinorte está posicionada na cota de 514,203m e a solução para fugir dessa condição, seria a proposição de uma

variante buscando um ponto mais baixo de partida, de preferência que seja mais próximo à cidade de São Luís.

É possível analisar pelo perfil da FNS que é viável repositonar a interseção entre uma “zona ideal”, sendo favorecido por uma rampa de sentido contrário. O ponto encontrado, com o auxílio da carta topográfica, está situado a aproximadamente 28 km de Campinorte, sentido São Luís, aproximadamente na posição com cota aproximada de 476m.

No perfil da Figura 14, a cidade de São Luís está posicionada à esquerda, no sentido decrescente do estaqueamento e apresenta-se o trecho ideal para interseção da FICO com a FNS. As linhas horizontais delimitam as cotas do terreno e o eixo das ordenadas tem início na cota de 200m e espaçamento de 100m.

Figura 14 – Perfil longitudinal FNS

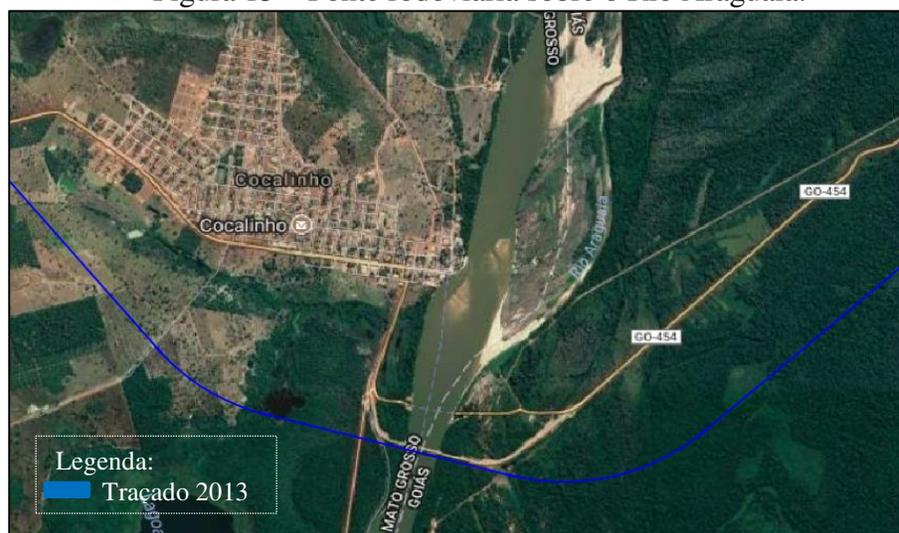


Fonte: VLI (2018)

## 5.4.2 Aspecto Socioambiental

Na cidade de Cocalinho/MT, estava prevista a implantação de uma ponte rodoferroviária sobre o Rio Araguaia, porém com indefinições sobre o projeto no decorrer do tempo, foi construída uma ponte rodoviária sobre o rio sendo necessário apenas uma ponte ferroviária (Figura 15).

Figura 15 – Ponte rodoviária sobre o Rio Araguaia.



Fonte: O autor.

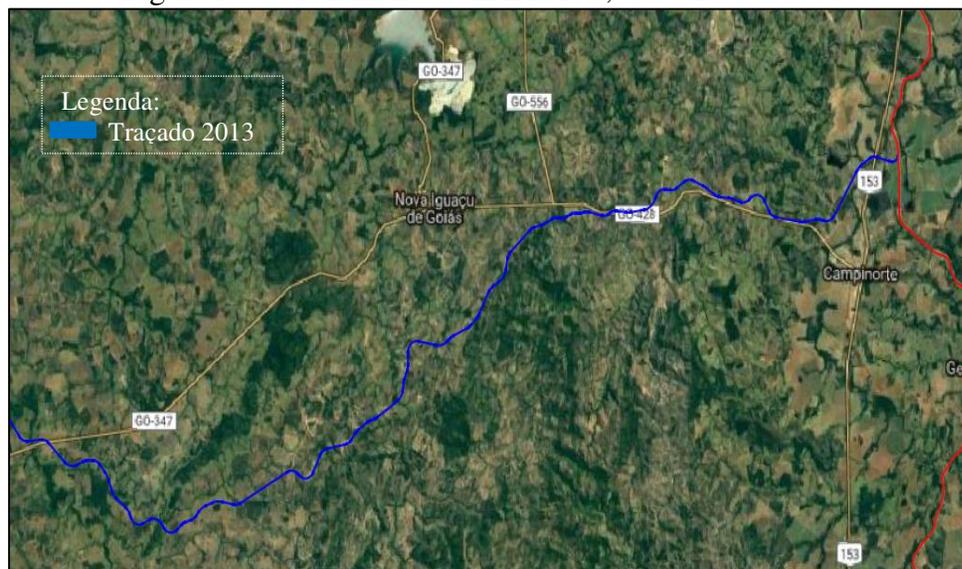
Na cidade de Cocalinho é onde se encontra a segunda interferência de grande impacto no projeto, pois o eixo contorna os limites do centro urbano, exigindo assim um grande número de desapropriações e necessitando de uma readequação do traçado para fugir do mesmo, o que também implica na mudança do trecho pois já existe uma ponte rodoviária sob o Rio Araguaia em conflito com o eixo definido no traçado inicial da FICO.

