



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

PAULIANA GOMES DA SILVA

**DUPLICAÇÃO DE RODOVIA – UM ESTUDO ACERCA DA ESSENCIALIDADE E
EFICIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE IRACEMA-CE.**

PAU DOS FERROS - RN

2020

PAULIANA GOMES DA SILVA

**DUPLICAÇÃO DE RODOVIA – UM ESTUDO ACERCA DA ESSENCIALIDADE E
EFICIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE IRACEMA-CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Me. Fabíola Luana Maia Rocha – UFERSA

Coorientadora: Prof^a. Me. Marília Cavalcanti Santiago - UFERSA

PAU DOS FERROS - RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

586d

Silva, Pauliana Gomes da.

DUPLICAÇÃO DE RODOVIA - UM ESTUDO ACERCA DA
ESSENCIALIDADE E EFICIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE IRACEMA-CE / Pauliana Gomes da
Silva. - 2020.

67 f. : il.

Orientadora: Fabíola Luana Maia Rocha .

Coorientadora: Marília Cavalcanti Santiago .

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

1. Duplicação de Rodovia. 2. Infraestrutura. 3.
Transporte Rodoviário. 4. Eficiência. I. Rocha ,
Fabíola Luana Maia, orient. II. Santiago , Marília
Cavalcanti, co-orient. III. Título.

PAULIANA GOMES DA SILVA

**DUPLICAÇÃO DE RODOVIA – UM ESTUDO ACERCA DA ESSENCIALIDADE E
EFICIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE IRACEMA-CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

APROVADO EM: 12/12/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Me. Fabíola Luana Maia Rocha – UFERSA (orientadora)
Presidente

Prof^a. Me. Marília Cavalcanti Santiago - UFERSA (coorientadora)
Primeiro Membro

Prof. Esp. José Henrique Maciel de Queiroz - UFERSA
Segundo Membro

Aos meus avós maternos José Vieira (In Memoriam) e Francisca Alves e aos meus avós paternos, Antônio Gomes (In Memoriam), e Maria das Dores (In Memoriam).

Aos meus pais Valdimiro Gomes e Vanja Vieira que sempre me apoiam e são meu exemplo de força, determinação e coragem. A minha filha Layla, minha fonte de alegria, amor e paz. A meu esposo Leandro por toda a paciência e parceria.

Engenharia Civil não é sobre construir coisas, mas sim, executar sonhos. Este trabalho marca a realização do meu sonho para que eu possa iniciar uma nova história concretizando os sonhos de outras pessoas.

COM AMOR, Dedico a todos que estiveram ao meu lado nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pelo dom da vida, sendo meu alicerce e meu fiel guardador.

Agradeço à minha família, por acreditarem no meu potencial e acreditar que esse dia chegaria, entendendo a minha ausência, meu estresse em diversos momentos e sendo acima de tudo meus parceiros nessa luta diária. Em especial a meus Pais Valdimiro Gomes e Vanja Vieira por serem a base de todos os meus princípios e valores, por me acompanharem e nunca soltarem a minha mão. A minha filha Layla por ser meu tudo, minha companheira, minha inspiração e minha fonte de determinação, amor e coragem. Ao meu esposo Leandro Rocha por todo companheirismo, paciência, amor e compreensão. A minha irmã Paloma Gomes por sempre estar comigo e enfrentar as diversas situações ao meu lado. As minhas sobrinhas Pamela e Julieta por estarem em minha vida. A minha avó Francisca por ser meu manto de sabedoria e respeito. Amo todos vocês.

Agradeço aos meus amigos por toda ajuda e sempre estarem ao meu lado.

Agradeço aos mestres que ensinaram e compartilharam todo o seu conhecimento para que se tornássemos grandes profissionais. Em especial, a Prof^a. Me. Fabíola Luana Maia Rocha, por todos os ensinamentos e contribuição ao longo desse trabalho, pela paciência e dedicação.

Agradeço Prof^a. Me. Marília Cavalcanti Santiago e ao Prof. Esp. José Henrique Maciel de Queiroz, por agregar mais conhecimento neste trabalho.

Agradeço a empresa Pirâmides por me tornar um ser humano melhor e mais capacitada.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido por ter me dado a chance de realizar meu sonho e crescer como pessoa e profissional.

RESUMO

Os meios de transportes são essenciais para o deslocamento de pessoas de um lugar para outro, incluindo os diversos tipos: viários, terrestres e aquáticos. Neste trabalho foi analisado o transporte terrestre, mais especificamente o rodoviário, buscando ter uma visão geral da engenharia rodoviária presente em uma duplicação de rodovia de 680 metros na cidade de Iracema - CE, objetivando analisar a rodovia duplicada no que tange a sua infraestrutura, execução, eficiência e essencialidade. Para isso foi necessário entender como está estruturada a engenharia rodoviária para cidades de pequeno porte e quais os parâmetros para a implantação de uma duplicação em uma travessia urbana. Além disso, foi imprescindível a caracterização das etapas de projeto e execução para a concretização de uma rodovia. Para alcançar esta finalidade foram caracterizados todos os projetos realizados para a duplicação e verificados quais os impactos da sua realização para sociedade. Para o levantamento de dados de fonte primária foram realizadas visitas “in loco” na rodovia, entrevistas com os moradores da cidade e reuniões com a prefeitura municipal. As fontes secundárias tiveram como base fonte bibliográficas como livros, revistas eletrônicas, periódicos, sites, teses e dissertações, artigos, monografias, entre outros. Na caracterização da execução da rodovia detectou-se uma eficiência quanto ao traçado da duplicação da rodovia e uma ineficiência na estrutura do pavimento com uma deterioração acentuada. Na infraestrutura especificou-se todos os elementos drenantes que há na rodovia e constatou-se a sua inadequação para obedecer aos critérios ao qual foram projetados, além de verificar que os dispositivos de obras de artes especiais drenam a água de forma adequada. Quanto a essencialidade e eficiência foi diagnosticado que atendem as necessidades do tráfego e da população da cidade. Portanto, o trabalho identificou todos os parâmetros necessários para a implantação de uma duplicação de rodovia.

Palavras-chaves: Duplicação de Rodovia. Infraestrutura. Transporte Rodoviário. Eficiência.

ABSTRACT

The modes of transport are essential for the displacement of people from one place to another, by including the various types: road, aquatic and terrestrial. In this study, land transport will be analyzed, more specifically road transport, seeking to have an overview of road engineering present in a duplication of 680 meters of road in the city of Iracema - CE, aiming to analyze the duplicated highway in terms of its infrastructure, execution, efficiency and essentiality. For that, it was necessary to understand how road engineering is structured for small cities and what are the parameters for implementing a duplication in an urban crossing. In addition, it was essential to characterize the design and execution stages for the completion of a highway. To achieve this purpose, all the projects carried out for highway duplication projects were characterized and the impacts of their realization on society were verified. For the survey of data from primary sources, visits were made “in loco” on the highway, interviews with city residents and meetings with the city hall. The secondary sources were based on bibliographic sources such as books, electronic journals, periodicals, websites, theses and dissertations, articles, monographs, among others. In the characterization of the execution of the highway, it was detected an efficiency regarding the duplication layout and an inefficiency in the pavement structure with a marked degradation. In the infrastructure, all the drainage elements on the highway were specified and it was found to be inadequate to comply with the criteria to which they were designed, in addition to verifying that the devices of special arts works drain the water properly. As for essentiality and efficiency, it was diagnosed as meeting the needs of traffic and the population of the city. Therefore, this study identified all the parameters necessary for the implementation of a highway duplication.

Keywords: Highway Duplication. Infrastructure. Road Transport. Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização do Iracema no estado do Ceará.....	26
Figura 02: Cidades vizinhas a Iracema.....	27
Figura 03: Cidade de Iracema CE.....	28
Figura 04: Configuração da via antes da duplicação.....	29
Figura 05: Duplicação da estrada na cidade de Iracema – CE.....	30
Figura 06: Corte em projeto da pista da rodovia que já existia.....	32
Figura 07: Corte em projeto da pista que foi implantada.....	33
Figura 08: Trecho da rodovia da CE-138 duplicada de Iracema – CE em dezembro de 2020.....	34
Figura 09: Esquema em planta da sinalização do primeiro trecho da via.....	36
Figura 10: Radar de monitoramento de velocidade.....	37
Figura 11: Esquema em planta da sinalização do segundo trecho da via.....	37
Figura 12: Placa indicativa de velocidade e passagem de pedestres.....	38
Figura 13: Placa indicando fim da pista dupla.....	39
Figura 14: Sentido dos fluxos da pista que já existia.....	40
Figura 15: Sentido dos fluxos da rodovia implantada de mão dupla.....	41
Figura 16: Perfil da estrada para duplicação.....	43
Figura 17: Detalhamento da área de terraplanagem.....	44
Figura 18: Formato de descidas d'água.....	45
Figura 19: descida d'água da duplicação de Iracema.....	46
Figura 20: Saída de água executada da rodovia.....	47
Figura 21: Banqueta localizada na duplicação (esquema de projeto).....	47
Figura 22: Banqueta e meio fio da rodovia.. ..	48
Figura 23: Galeria de água.....	49
Figura 24: Bueiro da duplicação de Iracema.....	50
Figura 25: Esquema em projeto das pontes.....	51
Figura 26: Ponte da rodovia.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Velocidades de operação de uma rodovia.....	38
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Qualidade do pavimento atualmente.....	35
Gráfico 02: Respostas dos habitantes da Cidade de Iracema-CE sobre a eficiência da drenagem da duplicação da via.....	52
Gráfico 03: Respostas dos participantes da pesquisa sobre a drenagem da rodovia de Iracema-CE, após chuvas.....	52
Gráfico 04: Qualidade do tráfego antes da duplicação.....	54
Gráfico 05: Qualidade do tráfego depois da duplicação.....	54
Gráfico 06: Essencialidade da via dupla.....	55
Gráfico 07: Eficiência da via dupla.....	55
Gráfico 08: Acidentes antes da implantação da mão dupla na rodovia.....	56
Gráfico 09: Acidentes depois da implantação da mão dupla na rodovia.....	57
Gráfico 10: Comparação dos acidentes antes e depois da via dupla da rodovia.....	57

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BSCC	Bueiro Simples Celular de Concreto
BSTC	Bueiro Simples Tubular de Concreto
CE	Ceará
CNT	Confederação Nacional de Transportes
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra Estrutura e Transporte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PRF	Polícia Federal Rodoviária
RN	Rio Grande do Norte
SP	São Paulo
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICO, ECONÔMICA E AMBIENTAL DE RODOVIAS	15
2.2. PROJETO DE RODOVIAS.....	16
2.3. PROJETO EXECUTIVO DE UMA RODOVIA.....	22
3. METODOLOGIA	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. CONFIGURAÇÃO DA RODOVIA EXISTENTE ANTES DA DUPLICAÇÃO	29
4.2. CONFIGURAÇÃO DA RODOVIA EXISTENTE DEPOIS DA DUPLICAÇÃO.....	30
4.3. INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA	31
4.3.1. Projeto geometrico da rodovia	31
4.3.2. Sinalização da rodovia	36
4.4.EXECUÇÃO DA RODOVIA	42
4.4.1. Terraplanagem da rodovia.....	42
4.4.2. Drenagem da rodovia.....	44
4.4.3. Obras de artes especiais.....	49
4.4.4. Eficiência dos elementos drenantes	51
4.5. ANÁLISE DA ESSENCIALIDADE E EFICIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA.....	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
5. 1. TRABALHOS FUTUROS.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXO A	63

1. INTRODUÇÃO

Segundo Freire (2003) a partir de 1960 o Brasil vivenciou uma mudança no cenário econômico, favorecendo o avanço das cidades de pequeno e médio porte, corroborando com o desenvolvimento e investimento na infraestrutura do sistema rodoviário do país, ocasionando, conseqüentemente, aumento no uso de transportes atrelado à implementação da indústria automobilística.