### 5.4.3 Rodovias

Apesar da existência de interferências com rodovias, não serão discutidas propostas para adequação do traçado. As rodovias que o traçado inicial da ferrovia cruza são:

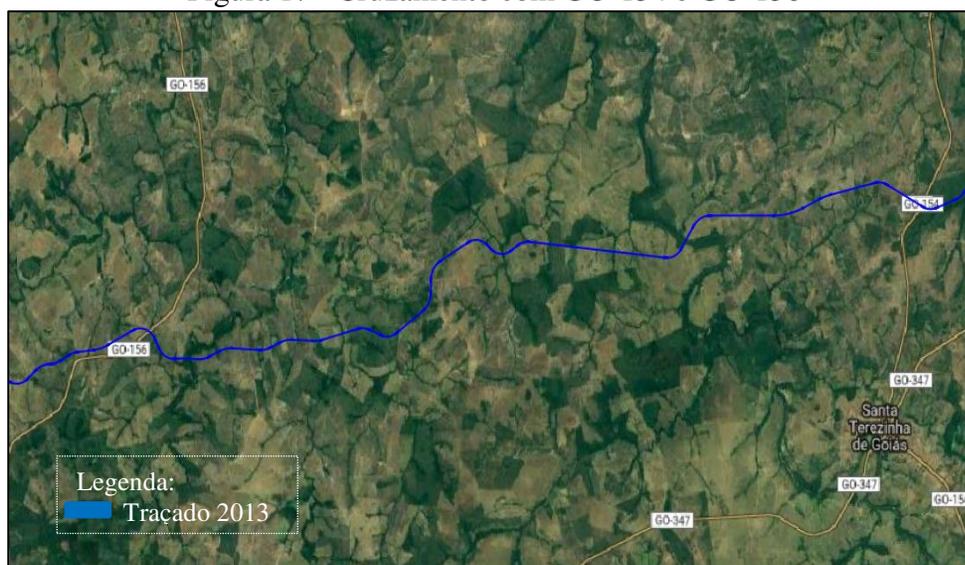
- Federais: BR-153; BR-158.
- Estaduais: GO-428; GO-347; GO-154; GO-156; GO-336; GO-164; GO-173; MT-326.

Figura 16 – Cruzamento com BR-153, GO-428 e GO-347



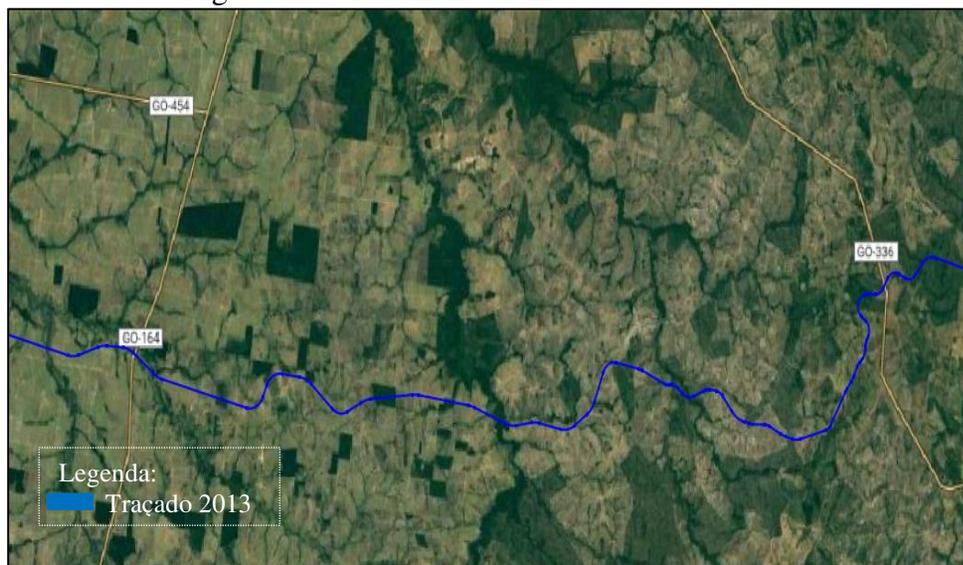
Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 17 - Cruzamento com GO-154 e GO-156



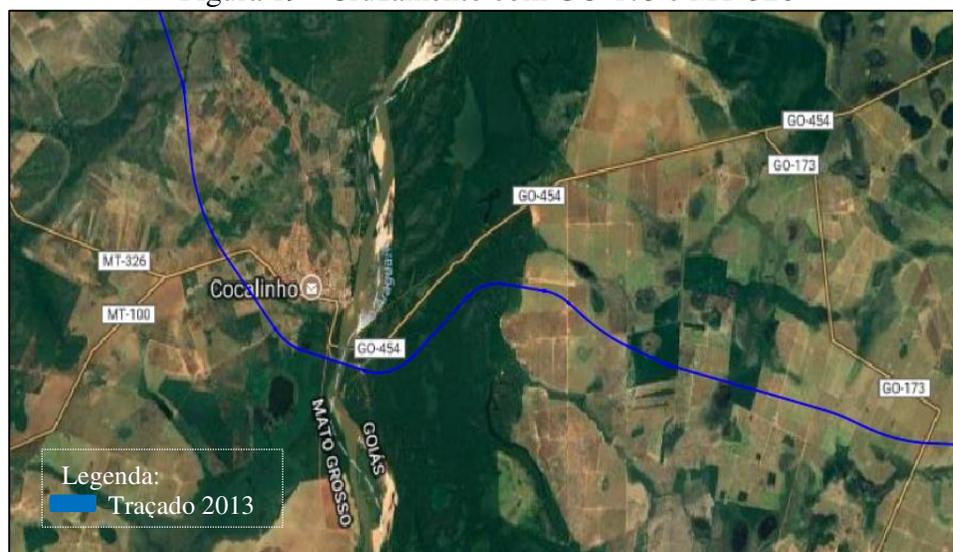
Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 18 - Cruzamento com GO-336 e GO-164



Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 19 - Cruzamento com GO-173 e MT-326



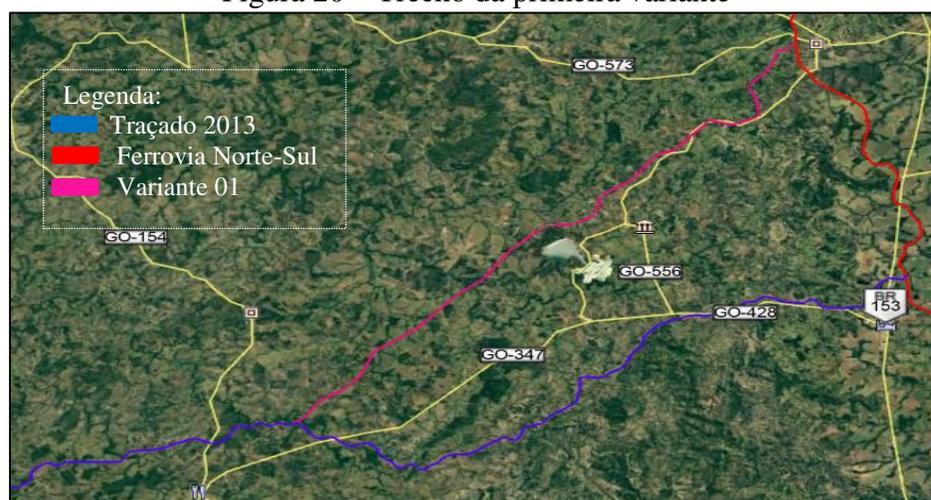
Fonte: Google Earth.

## 5.5 Adequação de Projeto – Aspectos Construtivos

O estaqueamento do anteprojeto de engenharia considera a cidade de Campinorte/GO o quilômetro inicial (0+000,00) e a cidade de Água Boa/MT como sendo o quilômetro final (383+000,00) do trecho em questão, totalizando uma extensão de 383,00 km.

A primeira variante inicia-se em um ponto aproximadamente a 28 km de Campinorte, no sentido São Luís, desviando da topografia acentuada da região e retornando ao traçado original no km 67+600, totalizando uma extensão de aproximadamente 66,32 km (Figura 20).

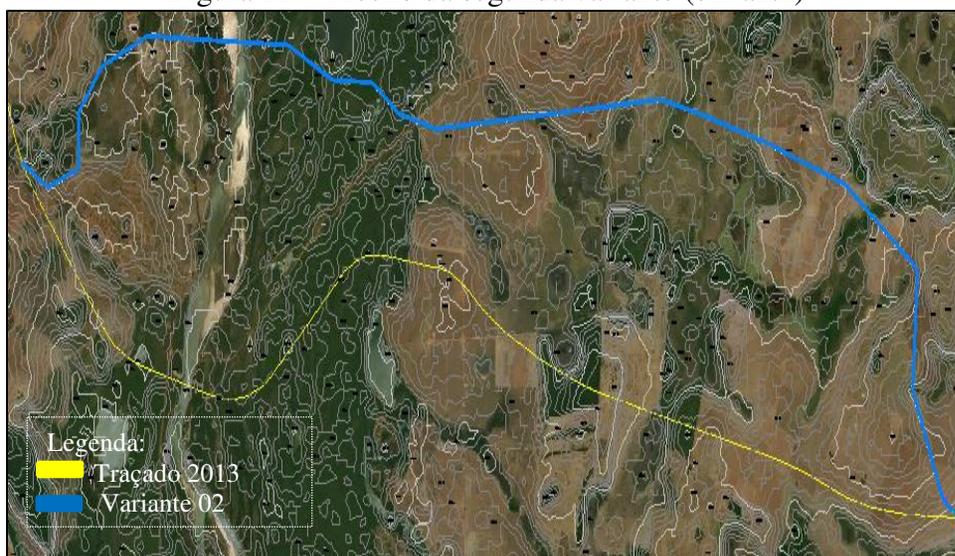
Figura 20 – Trecho da primeira variante



Fonte: O autor, 2018.

A segunda variante tem início do km 216+000 e retorna ao traçado original no km 238+350, totalizando uma extensão de aproximadamente 24,64 km (Figura 21).