Tavares (2015, p.11) destaca que nessa fase o “crescimento da malha rodoviária criou corredores estratégicos de transporte, favorecendo o crescimento socioeconômico das regiões, à medida que motivava a dinamização do comércio, de produtos e serviços”. O crescimento da população com a expansão industrial e conseqüentemente um maior fluxo populacional para a zona urbana, levaram à um crescimento linear às margens e ao longo das rodovias (FREIRE, 2003).

Esse crescimento surgido nas zonas urbanas aconteceu de forma desordenada e sem planejamento, o que levou a obrigatoriedade de um plano diretor em cidades que tenham mais de 20.000 habitantes estabelecido na constituição brasileira de 1988, artigo 182. Por outro lado, cidades com população inferior a esse limite não tem obrigatoriedade de um plano diretor, favorecendo o crescimento de forma inadequada, criando travessias urbanas, que se transformam em barreiras, dividindo cidades (TAVARES, 2015).

As barreiras criadas pelas travessias urbanas podem ser vistas sob pontos diferentes e perspectivas distintas, ou seja, perspectivas positivas para uns ou negativos para outros. Um exemplo disso é considerar essas barreiras como benefício para a melhoria de locomoção de um ponto a outro da cidade. Por outro lado, quando se consideram diversas desapropriações de residências localizadas as margens da rodovia, na visão daquela população que será desabrigada, não será tão benéfica (TAVARES, 2015).

Nesse contexto, pode-se também destacar, que além do plano diretor são necessários diversos documentos/projetos para a implantação de uma rodovia. Esses projetos são desenvolvidos com base em normas de órgãos reguladores como o Departamento Nacional de Infra Estrutura e Transporte (DNIT), tratando de rodovias federais, o Departamento de Estradas e Rodagens (DER) para rodovias estaduais e normas competentes ao governo de cada cidade no caso de vias locais.

O descumprimento no desenvolvimento do projeto das normas vigentes podem ser um dos possíveis fatores causadores do estado de precariedade das rodovias, favorecendo a ocorrência de acidentes e degradação das vias rodoviárias.

A Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018) analisou 105.000 km de rodovias federais e constatou que 59,2% tinham problemas na sinalização em placas e pinturas das faixas laterais e centrais, fazendo com que as condições da infraestrutura dessas vias, tivessem uma relação direta com a segurança.

Além disso, a Polícia Federal Rodoviária (PRF), no ano de 2017 registrou cerca de 89.318 acidentes nas rodovias federais brasileiras, com 83.978 feridos e 6.244 vítimas fatais (CNT, 2018).

Esses dados se justificam devido ao aumento de veículos, pois segundo a CNT (2019), no período de 2009 à 2019 houve um aumento de cerca de 80% no número de veículos em circulação no país e constatou que cerca de 60% da malha viária do país está em condições inapropriadas para garantir um acesso seguro aos usuários.

Portanto, pode-se analisar através desses dados que a falta de infraestrutura nas rodovias nacionais é um dos grandes problemas do Brasil, apresentando atualmente um estado de degradação avançado, quando com manutenção e adequação regular é possível solucionar esse problema e segundo a CNT (2018) uma rodovia deve ter toda uma estrutura para ser considerada adequada aos usuários.

Evidenciando essa problemática, este trabalho visa analisar os principais pontos da engenharia civil relativo à área de infraestrutura rodoviária municipal, definindo os diversos elementos contidos na elaboração e execução das estradas.

Refere-se a um estudo de caso, cujo objetivo geral é analisar a duplicação da estrada na cidade de Iracema-CE, trecho com extensão de 680 metros que está localizado entre a avenida Raimundo Leandro Pinheiro e a Celso Gomes, identificando a essencialidade e a eficiência dessa implantação, assim como possíveis problemas com relação ao traçado, pavimento e a drenagem. Pretende-se também, analisar as condições em que se encontra a duplicação atualmente, identificando e avaliando os elementos de drenagem existentes na duplicação, fazendo uma análise do traçado com base nas recomendações do DER e DNIT, propondo ainda possíveis soluções para os problemas analisados no local da duplicação.

Deste modo, se faz importante a análise detalhada de todos os pontos dessa rodovia municipal da CE-138 para que seja possível desenvolver soluções para os problemas verificados, evitando que os usuários se envolvam em acidentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Até a década de 1950, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) era o órgão nacional responsável pela elaboração do projeto de rodovias e pela fiscalização dessas obras. Nessa época as obras de rodovias eram baseadas em projetos topográficos, projetos de obras especiais e em casos raros havia sondagem do solo, enfatizando apenas o controle geométrico (DNIT/IPR, 2006b).

A partir de 1956, o governo determinou que o DNER iniciasse o repasse as obras para o setor privado, ou seja, as obras de rodovias passaram a ser de responsabilidade de escritórios de engenharia, obtendo assim maiores facilidades operacionais, financeiras e de apoio logístico. Esses projetos existiam de forma isolada que se coordenavam de acordo com as exigências de cada obra (DNIT/IPR, 2006b).

De acordo com o DNIT/IPR (2006b) no período de 1968, pela primeira vez foi permitida uma transferência de tecnologia da área de transporte de países desenvolvidos. Esse foi o marco que mostrava um avanço econômico no País e conseqüentemente existia uma maior demanda de transportes, promovendo o desenvolvimento para novos patamares, permitindo que “a construção de novas rodovias fosse estabelecida segundo um Plano Diretor, o Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica e o Projeto de Engenharia já com todas as etapas integradas, como nos dias atuais” (TAVARES, 2015, p.12).

A partir dessa época ocorreram avanços na área de transporte, modificando o perfil das obras rodoviárias, passando a restaurar as rodovias já construídas, ao invés de construir novos trechos, observando os impactos que a construção de rodovia provoca no meio ambiente, na população e nos animais, ganhando visão pelos responsáveis de transportes (TAVARES, 2015).

Para Tavares (2015, p.12) foram o avanço econômico, a demanda de transporte, o aumento do tráfego e a conquista de espaço pelo rodoviário que possibilitaram o estabelecimento de “Planos Diretores, a realização de estudos de viabilidade técnico-econômica e a consideração de novos conceitos, como tráfego, capacidade e avaliação econômica de alternativas, nos escopos de trabalho”.

Atualmente os projetos de rodovias requerem três fases: Plano diretor, Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica e Projetos de Engenharia. Essas três fases devem ser detalhadas de acordo com recomendações e normas existentes para cada projeto (DNIT/IPR, 2006b). Já para a duplicação de uma rodovia baseia-se na implantação de uma pista nova alterando o sentido de fluxos, recuperando e melhorando o trecho de estrada existente. A nova pista visa atender uma demanda maior de tráfego na região com condições operacionais adequadas.

Segundo o DER-SP (2005, p.3) “Os projetos de duplicação devem, na medida do possível, prever a implantação da nova pista próxima à pista existente, utilizando sua faixa de domínio e minimizando desapropriações e interferências na vegetação e em áreas legalmente protegidas”. Mas não é, em todas as situações, possível seguir essa orientação de implantar a pista próximo a pista existente, sendo necessário seguir os parâmetros de projeto para implantação de rodovias.

Assim, para alcançar os objetivos deste trabalho de entender a eficiência, essencialidade e traçado da duplicação da rodovia da cidade de Iracema-CE é necessário entender como se dá todo o processo duplicação de rodovias, logo nesta seção serão identificados todos os parâmetros utilizados para duplicar uma rodovia.

2.1. ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICO, ECONÔMICA E AMBIENTAL DE RODOVIAS

Segundo o DNIT/IPR (2006b) os estudos de viabilidade técnico, econômica e ambiental devem ser realizados em duas fases: preliminar e definitiva. A fase preliminar engloba os estudos ambientais, de tráfego, sócios econômicos e os estudos de traçado da nova pista. Por outro lado, a fase definitiva corresponderá ao levantamento de dados de custos e benefícios e a comparação entre esses (DNIT/IPR, 2006b).

2.1.1. Fase preliminar

Os Estudos ambientais visam diagnosticar os impactos no meio ambiente provocados pela obra. Nesses estudos devem conter aspectos abióticos, bióticos e antrópicos da área, além do plano de recuperação ambiental para áreas que irão abrigar e ser fontes de materiais, visando sempre mitigar esses impactos ambientais (DNIT/IPR, 2006b).

Os estudos de tráfego viabilizam as condições socioeconômicas, e serão realizados através de estabelecimento de zonas de tráfego, ou seja, quais as cidades então interligadas à rodovia, a coleta de dados de tráfego, pesquisa de tempo de viagem, origem e destino, meios de transportes utilizados, estimativa de tráfego atual e futuro. Além disso, deve-se realizar pesquisas complementares de contagem volumétrica com a classificação por tipo de veículo, relatório de distribuição percentual do volume de tráfego, ou seja, quantos veículos passam por dia, semana, mês, para onde vão, de onde vem (DNIT/IPR, 2006b).

De acordo com o DNIT/IPR (2006b, p.35) os estudos de traçado podem ser feitos analisando “mapas, cartas geográficas, imagens áreas ou de satélites, restituições

aerofotogramétricas, estudos geológicos e geotécnicos, dados das contagens volumétricas” que servirão de base para a definição do traçado mais adequado da rodovia. Para duplicação de uma rodovia o DER-SP (2005) orienta que o traçado seja paralelo com a pista existente, analisando todos os aspectos para a sua construção e minimizando ao máximo os danos, como retirada de moradias.

Os parâmetros sócios econômicos são analisados através de clima da região, população, zoneamento de tráfego, solos, entre outros. Esse estudo indicam todos os parâmetros custos/benefícios da obra (DNIT/IPR, 2006b).

2.1.2. Fase definitiva

Na fase definitiva são analisados, calculados e definidos os custos e benefícios da obra. Os custos que devem ser levados em consideração nessa etapa são os custos de construção, conservação, manutenção, infraestrutura operacional, operação de veículos e tempo de viagem. Os benefícios elencados devem ser os diretos e indiretos e posteriormente é feito uma comparação entre os custos e benefício dessa obra (DNIT/IPR, 2006b).

2.2. PROJETO DE RODOVIAS

Para a elaboração de projetos de duplicação de rodovias deve-se ser feito sob duas abordagens: o projeto básico e o projeto executivo. O projeto básico deve conter todos os estudos preliminares e levantamentos de dados para determinar as alternativas e o melhor traçado para a nova pista. Compreendem os estudos geológicos, hidrológicos, topográficos entre outros, buscando soluções que garantam segurança, conforto e economia aos usuários.

No projeto executivo devem estar assegurados a viabilidade técnica, adequado tratamento dos impactos ambientais, avaliação do custo da obra, método utilizado e prazo de execução da obra. Neles estarão contidos os dados que complementarão o projeto final da duplicação, dando viabilidade a execução dessa obra (DER-SP, 2005).

2.2.1. Projeto básico de uma rodovia

Em geral, a realização do projeto básico de uma duplicação de rodovia baseia-se na “realização de levantamentos e diagnósticos, elaboração de projetos básicos e complementares,

confeção dos elementos finais do projeto e o fornecimento de subsídios para estudos ambientais” (DER-SP, 2005, p.4).

2.2.1.1. Projeto básico da geometria

Segundo o DER-SP (2005) o projeto geométrico deve estabelecer os critérios e estudos que levaram a necessidade da realização de uma nova pista. O DNER (1999a) estabelece que o projeto geométrico deve conter os tipos de dispositivos de canalização de tráfego; conformidade do sistema viário local e de acesso à nova situação gerada pela implantação da nova rodovia; velocidades de projetos que serão permitidas como velocidade diretriz, gabaritos mínimos e tratamentos a serem adotadas em cada segmento homogêneo da via e nos ramos das interseções; estabelecimento de medidas operacionais e administrativas, isto é, restritivas e de regulamentação na travessia de áreas urbanizadas e de unidades de conservação.

Para o projeto da geometria devem ser desenvolvidos ensaios de sondagem, mapeamento geológico descrevendo a geologia da região e estudos topográficos visando a locação de pontos, nivelamento da rede básica e de referência, levantamentos planialtimétricos, entre outros. Em seguida aos estudos será desenvolvido o traçado da nova pista (DNIT/IPR, 2006b).

2.2.1.2. Projeto básico de terraplanagem

De acordo com DER-SP (2005, p.8) o “projeto básico de terraplanagem abrange, preliminarmente, a avaliação dos volumes de terra envolvidos; baseia-se no projeto geométrico e apresenta nível de detalhamento compatível à precisão do trabalho nesta fase”.

No projeto deve conter também possíveis locais para despejos de materiais excedentes e áreas de empréstimos e armazenamento de materiais. O DNIT/IPR (2005) determina que sejam feitos estudos geotécnicos a fim de determinar as composições e características do subleito, áreas de empréstimo, possíveis ocorrências de matérias para pavimentação, fundação de aterros e taludes. Portanto, na finalização de todos esses estudos serão analisados bota fora, custos e operação da terraplanagem.

2.2.1.3. Projeto básico de drenagem

O projeto de drenagem deve ser feito levando em consideração todos os estudos hidrológicos realizados na etapa anterior, indicando, segundo a norma, os elementos de drenagem

necessários para a destinação adequada das águas de chuva ou da bacia hidrográfica presente no local da obra. No caso de duplicações, deve ser adotados sistemas que permitam a drenagem adequada das duas vias (DNIT/IPR, 2005). O DER-SP (2005, p.9) estabelece que o “projeto deve definir as soluções a serem adotadas para drenagem superficial, subsuperficial e profunda de pavimento e de talwegues”.

2.2.1.3.1. Drenagem de talwegues

A drenagem de uma rodovia deve ser eficiente, captando e redirecionando a água que atinge o corpo das estradas para locais que afete menos a estabilidade e durabilidade da estrada. “No caso da transposição de talwegues, essas águas originam-se de uma bacia e que, por imperativos hidrológicos e do modelado do terreno, têm que ser atravessadas sem comprometer a estrutura da estrada”, e para que isso aconteça, pode-se usar bueiros, pontes ou pontilhões (DNIT/IPR, 2006a, p.27).

De acordo com o DNIT/IPR (2006a), os bueiros permitem a passagem livre da água e são localizados sob cortes, aterros ou bocas de corte; suas seções podem ser circulares, tubulares, arcos, entre outros tipos; podem ser fabricados de concreto simples ou armado, plástico reforçado ou chapa metálica corrugados.

Os bueiros podem ser dimensionados como canal, vertedouros ou orifícios. Define-se em qual regime os bueiros irão atuar conforme for analisado a topografia da região, se ficará a jusante ou montante, recobrimento, peso e dimensão. O dimensionamento deve ser adequado e atender as necessidades da estrada e o dimensionamento hidráulico, levando todos os fatores determinados pelo DNIT para a consolidação (DNIT/IPR, 2006a).

Os pontilhões são utilizados quando não se pode ser construídos bueiros, ou seja, a descarga ou o greide do projeto, impedem o uso de bueiros. O dimensionamento é feito da mesma forma que as pontes com a diferença no tempo de recorrência que deve ser menor para os pontilhões.

O DNIT/IPR (2006a, p.131) afirma ainda que “as pontes são obras de arte destinadas a vencer os talwegues formados pelos cursos d'água, cuja transposição não pode ser feita por bueiros e pontilhões”. Por ser uma estrutura complexa, deve-se ser detalhado e dimensionado para atender todas as necessidades ao qual está sendo projetado.

2.2.1.3.2. Drenagem superficial

Assim como a drenagem de talvegues, a drenagem superficial tem o objetivo de captar e realocar a água presente sobre a estrada e em áreas adjacentes. Para captar e redistribuir a água podem ser utilizados alguns elementos dispositivos que ajam de forma eficiente como valetas, sarjetas, descidas d'água, saídas d'água; caixas coletoras; bueiros de greide; dissipadores de energia; escalonamento de taludes; corta rios (DNIT/IPR, 2006a). Para este trabalho serão abordados somente sarjeta e valetas, por serem elementos mais comuns e mais usual.

O DNIT/IPR (2006a) estabelece dois tipos de valetas: valetas de proteção de corte ou valetas de proteção de aterro. As valetas de proteção de aterros interceptam as águas que estão presentes no terreno a montante, fazendo com que essa água não atinja o pé do talude de aterro. Além disso, elas recebem as águas das sarjetas e valetas de corte, redirecionando-as para os talvegues de forma segura.

As valetas de proteção de cortes interceptam as águas que percorre o terreno natural a montante, impedindo de atingir o talude de corte. Para as valetas de cortes o DNIT/IPR coloca que

“serão construídas em todos os trechos em corte onde o escoamento superficial proveniente dos terrenos adjacentes possa atingir o talude, comprometendo a estabilidade do corpo estradal. Deverão ser localizadas proximamente paralelas às cristas dos cortes, a uma distância entre 2,0 a 3,0 metros. O material resultante da escavação deve ser colocado entre a valeta e a crista do corte e apilado manualmente” (2006a, p.154)

As valetas podem ser em forma trapezoidal, retangular ou triangular. Entretanto as trapezoidais são mais utilizadas por terem maior eficiência hidráulica, podendo serem fabricados de concreto, alvenaria de tijolo ou pedra, pedra arrumada ou vegetação (DNIT/IPR, 2006a).

Assim como as valetas, as sarjetas podem ser de aterro ou de corte. A sarjeta de corte visa captar as águas que se precipitam sobre “a plataforma e taludes de corte e conduzi-las, longitudinalmente à rodovia, até o ponto de transição entre o corte e o aterro, de forma a permitir a saída lateral para o terreno natural” ou para pontos de saída convenientes (DNIT/IPR, 2006a, p. 162).

O DNIT/IPR (2006a) define sarjeta como um dispositivo responsável por captar as águas que se precipitam sobre a plataforma, impedindo que aja erosões na borda do acostamento e/ou no talude do aterro, realocando-as para o local de deságue seguro. As sarjetas podem ser produzidas

em concreto de cimento, concreto betuminoso, solo betume, solo cimento ou solo (DNIT/IPR, 2006a).

Diz ainda que todos os elementos da drenagem superficial devem atender ao dimensionamento para que não ocorra problemas e não adequação do dispositivo para a precipitação e corpos de água presentes na região.

2.2.1.3.3. Drenagem profunda

Segundo o DNIT/IPR (2006a) a drenagem profunda das estradas, também conhecida como drenagem subterrânea é realizada por meio dos seguintes dispositivos: drenos profundos, drenos espinha de peixe, colchão drenante, drenos horizontais profundos, valetões laterais ou drenos verticais de areia.

Para se empregar qualquer um desses dispositivos deve-se conhecer a topografia, formações geológicas, pluviometria da região. Ou seja, são necessários sabe-se onde existem rios, localização do lençol freático, entre outros elementos. Isso porque a água da chuva pode se infiltrar e outra parte escorre pelo solo (DNIT/IPR, 2006a).

A partir dos estudos e identificação de todos os elementos de superfícies profundas, parte-se para o tipo de dispositivos que serão utilizados e só então será feito o dimensionamento desses elementos conforme a região em que se localizará a estrada (DNIT/IPR, 2006a).

2.2.1.3.4. Drenagem do pavimento

A drenagem do pavimento é importante seja para pavimento asfáltico ou para pavimento de concreto. Caso não seja feita a drenagem adequada do pavimento, pode-se acarretar em uma má qualidade da pista resultando em degradação.

“Os dispositivos usados são a base drenante e os drenos rasos longitudinais, não obstante sejam recomendados, no caso de índices pluviométricos inferiores aos citados, os drenos transversais e os drenos laterais de base” (DNIT/IPR, 2006a, p.223).

Os dispositivos drenantes são colocados em lugares estratégicos que possa drenar uma maior quantidade de água. O dimensionamento tem que ser adequação para a região que irá receber a estrada.

2.2.1.4. Projeto básico de obras de arte

O projeto de obras de arte visa a implantação de estruturas novas e restauração das existentes como pontes, viadutos, muros de arrimo e outros dispositivos de contenção ou ainda a recuperação de áreas com ocorrência de erosão previsível” (DER-SP, 2005, P.9).

O DNIT (2005) estabelece que para esse projeto deve ter definição da concepção do projeto, alternativas de travessia soluções adotadas para as estruturas realizadas.

2.2.1.5. Projeto básico de pavimentação

De acordo com DER-SP (2005, p.10) “os estudos de tráfego, os estudos geológico-geotécnicos e, no caso da recuperação da pista existente, a avaliação dos pavimentos existentes devem embasar a elaboração do projeto básico de pavimentação”. A base de estudos para o desenvolvimento do projeto de pavimentação está contida no manual de pavimentação do DNIT de 2006 e no manual de pavimentação rígido do DNIT de 2005 (DNIT/IPR, 2005).

Este projeto visa uma seleção adequada do tipo de pavimento utilizado na rodovia, além do dimensionamento, espessura, largura, característica e especificações dos materiais que serão utilizados (DER-SP, 2005).

2.2.1.6. Projeto básico de sinalização, retornos e acessos

O projeto de sinalização tem o objetivo de orientar os usuários em como se manterem seguros caso existam perigos devido a topografia ou elementos como curvas fechadas, aclives e declives entre outros.

O projeto contendo os retornos, acessos e intersecções devem apresentar “representação gráfica planialtimétrica, com dimensionamento e tratamento de todos os elementos geométricos do projeto, tais como, pistas, acostamentos, faixas de mudança de velocidade, faixa de domínio, superelevações, canteiros e ilhas” (DNIT/IPR, 2005, p.55), bem como orçamentos e travessias.

2.2.1.7. Projeto básico complementar

O projeto complementar é utilizado quando surgem necessidades de implementação de outros serviços como “tratamento paisagístico de intersecções, projetos de iluminação em

determinados segmentos, projeto de passarelas de pedestres ou implantação de edificações” (DER-SP, 2005, p.11).

Além disso pode ser “elaborado incluindo substituição ou reparos de defensas, barreiras, de cercas de delimitação e eventuais obras de contenção” (DNIT/IPR, 2005, p. 55).

2.2.1.8. Etapa final do projeto básico

A etapa final do projeto básico compreende a elaboração e desenvolvimento de projetos finais como projeto de desapropriação, planilhas contendo a quantidade de projetos básicos, subsídios ambientais, projeto básico de canteiro de obras e acompanhamento pessoal, orçamento e plano de execução da obra.