Figura 21 – Trecho da segunda variante (em azul)



Fonte: O autor, 2018.

Desta forma, há uma redução de 1,28 km no trecho da primeira variante e na segunda há um acréscimo de 2,29 km, isso totaliza um acréscimo total do traçado de aproximadamente 1,01

km. Com isso há a necessidade fazer uma adequação do estaqueamento final do traçado. O ponto de partida permanecerá na quilometragem 0+000, o trecho onde se inicia a segunda variante da cidade de Cocalinho/GO se tornará o Km 214+720 e o ponto final do trecho, na cidade de Água/MT, deverá ser ajustado diante deste aumento para o Km 384+000 (Tabela 9).

Tabela 9 – Adequação da extensão dos traçados

|        | <b>Traçado 2013</b> | <b>Traçado com Variantes</b> |
|--------|---------------------|------------------------------|
| Início | 0+000,00 Km         | 0+000,00 Km                  |
| Fim    | 383+000,00 Km       | 384+000,00 Km                |

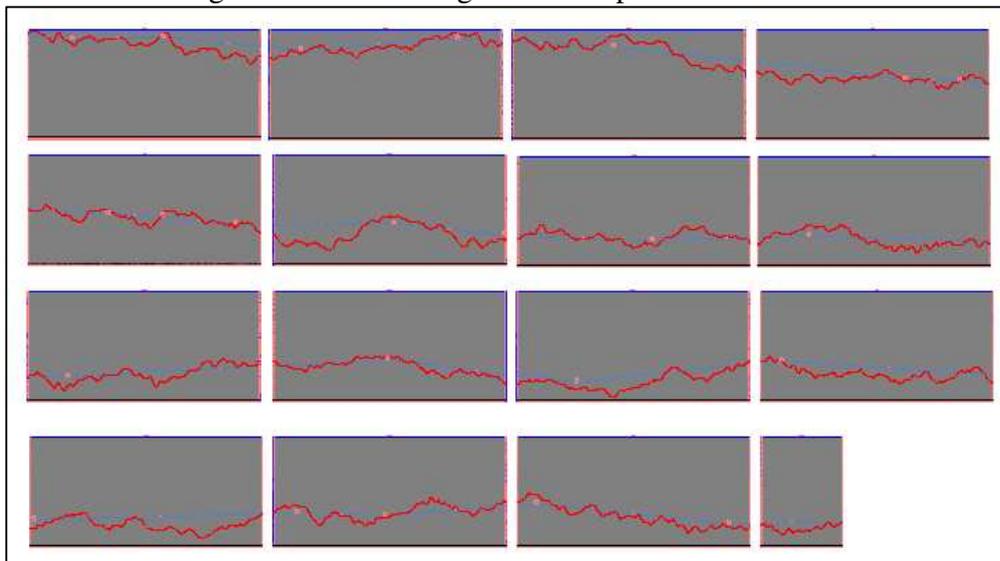
Fonte: O autor.

## 5.6 Traçado em planta e perfil

O traçado foi definido a partir da obtenção das curvas de nível por meio do SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission das duas regiões que possuem as interferências. Com isso foi possível gerar um Modelo Digital do Terreno – MDT e assim avaliar os melhores caminhos de passagem, respeitando as premissas de projeto e as rampas máximas previstas pela VALEC: 0,6%, 1,00% e 1,45%. Além disso buscou-se as cotas mais baixas nas regiões mais acentuadas, evitar corpos hídricos sempre que possível e interferências com rodovias.

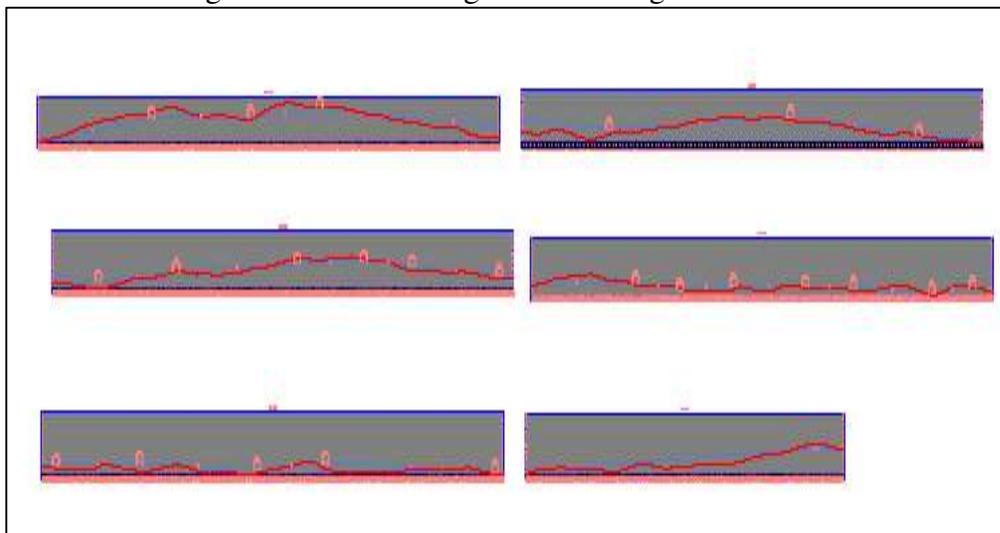
Com a definição do traçado em planta e com a topografia obtida pelas imagens SRTM, pode-se gerar o perfil do terreno natural e traçar o greide vertical das variantes (Figuras 22 e 23)

Figura 22 – Perfil longitudinal da primeira variante



Fonte: O autor, 2018.