O projeto de desapropriação obedece a delimitação elencada no projeto geométrico consistindo “na definição da faixa de domínio com base nos projetos geométrico e de terraplenagem, para fins de decretação de área de utilidade pública” (DER-SP, 2005, p.12).

Para o projeto de canteiro de obras e acompanhamento pessoal “deverá ser desenhada uma planta com a situação das instalações industriais e operacionais do canteiro das obras, bem como do acampamento do pessoal” (DNIT/IPR, 2005, p.56).

2.3. PROJETO EXECUTIVO DE UMA RODOVIA

O projeto executivo será desenvolvido após o fim do projeto básico, tendo a “finalidade de detalhar a solução selecionada, fornecendo-se plantas, desenhos e notas de serviço que permitam a construção da rodovia” (DNIT/IPR, 2005, p.69). Segundo o DNIT/IPR (2005), o projeto executivo deve ter:

“Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra; subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra; orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços, fornecimentos dos materiais e transportes propriamente avaliados informações para a instrução dos processos desapropriatórios”, p.69.

Portanto, o projeto executivo complementa e revisa o projeto básico. Ainda de acordo com o DNIT/IPR (2005, p.69) outra parte importante do projeto executivo é o “detalhamento e

orçamento das medidas de proteção ambiental, quer corretivas ou preventivas, indicadas na Fase de Projeto Básico, objetivando a reabilitação do passivo ambiental e a execução das obras de forma ambientalmente corretas”.

Por fim, o projeto executivo é a realização de estudos e levantamentos complementares, a elaboração do projeto de implantação da rodovia propriamente dita, elaboração de projetos executivos complementares e a confecção dos elementos finais do projeto.

3. METODOLOGIA

Nesta seção são apresentadas todas as informações relativas à caracterização do local estudado e aos procedimentos utilizados para a análise da duplicação implantada na rodovia da cidade de Iracema – CE.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA

De acordo com Gil (2002) o estudo de caso consiste no estudo profundo e longo de um ou alguns objetos, de forma a permitir seu amplo e detalhado conhecimento. Dessa forma, este trabalho configura-se como um estudo de caso, tendo como objeto de análise a duplicação de um trecho da CE 138, em uma cidade de pequeno porte, sendo escolhida a cidade de Iracema/CE como caso a ser estudado.

Para a realização dessa pesquisa, faz-se necessário escolher um método que seja eficaz e proporcione os melhores caminhos a serem seguidos para se chegar ao conhecimento desejado; ou seja, quais os procedimentos utilizados na realização de uma pesquisa.

Para Ander-Egg (1978) uma concepção estruturada de pesquisa aliada ao conhecimento se caracteriza como um procedimento. O procedimento adotado para este trabalho foi coletar, observar e analisar dados através de pesquisas. Essas pesquisas são instrumentos fundamentais para a resolução de problemas abordados (MARCONI; LAKATOS, 2002).

Além disso, Richardson (1989, p. 29) coloca que o “método em pesquisa significa a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação de fenômenos”. Desta forma, esse trabalho foi planejado e executado de acordo com as normas que acompanham cada método, analisando a duplicação da rodovia em estudo quanto a sua essencialidade e a eficiência, assim como possíveis problemas com relação ao traçado, ao pavimento e a drenagem.

No entanto optou-se por duas linhas de pesquisa: uma abordagem qualitativa, em que se buscou-se coletar documentos da duplicação através de visitas junto a prefeitura municipal da cidade; e uma abordagem descritivo-interpretativa em que “neste tipo de pesquisa, os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles” (ANDRADE, 1993, p.83). Ou seja, foi realizado um estudo sobre as principais abordagens teóricas do DNIT, DER e diversas outras fontes bibliográficas sobre estradas, para então, realizar a comparação dos dados colhidos em campo.

Essas duas linhas se complementam para uma melhor formulação da área estudada. Foi realizada revisão da literatura que embasa a formulação de questões decorrentes neste trabalho.

Além de processos metodológicos tais como pesquisas bibliográficas em livros, revistas, artigos, jornais e documentos técnicos que forneçam informações sobre rodovias, e também sites que contenham dados que corrobore com este trabalho.

A metodologia também se caracteriza como ser quantitativa, ou seja, foram descritos em números informações e dados fornecidos por órgãos municipais, estaduais e federais e posteriormente foram classificadas e analisadas. De acordo com Silva e Menezes (2001), a pesquisa quantitativa descreve dados, opiniões e informações em números para depois classificar e analisar as informações em cada contexto.

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

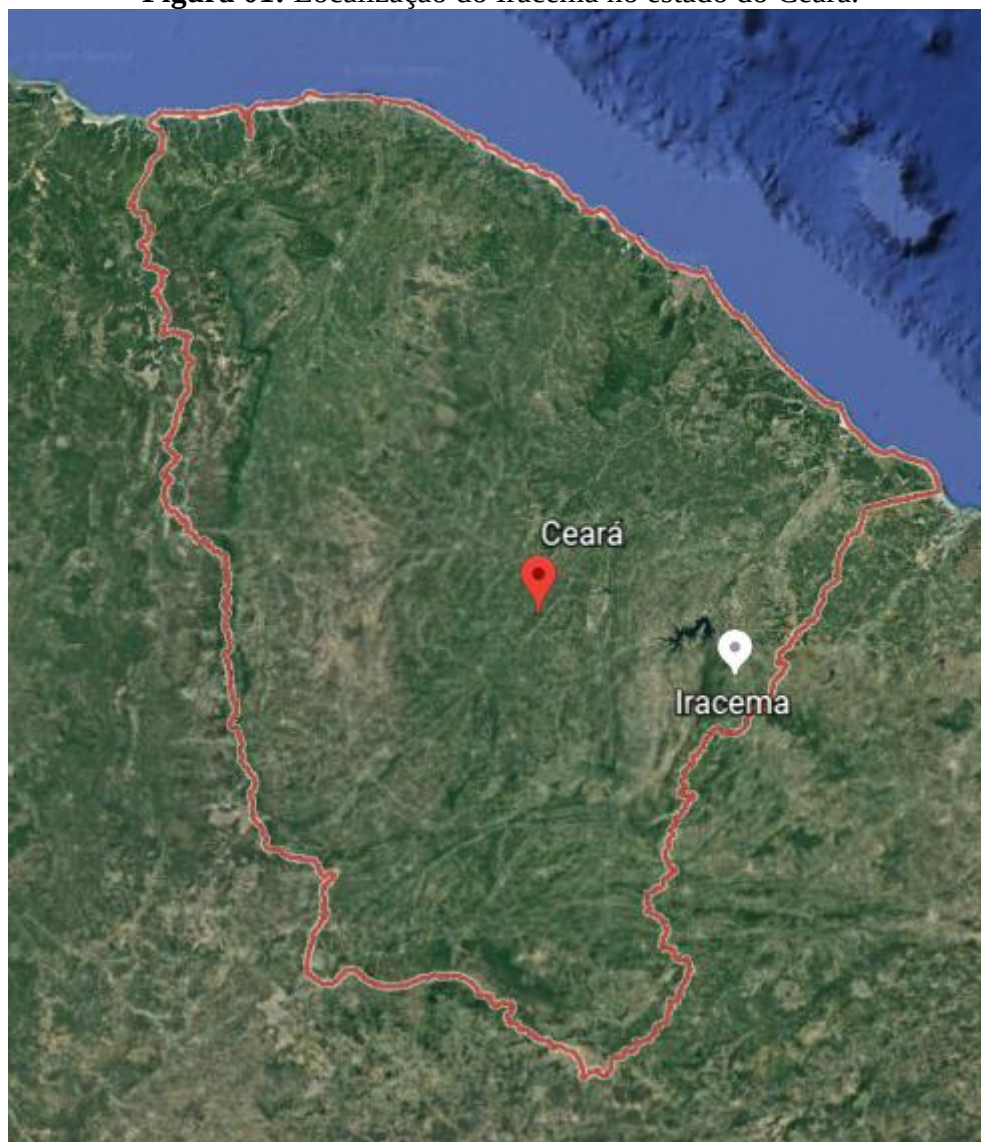
Para apresentar de forma objetiva o caminho metodológico, a nossa pesquisa adotou os seguintes procedimentos de coleta e análise dos dados:

- Foram realizadas reuniões com o responsável pelos projetos de engenharia civil da prefeitura municipal de Iracema- CE para obtenção dos projetos da duplicação da rodovia, dados referentes a rodovia e verificação da existência de algum manual municipal para construção de rodovias;
- Os dados foram listados e caracterizados de acordo com as etapas de elaboração desse trabalho;
- Foram descritos e separados os documentos existentes com base nas etapas de projeto;
- Analisou-se, através desses documentos todo o traçado, elementos de drenagem, sinalização e pavimento do projeto;
- Realizou-se supervisão “*in loco*” do traçado, elementos de drenagem, sinalização e pavimento;
- Coletou-se a opinião da população quanto a eficiência, essencialidade, estrutura do pavimento e dispositivos de drenagem da nova pista para a cidade por meio de questionário aberto; ao todo foram entrevistados 25 habitantes residentes na cidade de Iracema – CE, mas especificamente nos bairros de implantação da duplicação da rodovia. As perguntas realizadas para a pesquisa podem ser verificadas no anexo A deste trabalho;
- Diagnosticou-se possíveis falhas no projeto e na execução da estrada com base pesquisas bibliográficas como livros, documentos e manuais que tratavam de rodovias.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa tem como objeto de estudo a duplicação da estrada da CE-138 na cidade de Iracema-CE, trecho com extensão de 680 metros que está localizado entre a avenida Raimundo Leandro Pinheiro e Celso Gomes de Iracema localizado no interior do estado do Ceará. A localização da cidade de Iracema dentro do estado do Ceará é mostrada na Figura 01, a seguir.

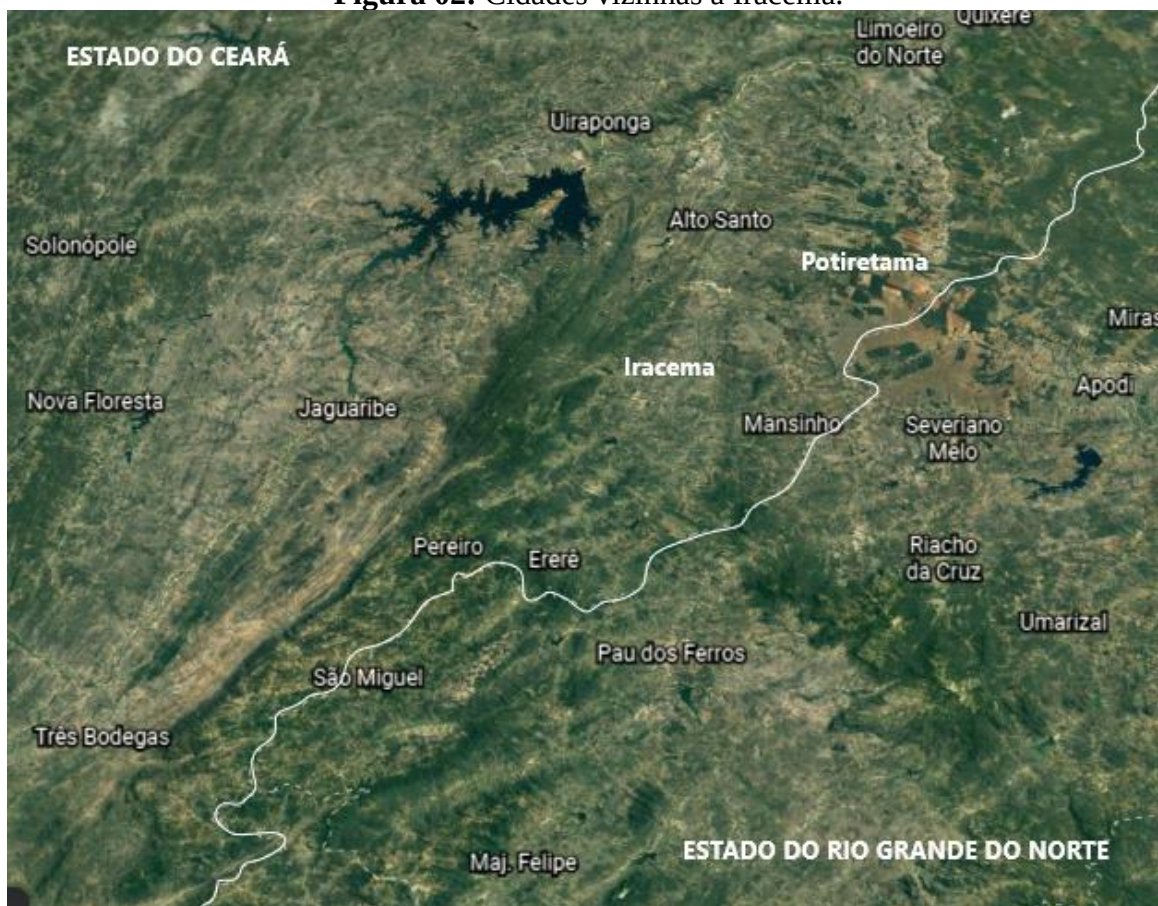
Figura 01: Localização do Iracema no estado do Ceará.



Fonte: Adaptada do Google Earth pela Autora (2020).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) Iracema está localizada na parte leste do estado do Ceará (Figura 01). A cidade abrange uma área territorial de 839,174 km², abrigando uma população de 14.326 habitantes e com densidade demográfica de 16,71 hab/km². A seguir, a Figura 02 especifica as cidades vizinhas de Iracema.

Figura 02: Cidades vizinhas a Iracema.

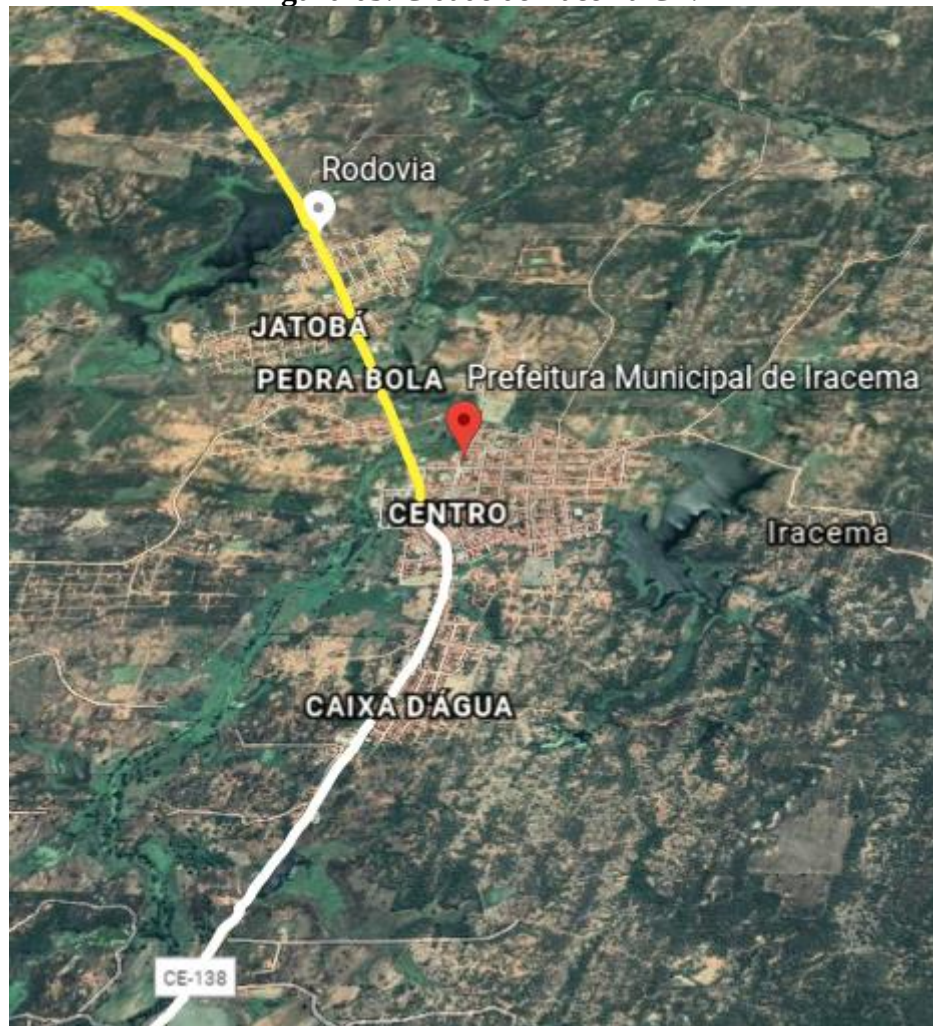


Fonte: Adaptada do Google Earth pela Autora (2020).

A Figura 02 mostra que o município de Iracema fica próximo ao estado do Rio grande do Norte e está conectada aos municípios de Ererê, Potiretama e Alto Santo, sendo um importante centro de ligação entre esses municípios, permitindo assim um grande tráfego de veículos dentro da cidade pelas pessoas que residem no município e veículos que passam pelo município com destino a outros municípios.

A cidade de Iracema, até 1830, não passava de uma simples fazenda, e aos poucos foi progredindo, surgindo então do marco natural da conquista e criação de uma pequena capela sob a invocação de Nossa Senhora da Conceição. Poucos anos depois, em meados de 1892, Iracema já possuía uma população superior a dois mil habitantes. Logo depois, tornou-se vila de Iracema, numa homenagem ao romance “Iracema”, de José de Alencar. Em 1951, Iracema tornou-se município com território desmembrado de Pereiro e a sua vila. Uma das glórias de Iracema é de ter sido berço do famoso oculista brasileiro José Cardoso de Moura Brasil, uma das maiores expressões médica das Américas (Governo Municipal de Iracema, 2020). A configuração da cidade de Iracema está representada na Figura 03, a seguir.

Figura 03: Cidade de Iracema CE.



Fonte: Adaptada do Google Earth pela Autora (2020).

O município de Iracema é uma cidade de orientação linear, ou seja, seu crescimento é orientado pela CE-138 (Figura 03). Entretanto apresenta uma configuração distinta na zona urbana da cidade, especificamente no centro da cidade, havendo um crescimento maior e abrangendo uma maior área de ocupação com crescimento orientado pelo centro da cidade e não mais com a CE-138.

A CE-138 pode ser vista na Figura 03, mostrada em uma linha amarela e com o ícone indicando onde é a rodovia. Essa pista está identificada na Figura 03 por uma linha amarela no sentido norte identificando a via da rodovia que foi duplicada, portanto, estudo desse trabalho e uma linha branca no sentido sul da Figura 03 mostrando a continuação da CE – 138, que não é estudo desse trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a implantação de uma duplicação de rodovia pode-se considerar dois fatores específicos de forma geral: a infraestrutura rodoviária e a execução da rodovia. Abaixo foi discutido sobre esses fatores, sobre a configuração da rodovia e sobre a eficiência e essencialidade da duplicação da rodovia na cidade de Iracema-CE.

4.1. CONFIGURAÇÃO DA RODOVIA EXISTENTE ANTES DA DUPLICAÇÃO

A configuração da pista que foi duplicada é mostrada na Figura 04, a seguir. De acordo com o Governo Municipal de Iracema (2014, p.7) “a obra beneficiou a cidade quanto ao tráfego e a melhoria do fluxo dos usuários local, e aos visitantes que procuram a cidade para passeio ou fazer negócios, melhorando o visual da entrada da cidade, pois será feita iluminação no canteiro central”.

Figura 04: Configuração da via antes da duplicação.



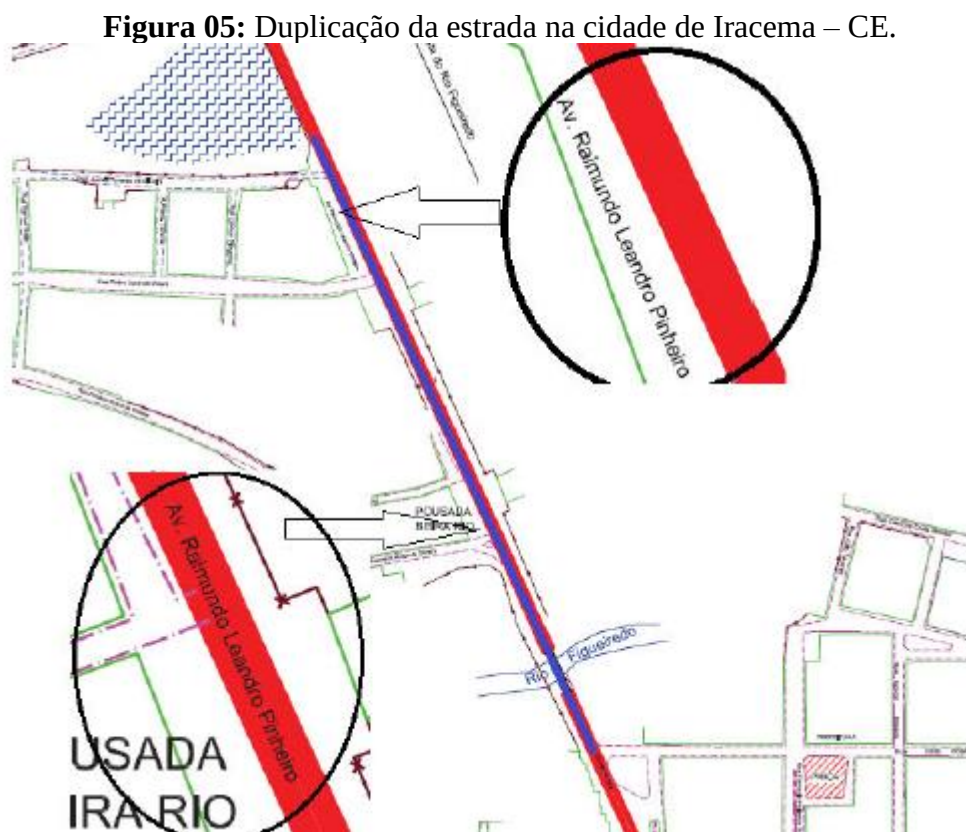
Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

A pista destacada na Figura 04 acima de vermelho dá acesso ao centro da cidade, assim como outros bairros: Campo, Jatobá e Pedra Bola na região urbana da cidade, e foi nessa localização que foi construído a duplicação.