Figura 23 – Perfil Longitudinal da segunda variante



Fonte: O autor, 2018.

## 5.7 Terraplenagem

O cálculo estimado do volume de corte e aterro foi feito com o auxílio do AutoCAD Civil 3D, para isso foram utilizados os estudos de traçado e também topográficos para tal estimativa (Tabela 10).

Tabela 10 – Volume de Terraplenagem nos trechos em questão

| Trecho      | Corte                       | Aterro                      |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Variante 01 | 1.405.665,72 m <sup>3</sup> | 3.325.873,73 m <sup>3</sup> |
| Variante 02 | 100.760,43 m <sup>3</sup>   | 141.843,08 m <sup>3</sup>   |

Fonte: O autor, 2018.

## 5.8 Resultados e Discussões

A primeira variante conceitual foi gerada a partir da análise dos pontos mais baixos e próximos a São Luís e utilizando como base os raios mínimos previstos pela VALEC de valor 343,823m e também foi buscado sempre seguir o contorno das curvas de nível, o curso dos rios e se possível de estradas, pois estes envolvem menores movimentações de terras e geralmente melhores caminhos de passagem. Esta variante obteve uma extensão total de 66,32 km até encontrar-se com o eixo ferroviário proposto anteriormente. A variante inicia-se em uma cota de aproximadamente 478m chegando a uma cota de aproximadamente 346,428m, valor obtido pelas curvas de nível geradas. Na interseção com a FNS é necessário um triângulo de reversão tal qual o projetado para a região de Campinorte/GO.

Elaborados os greides horizontais e verticais, obteve-se o seguinte resultado para as curvas verticais do projeto (Tabela 11):

Tabela 11 – Resumo das curvas verticais da primeira variante.

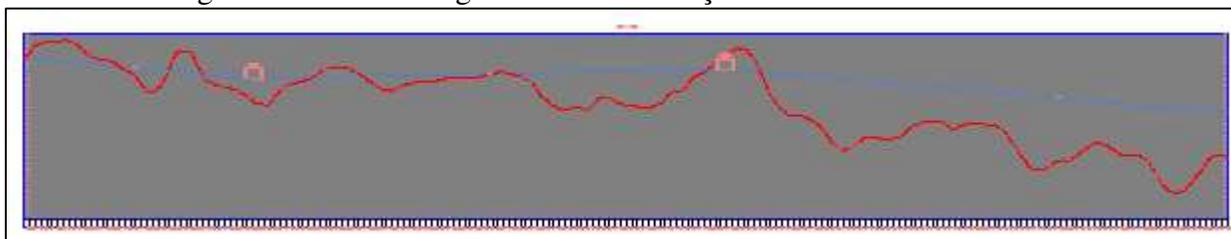
| PIV       | Cota PIV | i1     | i2     |
|-----------|----------|--------|--------|
| 0+000,00  | 478,000  | 0,00%  | -0,90% |
| 0+822,70  | 470,560  | -0,90% | 0,20%  |
| 2+516,85  | 474,000  | 0,20%  | -0,88% |
| 4+902,24  | 453,000  | -0,88% | 0,67%  |
| 7+810,17  | 472,380  | 0,67%  | -0,49% |
| 10+516,16 | 459,000  | -0,49% | -1,04% |
| 15+728,79 | 404,870  | -1,04% | -0,31% |
| 16+741,01 | 401,660  | -0,31% | -0,60% |
| 18+763,81 | 389,520  | -0,60% | -0,47% |
| 19+781,41 | 384,750  | -0,47% | -0,87% |
| 21+138,48 | 373,000  | -0,87% | 0,06%  |
| 23+846,87 | 374,650  | 0,06%  | -0,93% |
| 25+874,89 | 355,750  | -0,93% | -0,30% |
| 28+424,31 | 347,980  | -0,30% | 0,29%  |
| 31+201,19 | 356,000  | 0,29%  | -0,24% |
| 35+310,77 | 346,000  | -0,24% | 0,51%  |
| 41+013,48 | 374,860  | 0,51%  | 1,14%  |
| 44+326,92 | 337,000  | 1,14%  | 0,96%  |
| 47+917,31 | 371,420  | 0,96%  | -0,56% |
| 51+935,05 | 349,000  | -0,56% | 0,26%  |
| 56+609,16 | 361,000  | 0,26%  | -0,31% |
| 58+246,06 | 356,000  | -0,31% | 0,81%  |
| 60+851,57 | 377,000  | 0,81%  | -0,96% |
| 64+605,00 | 343,120  | -0,96% | 0,19%  |
| 66+331,01 | 346,428  | 0,19%  |        |

Fonte: O autor, 2018.

A maior rampa sentido importação é de 1,14%, localizada no Km 44+326, e a maior no sentido exportação é 1,04%, localizada no Km 10+516.