4.2. CONFIGURAÇÃO DA RODOVIA EXISTENTE DEPOIS DA DUPLICAÇÃO

A duplicação da rodovia da cidade de Iracema que dá acesso a sede do Município teve sua primeira etapa iniciada em 2014 com o estudo de traçado, de solo e início de projetos. Sua segunda etapa iniciou em janeiro de 2018 e finalizou em abril de 2018 com a concretização do pavimento e a terceira e última etapa iniciou em abril de 2018 e finalizou no mesmo ano com a etapa de finalização da obra, colocando os elementos de sinalização e iluminação.

O projeto ocorreu seguindo a direção da pista da CE-138 já existente, utilizando as antigas faixas de domínio para poder expandir as margens da via por uma extensão de 680 metros (Figura 05).



Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

4.3. INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

A infraestrutura rodoviária é constituída de um conjunto de sistemas como o projeto geométrico e os dispositivos de sinalização. Esses sistemas existentes na pista duplicada da rodovia de Iracema serão expostos a seguir.

4.3.1. projeto geométrico da rodovia

A duplicação da rodovia na cidade de Iracema- CE pode ser definida como uma rodovia urbana, ou seja, o trecho da rodovia está localizado dentro do perímetro urbano do município. De acordo Pimenta et al. (2017), após a definição do plano viário e formalizada a construção de uma rodovia, que no caso em estudo, é uma duplicação da rodovia, procede-se para o estudo das características da obra. Essas características consistem em dimensionar e analisar todos os elementos que compõem a rodovia e então passa-se para a elaboração do projeto geométrico.

Na elaboração do projeto geométrico, o primeiro ponto é a definição do traçado da nova pista da rodovia. Entretanto, antes da definição do traçado é importante fazer a análise do solo da região para identificar quais os tipos de fundações, de solo utilizado para estabilizar o solo que foi implantado.

Para a análise do solo em que foi implantada a duplicação da rodovia, foram realizadas sondagens utilizando o trado concha de 3", até a profundidade de 1,0 metro. Em seguida os furos foram revestidos até as profundidades indicadas nos perfis geológicos geotécnicos individuais e prosseguidos através do método de lavagem, com o uso de lama de estabilização (Bentonita), até o impenetrável a percussão/ensaio de lavagem por tempo (Governo Municipal de Iracema, 2014).

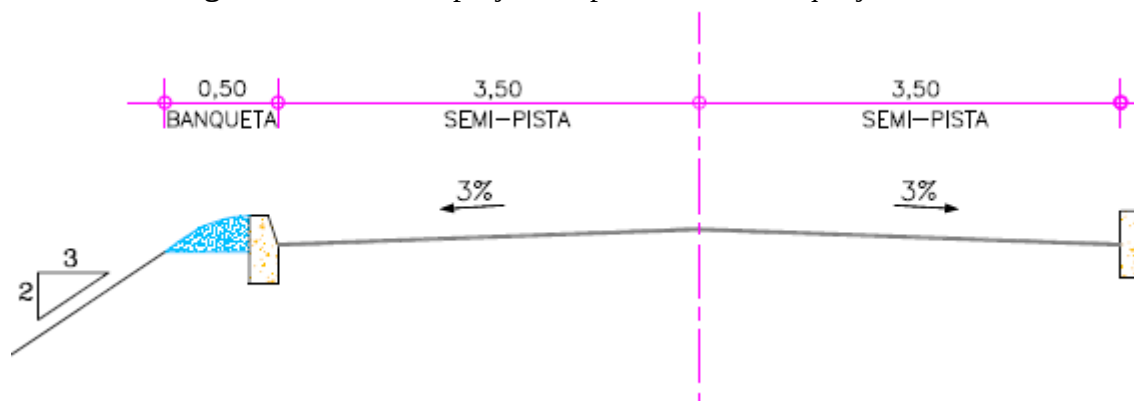
Após os estudos de solos mencionados, foi detectado que as fundações para a implantação das pontes deveriam ser do tipo fundação profunda e o solo foi classificado em silte arenoso ou um silte argiloso, caracterizados como solos residuais.

Após a determinação do tipo de solo, parte-se para o traçado da nova pista, o DER-SP (2005) estabelece que o traçado no caso de duplicação deve ser paralelo a pista já existente, respeitando o relevo e agredindo o mínimo possível o meio ambiente atendendo o tráfego e de acordo com as normas.

Pimenta et al. (2017) destaca que se define uma diretriz ou corredor de projeto que é a faixa de terreno que será onde o traçado irá passar. A Figura 04 mostra o perfil da pista existente antes de ser duplicada e a Figura 05 mostra o perfil da pista depois da duplicação elencadas nos itens 4.1 e 4.2 deste trabalho, respectivamente.

Pode-se ainda analisar através das Figuras 04 e 05 que apesar de complicado adequar à malha viária as duplicações de vias urbanas já existentes, o perfil traçado da implantação da via dupla da rodovia seguiu o determinado pelas normativas do DNIT, acompanhando paralelamente a pista existente e o relevo existente, assim como a topografia da região, provocando o mínimo de impacto, aprimorando o conforto, a segurança e a fluidez dentro da via. A Figura 06 a seguir mostra um corte em projeto da pista que já existia antes da duplicação.

Figura 06: Corte em projeto da pista da rodovia que já existia.

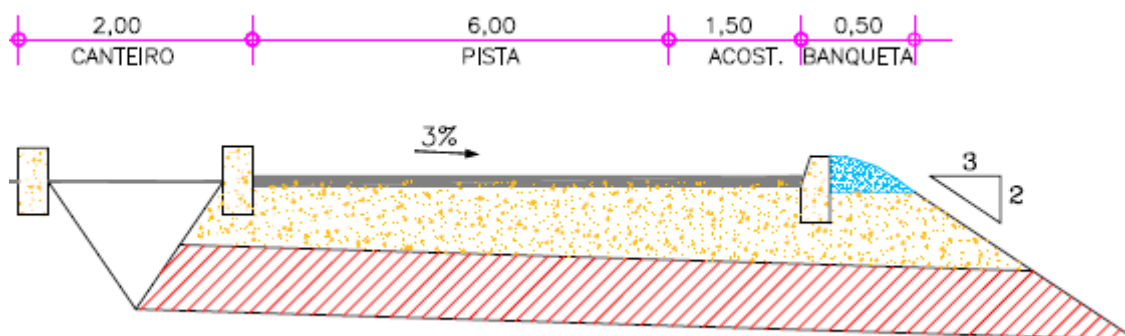


Fonte: Adaptada pela Autora de Governo Municipal de Iracema (2014).

A Figura 06 mostra as dimensões e inclinação da pista que já existia. Pode-se analisar que já existia uma banquetta de 0.5 metros do lado esquerdo da pista, o pavimento corresponde a uma largura de 7 metros e a inclinação para escoamento das águas é de 3% dividida em dois eixos, direcionados para a direita e para esquerda. Ou seja, o escoamento das águas acontece para as duas laterais da pista.

A pista implantada mostrada em corte na Figura 07 a seguir, correspondem a um trecho da rodovia duplicada com 680 metros de comprimento, 6 metros de largura e 1,50 metros de acostamento, respectivamente (GOVERNO MUNICIPAL DE IRACEMA, 2014).

Figura 07: Corte em projeto da pista que foi implantada.



Fonte: Adaptada pela Autora do Governo Municipal de Iracema (2014).

Na pista da rodovia duplicada construída mostrada na Figura 07 foi implantado um canteiro que fica do lado esquerdo da duplicação e do lado direito da pista já existente. A nova pista implantada tem 6 metros de largura, 1,5 metros de acostamento e banquetas de 0,5 metros, com inclinação de 3% para o lado direito da pista. Ou seja, em projeto a nova pista implantada direciona as águas que incidem nela para a lateral direita, evitando o acúmulo de água na parte do canteiro.

Entretanto, a execução do projeto foi inadequada, pois quando incidem água no pavimento da pista duplicada da rodovia, não há o direcionamento das águas apenas para a lateral direita da rodovia como mostrada no corte em projeto e sim para as duas laterais da pista, provocando empoçamento de água junto ao canteiro. Esse mesmo problema acontece com a pista que já existia antes da duplicação, pois de acordo com os documentos cedidos pela prefeitura municipal de Iracema não foi feito um plano de drenagem para essa pista e com a implantação do canteiro e da nova pista a água que era direcionada para a lateral direita não tem para onde escoar, provocando empoçamento e degradando a qualidade do pavimento. A drenagem da duplicação será discutida nos itens 4.4.2. E 4.4.3. deste trabalho.

Em relação ao canteiro, o DNIT (2010a) aponta que deve ser o mais largo possível para que possa permitir o alargamento da pista no futuro, devendo-se no geral ser de 3 a 6 metros para permitir também o retorno. Para a duplicação da rodovia de Iracema – CE foi adotado um canteiro apenas de 2 metros, permitindo um espaço pequeno para a movimentação de pedestres, para retornos e futuramente alargamento da pista se for o caso.

Na Figura 07 ainda é possível ver um esquema em planta da preparação do solo que recebeu o pavimento. De acordo com o Governo Municipal de Iracema (2014), a parte laranja representa a execução da base com solo estabilizado de 20 cm, a parte vermelha representa a sub base colocada com o solo estabilizado de 15 cm e logo acima da base (linha preta na Figura 07) está o pavimento da pista de rolamento e acostamento executado com 2,5 cm de espessura.

No entanto, de acordo com os documentos cedidos pela Prefeitura de Iracema não existe um projeto específico para a pavimentação, especificando de acordo com as normas do DNIT no qual deveria ter sido os solos usados para a sub base, base e preparação para receber o asfalto. Não há especificação também de como foi a execução da compactação e o método utilizado para se chegar na concretização final da pista. A Figura 08 mostra um trecho da rodovia depois de duplicada, nela esta destacada a pista nova construída em 2018 e a pista que já existia.

Figura 08: Trecho da rodovia da CE-138 duplicada de Iracema – CE em dezembro de 2020.



Fonte: Autoria Própria (2020).

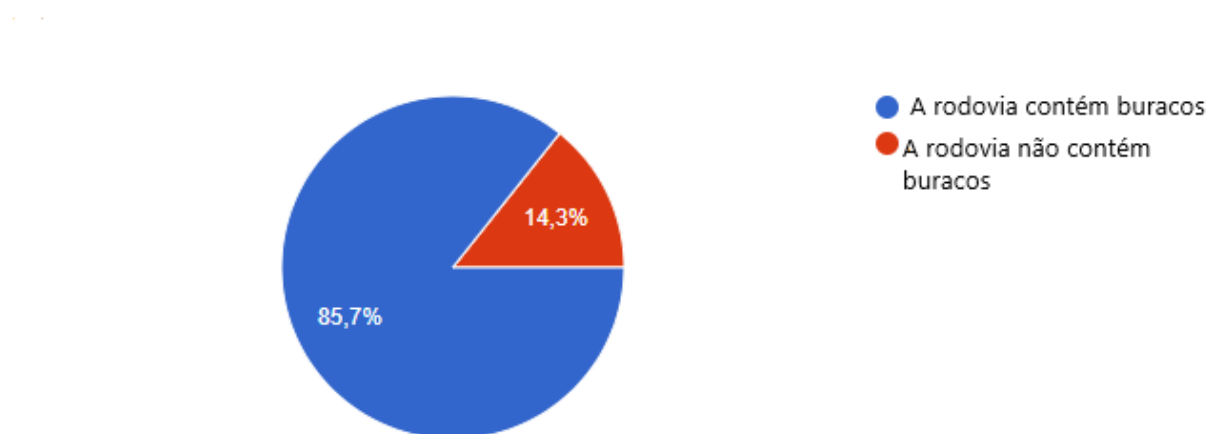
Fazendo-se a análise da Figura 08, pode-se observar que existe uma recuperação na pista nova, enquanto que na pista já existente não tem uma acentuada recuperação. Esse fato é verificado não somente neste trecho da rodovia, mas em praticamente quase toda a rodovia duplicada. A pista que já existia antes da duplicação tem poucos trechos recuperados, enquanto que a pista nova da duplicação possui praticamente todos os seus trechos com recuperações. Algumas das recuperações foram realizadas antes da inauguração da via, ou seja, antes mesmo de existir tráfego

no pavimento. Outras recuperações aconteceram depois da inauguração e uma delas realizadas recentemente.