O perfil com a interseção com a Ferrovia Norte-Sul apresentou o seguinte resultado (Figura 24):

Figura 24 – Perfil Longitudinal na Interseção com a Ferrovia Norte-Sul

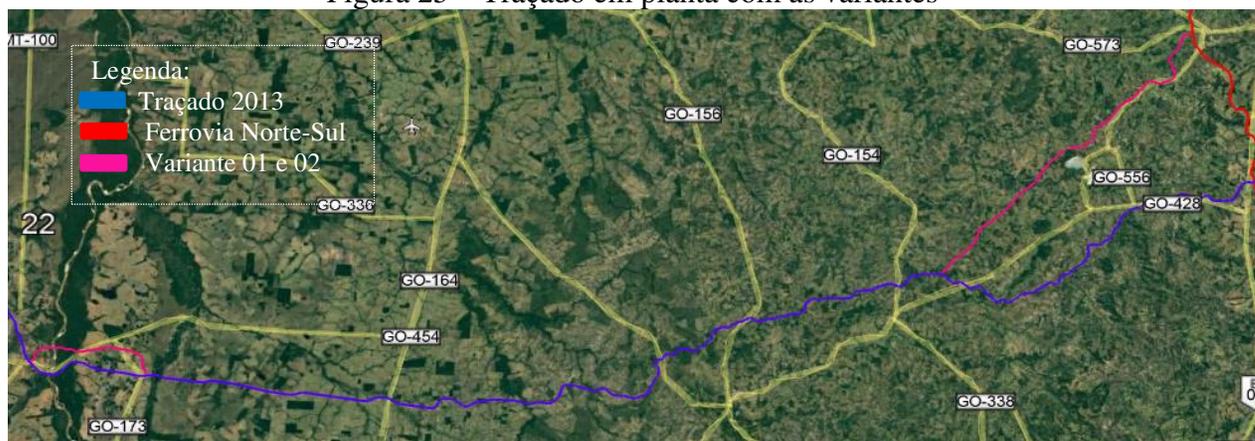


Fonte: O autor, 2018.

A segunda variante, na cidade de Cocalinho/MT, seguiu as mesmas premissas da primeira, buscando os cursos d'água e o percurso das rodovias. Como a topografia da região é mais favorável obteve-se um volume de movimentação de terras menor. Entretanto para a locação dessa variante, é necessário atentar-se para a posição da ponte, que deve passar o mais perpendicular possível sobre o rio, buscando reduzir sua extensão e também para a região da locação em si, por possuir muitas áreas alagadas torna-se um desafio a escolha da melhor posição, pois além da proteção necessária aos aterros nessas áreas, é interessante buscar a área de passagem com menor supressão vegetal.

Por se tratar de um grande rio navegável, de acordo com o Plano Nacional de Viação Interior, a OAE sobre o Rio Araguaia deve possuir um tirante de ar livre com altura mínima de 15m e a presença de vãos navegáveis. Com isso buscou-se um ponto de travessia com cotas semelhantes visando reduzir a altura dos aterros nos encontros, com isso alcançou-se pelas curvas de nível valores de cotas de aproximadamente 240m de altitude para os encontros. Os traçados das duas variantes estão descritos na (Figura 25).

Figura 25 – Traçado em planta com as variantes



Fonte: O auto, 2018.

Como é possível visualizar na Figura 25, a primeira variante passa a cortar uma rodovia estadual: GO-556 e no trecho da segunda variante são cortadas duas rodovias estaduais: GO-454 e GO-173.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão da malha ferroviária brasileira tem se mostrando um fator fundamental para o crescimento socioeconômico do país, principalmente após as concessões das malhas federais para a iniciativa privada que resultou no aumento dos investimentos no setor e também no volume de carga transportado.

Diante do aumento de demanda no volume transportado pelo setor ferroviário no Brasil, vê-se a necessidade de implantações de ferrovias eficientes que tenham o objetivo de aumentar a integração multimodal e facilitar o escoamento da produção e transporte de passageiros.

Neste quesito enquadra-se a Ferrovia de Integração Centro-Oeste, ou EF-354, pois sua implantação é de grande importância para o cenário nacional diante dos benefícios que esta pode vir a trazer para a economia do país e também para a sociedade. A readequação de interefências só tem a trazer pontos positivos para a operação ferroviária.

Apesar das elevadas movimentações no primeiro trecho e também do crescimento em 1km do traçado, foi possível evitar o gargalo operacional causado pela rampa de 1,45% que necessitava de um *helper* quando carregado para vencê-la, mostrando que é possível traçar um novo ponto de partida para evitar tal gargalo e que seja mais próximo do porto, localizado em São Luís/MA.

A segunda variante mostrou que é possível fugir da travessia do centro urbano da cidade de Cocalinho/MT e também realocar a posição da Ponte sobre o Rio Araguaia, buscando lugares de melhor passagem que evitem supressões vegetais muito grandes e que cortem a menor extensão do rio, porque desta forma a Obra de Arte Especial terá uma extensão menor. Com a relocação da passagem do eixo da ferrovia, que poderia limitar o crescimento da cidade ou confinar a ferrovia no centro urbano da mesma, o novo ponto de passagem soluciona esta interferência.

Entretanto para maior refino do projeto é necessária continuação do mesmo e maior precisão dos estudos, para isso é necessário a realização de: levantamento topográfico da região, estudos geotécnicos, estudos hidrológicos, para verificar as áreas alagadas, cotas de máxima cheia dos rios e vazões de contribuição que são necessários para estimar extensão e altura das pontes e também dimensionamento dos dispositivos de drenagem.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Samuel Menezes. **Ferrovias: Aspectos Técnicos de Projeto**. 2011. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2011.

ALBUQUERQUE, S.M. (2015). **Modelagem de alternativas de traçado de ferrovias com uso de ferramentas de SIG e parâmetros Geoambientais**. 2015. 188 f. Dissertação (mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ANTF. **Informações gerais**. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>. Acesso em: 04 set. 2018.

ANTF. **Balanco do transporte ferroviário de cargas 2014**. Disponível em: <<http://www2.antf.org.br/antf/images/2015/informacoes-do-setor/numeros/balanco-do-transporte-ferroviario-de-2014-v130815.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

ANTT. **Institucional**. 2018. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/institucional/index.html>>. Acesso em: 06 out. 2018.

ANTT. **Concessões ferroviárias**. 2017. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/concessoes\\_ferrovias.html](http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/concessoes_ferrovias.html)>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ANTT. **Transporte ferroviário**. 2000. Disponível em: <<http://appweb2.antt.gov.br/carga/ferroviario/ferroviario.asp>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ARTIA. **Ciclo de Vida de Projetos**. Disponível em: <<https://artia.com/blog/ciclo-de-vida-de-projetos/>>. Acesso em: 18 out. 2018.

BRASIL. **Expansão ferroviária é estratégica para retomada do crescimento**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2015/06/expansao-ferroviaria-e-estrategica-para-retomada-do-crescimento>>. Acesso em: 01 de junho de 2018.

BRASIL. **Centro-oeste produz 42% da safra de grãos e é o principal pólo agrícola do país**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/centro-oeste-produz-42-da-safra-de-graos-e-e-o-principal-polo-agricola-do-pais>>. Acesso em: 05 de setembro de 2018.

BRASIL. **Iphan é responsável por preservar, divulgar e fiscalizar os bens culturais brasileiros**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/cultura/2009/11/iphane-responsavel-por-preservar-divulgar-e-fiscalizar-os-bens-culturais-brasileiros>>. Acesso em: 16 de outubro de 2018.

BRASIL. **Resolução Conama N° 369, de 28 de março de 2006**. República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 2006.

BRASIL. **Decreto-Lei N° 3.365, de 21 de junho de 1941.** República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1941.

BRASIL. **Lei N° 8.666, de 21 de junho de 1993.** República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1993.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** República Federativa do Brasil, Brasília, DF: Senado, 2012.

BRINA, Helvécio Lapertosa. **Estradas de ferro 1.** 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1988.

CARTILHA DO CÓDIGO FLORESTAL. **Áreas de preservação permanente.** Disponível em: <[http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/app-localizacao-e-limites\\_protecao-conservacao-dos-solos-manutencao-da-recarga-hidrica.html](http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/app-localizacao-e-limites_protecao-conservacao-dos-solos-manutencao-da-recarga-hidrica.html)>. Acesso em: 21 out. 2018.

CONSTRUÇÃO MERCADO. **Obras ferroviárias.** Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/107/obras-ferroviarias-construcao-de-21-mil-km-de-estradas-283769-1.aspx>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

DNIT. **Histórico.** Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

EXAME. **Um terço dos trilhos ferroviários do brasil está abandonado.** Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/um-terco-dos-trilhos-ferroviarios-do-brasil-esta-abandonado/>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

FICI, Ricardo Petrillo. **O sistema ferroviário mundial: o caso brasileiro.** São paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-02022018-153134/pt-br.php>>. Acesso em: 19 de agosto 2018.

FILHO, Glauco Pontes. **Estradas de rodagem: projeto geométrico.** São Carlos: G. Pontes Filho, 1998.

FUNAI. **Quem somos.** 2014. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/quem-somos>>. Acesso em: 16 out. 2018.

GOMES, Monique Martins. **Método expedito de análise de novos traçados de ferrovias para o transporte de cargas.** 2011. 191f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

HOZUMI, C.R. J.; SOARES, C. A. P.; BROCHADO, M. R. (2006) **Processos de Gerenciamento de Projetos de Engenharia com Padrão PMI:** Eficácia de sua Aplicação, In.: XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2016.

IPHAN. **História das Ferrovias no Brasil**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/609>>. Acesso em: 11 set. 2018.

IPHAN. **O Iphan**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/872>>. Acesso em: 16 out. 2018.

LANG, A.E.. **As ferrovias no brasil e avaliação econômica de projetos: uma aplicação em projetos ferroviários**. 2007. 166f. Dissertação (Mestrado em Transportes) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

DA LUZ, Cristhyano Cavali et al. **CRITÉRIOS PARA READEQUAÇÃO DE UM TRAÇADO FERROVIÁRIO VISANDO A ELIMINAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS COM TERRAS INDÍGENAS**. *Revista Técnico-Científica*, v. 1, n. 3, 2015.