Para analisar a opinião da população em relação a estrutura da rodovia duplicada atualmente, foram realizado um questionamento sobre a infraestrutura do pavimento com aproximadamente 2 anos de uso desde a inauguração. O resultado do questionário realizado com a população está elencando como está o pavimento da estrada atualmente é mostrado no Gráfico 01.

Gráfico 01: Qualidade do pavimento atualmente.

Como está o pavimento da estrada atualmente?



Fonte: Autoria Própria (2020).

O DNIT (2010a) estabelece que a superfície de rolamento deve apresentar características normais, garantindo segurança e conforto aos usuários, mesmo que o pavimento esteja molhado. Entretanto, a rodovia duplicada não está garantindo segurança e conforto aos seus usuários de acordo com o Gráfico 01 e os fatos apresentados anteriormente. 85,7 % dos entrevistados responderam que atualmente a pista encontra-se com buracos. Isto significa que ao chover estes buracos enchem de água, não permitindo a visibilidade deles pelo condutor, colocando a segurança dos usuários em perigo.

Entretanto, realizada uma vistoria na pista da duplicação, identificou-se que os buracos mencionados no questionário foram recuperados, não havendo buracos na pista recentemente. Este resultado de 87,5% de pessoas afirmando haver buracos, deve-se ao fato que a recuperação foi feita recentemente e essas pessoas não tinham trafegado pela pista após essa recuperação e os restantes das pessoas que responderam não haver buracos são aquelas que já tinham conhecimento da recuperação da duplicação.

Portanto, pode-se admitir que embora várias medidas possam ser tomadas após a construção da duplicação da rodovia, um estudo correto e adequado antes da realização da obra é imprescindível para evitar falhas de projeto, além de ser essencial também a execução adequada de todos os elementos elencados em projeto.

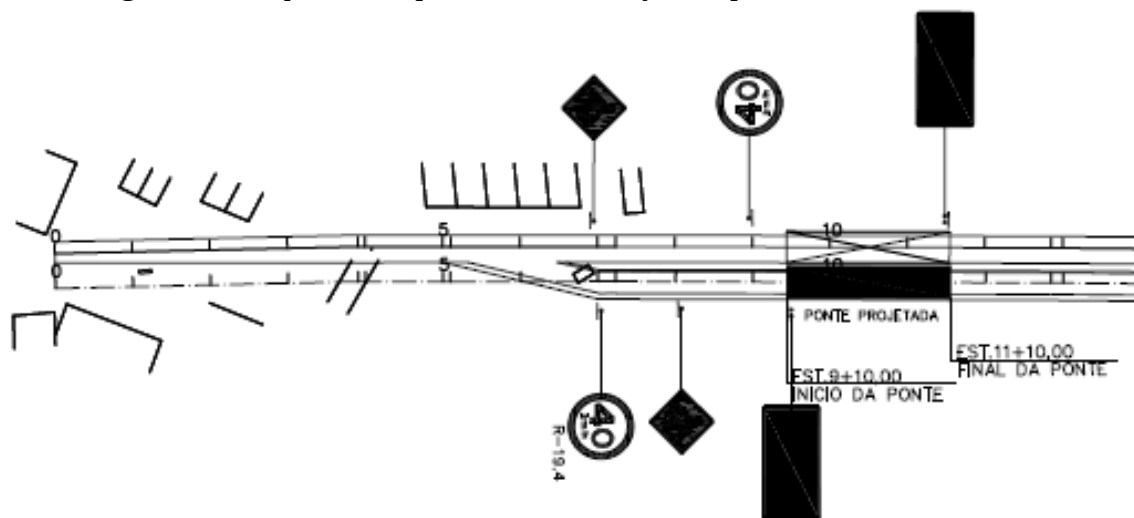
Pode-se concluir que a implantação da duplicação da rodovia quanto ao traçado foi eficiente, obedecendo as diretrizes expostas em normas, porém houve uma execução não adequada, uma vez que a inclinação da pista não corresponde ao especificado no projeto, pois em projeto elenca-se escoamento em apenas uma direção da pista, enquanto que o escoamento acontece nas duas direções, ou seja, nas duas laterais da pista. Além disso, já é visível as várias recuperações feitas na pista duplicada, intensificando o fato da má execução da estrada.

Pode-se, ainda, afirmar que há uma elevada degradação e deterioração da pista em tão pouco tempo de uso. Isto pode ser reflexo de um mau dimensionamento da camada de pavimento adequado ao fluxo existente, qualidade dos materiais empregados e execução inadequada.

4.3.2. Sinalização da rodovia

A sinalização é um elemento essencial nas travessias urbanas possibilitando segurança no tráfego orientado veículos e pedestres (Freire, 2003). Ou seja, em uma via é necessário a sinalização adequada de forma a regular o trânsito, advertindo, orientando por onde ir, em qual velocidade e o que é permitido ou não na via, buscando sempre a segurança dos usuários. A Figura 09 mostra a sinalização em projeto do primeiro trecho da rodovia duplicada.

Figura 09: Esquema em planta da sinalização do primeiro trecho da via.



Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

A Figura 09 mostra que esse trecho da via tem a velocidade permitida de 40 km/h, além de outras placas indicativas que existem no local, que não são identificadas na figura, devido a qualidade da imagem ser invisualizavel. Entretanto a sinalização de velocidade para esse trecho da duplicação da rodovia construída não foi obedecida na execução, uma vez que esse trecho que indica uma velocidade de 40 km/h em projeto permite uma velocidade de 60 km/k na nova pista da rodovia atualmente. Ainda para esse trecho existe um radar de monitoramento de velocidade mostrado a seguir na Figura 10.

Figura 10: Radar de monitoramento de velocidade.



Fonte: Autoria Própria (2020).

O radar localiza-se no início da duplicação da rodovia na entrada da cidade permitindo uma velocidade máxima de 60 km/h, mesmo trecho que em projeto mostrado anteriormente determinava uma velocidade de 40km/h. Para outro trecho da rodovia duplicada a velocidade permitida é de 60 km/h como mostra a Figura 11 abaixo.

Figura 11: Esquema em planta da sinalização do segundo trecho da via.



Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

A Figura 11 mostra que para esse segundo trecho da rodovia duplicada a velocidade máxima permitida é de 60 km/h. Porém, a execução não foi realizada como determinado em projeto, sendo permitido para esse mesmo trecho atualmente uma velocidade máxima de 40 km/h indicada na Figura 12 a seguir.

Figura 12: Placa indicativa de velocidade e passagem de pedestres.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 12 identifica a placa de velocidade permitida do trecho que é de 40 km/h e a placa de pedestres logo atrás com indicação no chão como determina o DNIT. Todas as placas mostradas permitem que os usuários da estrada tenham mais segurança e sejam orientados quanto às especificações da via. Além das placas orientando, o canteiro da duplicação é todo iluminado, garantindo maior visibilidade.

De acordo com o recomendado pelo DNER (1999b), as velocidades de operação são geralmente consideradas de acordo com a distância mínima de visibilidade para um tempo de percepção e reação de 3 segundos. As velocidades indicadas para cada distância esta disposto na Tabela 01.

Tabela 01: Velocidades de operação de uma rodovia.

Velocidade de Operação (Km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	70
60	85
80	105
100	120
110	130

Fonte: DNER (1999).

As distâncias mínimas de visibilidade da via de acordo com as velocidades de operação indicadas nos trechos da rodovia, correspondem a 70 metros para 40 km/h e 85 metros para 60 km/h. Entretanto, não tem como saber se as distâncias de visibilidade são obedecidas, pois não há um projeto com memorial descrevendo as sinalizações adotadas e o porque dessas sinalizações para a rodovia.

De acordo com DNER (1999b), para obter uma sinalização adequada em uma rodovia é necessário seguir um processo de projeto, implantação, operação e materiais. O projeto deve conter toda a sinalização da via com localização, cor, forma, tipo. A implantação deve obedecer ao projeto elaborado; a operação refere-se à avaliação continuada da efetividade da mesma; a manutenção para manter a sinalização de forma adequada e os materiais devem estar de acordo com a ABNT tanto para sinalização vertical e horizontal.

Pode-se analisar que a recomendação do DNIT não foi seguida passo a passo, para sinalizar a duplicação da rodovia. Os documentos cedidos pelo Governo Municipal de Iracema, contém apenas as imagens mostradas acima, com indicação de localização, mas sem indicação dos materiais que seriam utilizados, quais placas deveriam existir, quais sinalizações são verticais e quais são horizontais.

Além das placas já mencionados, na rodovia existem outras placas indicativas como a placa indicativa mostrada na Figura 13.

Figura 13: Placa indicando fim da pista dupla.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 13 mostra uma placa indicativa, indicando fim da pista dupla. Existem além dessa, outras placas indicativas, advertindo e orientando o trânsito como placas no início e no fim da duplicação da rodovia indicando onde começa o sentido de fluxos distintos na duplicação e onde finaliza; placas indicando o sentido de fluxo da via e radar.

Entretanto, apesar de uma sinalização efetiva ao longo da via, a sinalização na entrada da cidade, indicando que a rodovia conter uma separação de sentido de fluxos, sendo uma rodovia duplicada, é falha. Pois, pessoas que não são da cidade, não conseguem identificar por onde ir e que a pista é duplicada, resultando em veículos andando na contra mão da pista. Para se compreender melhor os sentidos dos fluxos antes e depois da duplicação, foram projetados os perfis com esses fluxos, elencados na Figura 14 e 15. A Figura 14 a seguir, mostra o sentido do fluxo antes da rodovia ser duplicada.