KUSSANO, M.R. **Proposta de modelo de estrutura de custo logística do escoamento de soja brasileira para o mercado externo: O caso do Mato Grosso**. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2010.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **Órgãos Vinculados**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/institucional/orgaos-vinculados.html>>. Acesso em: 04 out. 2018.

MPSP. **Guia de gestão de projetos do MPSP**. Disponível em: <[http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/centro\\_de\\_gestao\\_estrategica/gestao\\_de\\_projetos/manual%20de%20gest%c3%a3o%20de%20projetos%20mpsp%20atual%2001082018\\_1.pdf](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/centro_de_gestao_estrategica/gestao_de_projetos/manual%20de%20gest%c3%a3o%20de%20projetos%20mpsp%20atual%2001082018_1.pdf)>. Acesso em: 05 de outubro de 2018.

NABAIS, Rui José Da Silva. **Manual Básico de Engenharia Ferroviária**. 1 ed. [S.L.]: Oficina de Textos, 2014.

NETTO, Jerônimo Miranda; MOURA, Paulino Rodrigues De; FERREIRA, Roque José. **País desenvolvido com ferrovias: ponto de vista dos trabalhadores**. São Paulo, abril de 2012. Disponível em: <<http://www.sindiferro.org.br/wp-content/uploads/2012/04/pa%c3%8ds-desenvolvido-com-ferrovias-ponto-de-vista-dos-trabalhadores.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

PACHECO, L. M. et al. **Gerenciamento de Projetos na Construção Civil: Gestão pela Qualidade**. In.: XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse – Responsabilidade Social Aplicada, Rio de Janeiro, 2016.

PORTO, Telmo Giolito. **Gestão de projetos ferroviários exige harmonia entre disciplinas**. [2018]. S.L. Entrevista concedida a Redação AECweb / e-Consturmarket.

PORTO, Telmo Giolito. **PTR 2501–FERROVIAS**. São Paulo: POLI-USP (Departamento de Engenharia de Transportes), 2004.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PMBOK. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. PMI, 2013.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. 2 ed. São Carlos: Rima, 2004.

SANTOS, J.V. **Gestão de projetos de infraestrutura ferroviária: a dinâmica das ações preliminares**. 2012. 99f. Dissertação (Mestrado em Transportes). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, - Universidade de Brasília, DF, 2012.

SILVA, Leonardo A. **A contribuição para a melhoria do processo de análise dos dados coletados na inspeção de via da MRS**. 2006. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso de Transporte Ferroviário de Cargas (Especialização) – Instituto Militar de Engenharia, 2006.

SOETHE CURSINO ENGENHARIA. **Superelevação**. Disponível em: <<http://www.soethecurso.com.br/ead/superelevacao/>>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

STECH, Pedro Henrique. **Parâmetros do projeto geométrico para trens de passageiros de alta velocidade e longo percurso**. 2012. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STUPELLO, Bruno. **Perspectiva de desenvolvimento da infraestrutura de transportes de escoamento da produção agrícola da região Centro-Oeste do Brasil: um exercício de planejamento estratégico de transportes**. 2011. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

TRAINS MAGAZINE. **Track classifications**. Disponível em: <<http://trn.trains.com/railroads/abcs-of-railroading/2006/05/track-classifications>>. Acesso em: 11 de outubro de 2018.

VALE. **Qual a importância das ferrovias para o desenvolvimento socioeconômico?**. Disponível em: <<http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/news/paginas/qual-a-importancia-das-ferrovias-para-o-desenvolvimento-socioeconomico-de-um-pais.aspx>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

VALEC. **Quem Somos**. Disponível em: <<http://www.valec.gov.br/a-valec/institucional/quem-somos>>. Acesso em: 06 out. 2018.

VALEC. **Superelevação em Curvas Ferroviárias**. Disponível em: <[http://www.valec.gov.br/documentos/normativos\\_tecnicos/especificacoes\\_de\\_projeto/Supereleva%C3%A7%C3%A3o%20em%20curvas%20ferrovi%C3%A1rias%20-%2080-EG-000A-18-0001%20Rev2.pdf](http://www.valec.gov.br/documentos/normativos_tecnicos/especificacoes_de_projeto/Supereleva%C3%A7%C3%A3o%20em%20curvas%20ferrovi%C3%A1rias%20-%2080-EG-000A-18-0001%20Rev2.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

VALEC. **Projeto Geométrico**. 2011. Disponível em: <[http://www.valec.gov.br/documentos/normativos\\_tecnicos/especificacoes\\_de\\_projeto/Projeto%20geom%C3%A9trico%20-%2080-EG-000A-17-0000%20Rev1.pdf](http://www.valec.gov.br/documentos/normativos_tecnicos/especificacoes_de_projeto/Projeto%20geom%C3%A9trico%20-%2080-EG-000A-17-0000%20Rev1.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

VALEC. **Ferrovias Transcontinentais**. Disponível em: <<http://valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-transcontinental/a-ferrovia-transcontinental>>. Acesso em: 22 out. 2018.