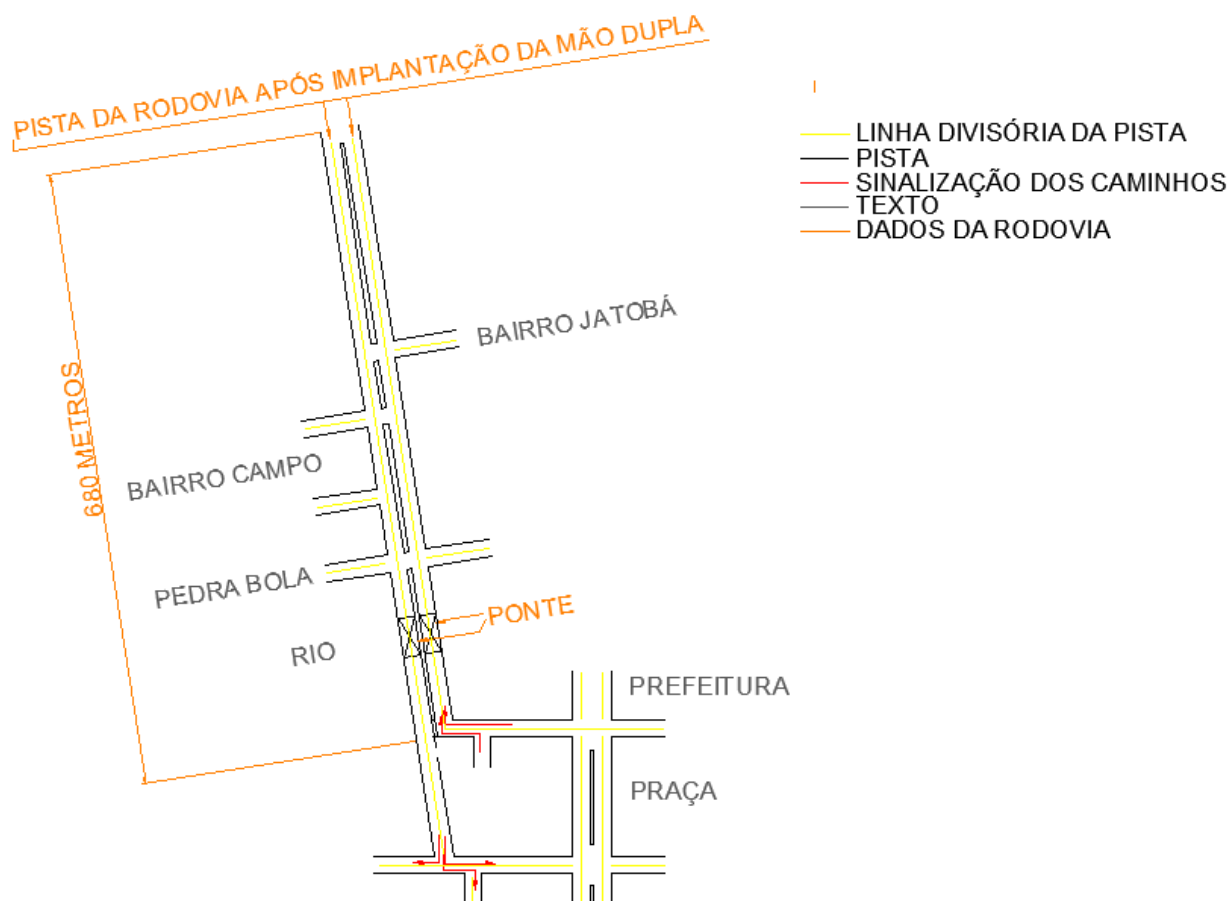
Figura 14: Sentido dos fluxos da pista que já existia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 14 indica em vermelho os caminhos que o condutor poderia seguir para acessar a rodovia em estudo saindo da cidade. Pode-se analisar que havia duas formas de acessar a rodovia, porém a mais usual era a rota antes da praça, pois já dava acesso direto a pista da rodovia e era a rota usual de pessoas que não residem na cidade e apenas passam por ela, seja a trabalho ou a passeio, por exemplo. A Figura 15 mostra a seguir, a sinalização do caminho a seguir para acessar a rodovia.

Figura 15: Sentido dos fluxos da rodovia implantada de mão dupla.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 15 mostra que o acesso para a rodovia se dá pelo centro da cidade e não mais pela rota antes da praça, sendo este caminho apenas para veículos que estão entrando na cidade e não mais saindo da cidade. Esta configuração mostrada dificulta o entendimento do condutor por onde seguir, já que não tem sinalização indicativa no início das antigas duas rotas indicando que é proibido a ida pela primeira rota, antes da praça. Com a nova configuração, a entrada da rodovia duplicada para quem sai da cidade é pelo centro da cidade, enquanto que o fim da rodovia é pelo mesmo caminho da pista já existente. Essa configuração da entrada não ser paralela a saída dificulta para os condutores que não conhecem a cidade. Em relação ao traçado da pista duplicada, esta foi a falha encontrada, uma vez que as pistas deveriam ser totalmente paralelas, ou seja, a pista

duplicada deveria ter sido projetada e executada até o final da pista já existente, pois existia área livre para tal projeção.

4.4. EXECUÇÃO DA RODOVIA

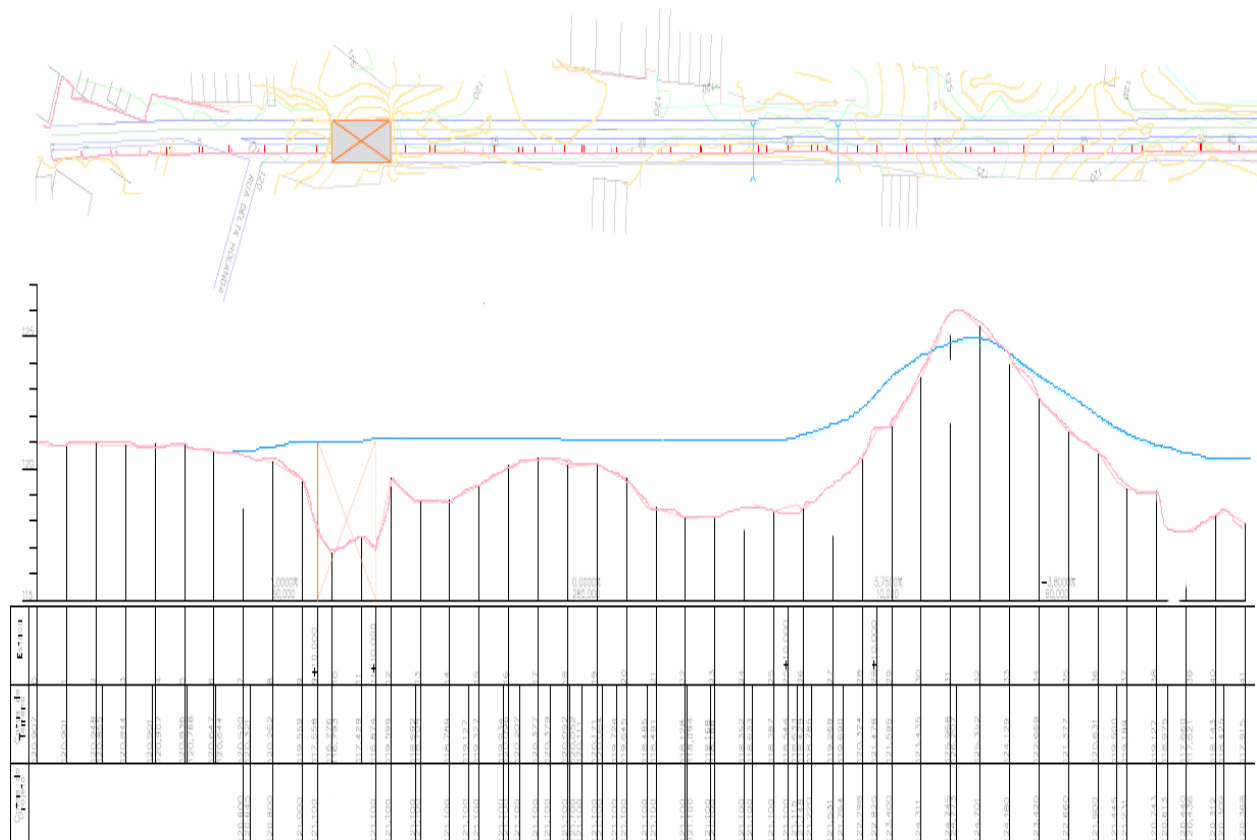
A execução da rodovia corresponde a um conjunto de sistemas com funções específicas, sendo eles, sistema de terraplanagem, de drenagem e as obras de artes. Esses elementos serão discutidos a seguir.

4.4.1. Terraplanagem da rodovia

A terraplanagem de uma duplicação de rodovia deve-se ser realizada de acordo com o determinado no projeto básico e executivo. No projeto básico elenca-se as o detalhamento compatível com a obra como a área de movimentação de terra, locais de empréstimo e bota fora, cortes e aterros. Enquanto que no projeto executivo será dimensionado, ou seja, calculado os volumes dos elementos elencados no projeto básico (DNIT/IPR, 2006b).

A duplicação da rodovia do Iracema-CE não realizou o projeto para terraplanagem determinando os locais de empréstimos e bota-fora e não apresentou os quadros de distribuição e orientação do movimento de terra, apenas elencou os volumes de terraplenagem. A Figura 16 mostra o perfil projetado pelo Governo Municipal de Iracema para o trecho que foi feito a duplicação.

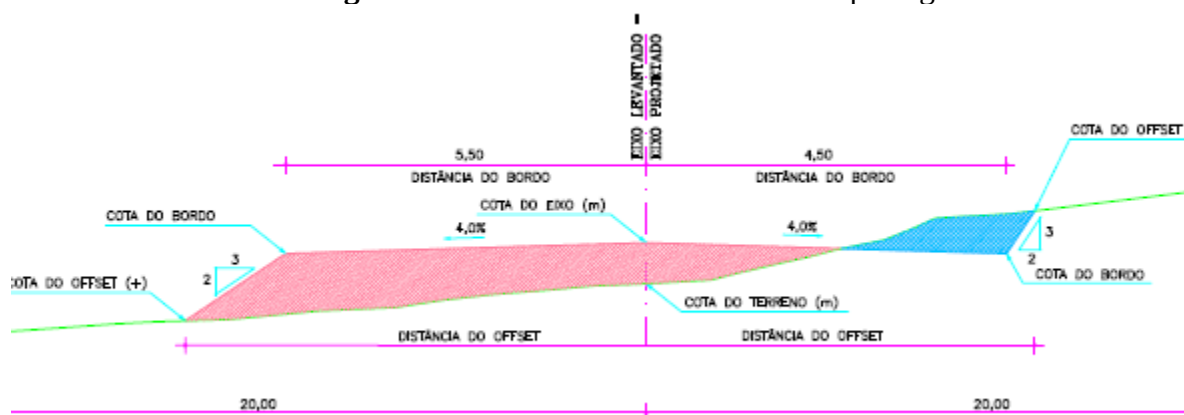
Figura 16: Perfil da estrada para duplicação.



Fonte: Adaptada pela Autora do Governo Municipal de Iracema (2014).

A Figura 16 mostra o perfil do terreno em que foi construída a duplicação. Esse perfil mostra as curvas de níveis ao longo do terreno, ou seja, qual é os desníveis em cada região, essas curvas estão representadas ao longo do traçado da pista. O perfil abaixo do traçado da pista mostra horizontalmente o perfil do terreno, no qual o contorno na cor rosa determina o perfil natural e o contorno azul determina o traçado da terraplanagem, mostrando as áreas que sofreram corte e as áreas que sofreram aterro. Abaixo, a Figura 17 mostra detalhadamente as referidas áreas.

Figura 17: Detalhamento da área de terraplanagem.



Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

O Aterro, ou seja, a área do terreno da pista que requer depósito de materiais proveniente de cortes e/ou de empréstimos corresponde a área em rosa na Figura 17. Enquanto a área de corte, ou seja, a área do terreno da pista que requer escavação do terreno natural ao longo do eixo corresponde a área em azul na Figura 17. De acordo com o Governo Municipal de Iracema (2014) foi utilizado uma área de 58,0940 m² com volume de 792,535 m³ para o corte e para o aterro uma área de 3.458,723 m² com volume de 44.468,439 m³.

De acordo com os dados apresentados, conclui-se que o solo do terreno que sofreu corte não foi suficiente para aterrar toda a área de aterro, portanto foi necessário recorrer a empréstimos de outras áreas, que não são especificados no projeto.

4.4.2. Drenagem da rodovia

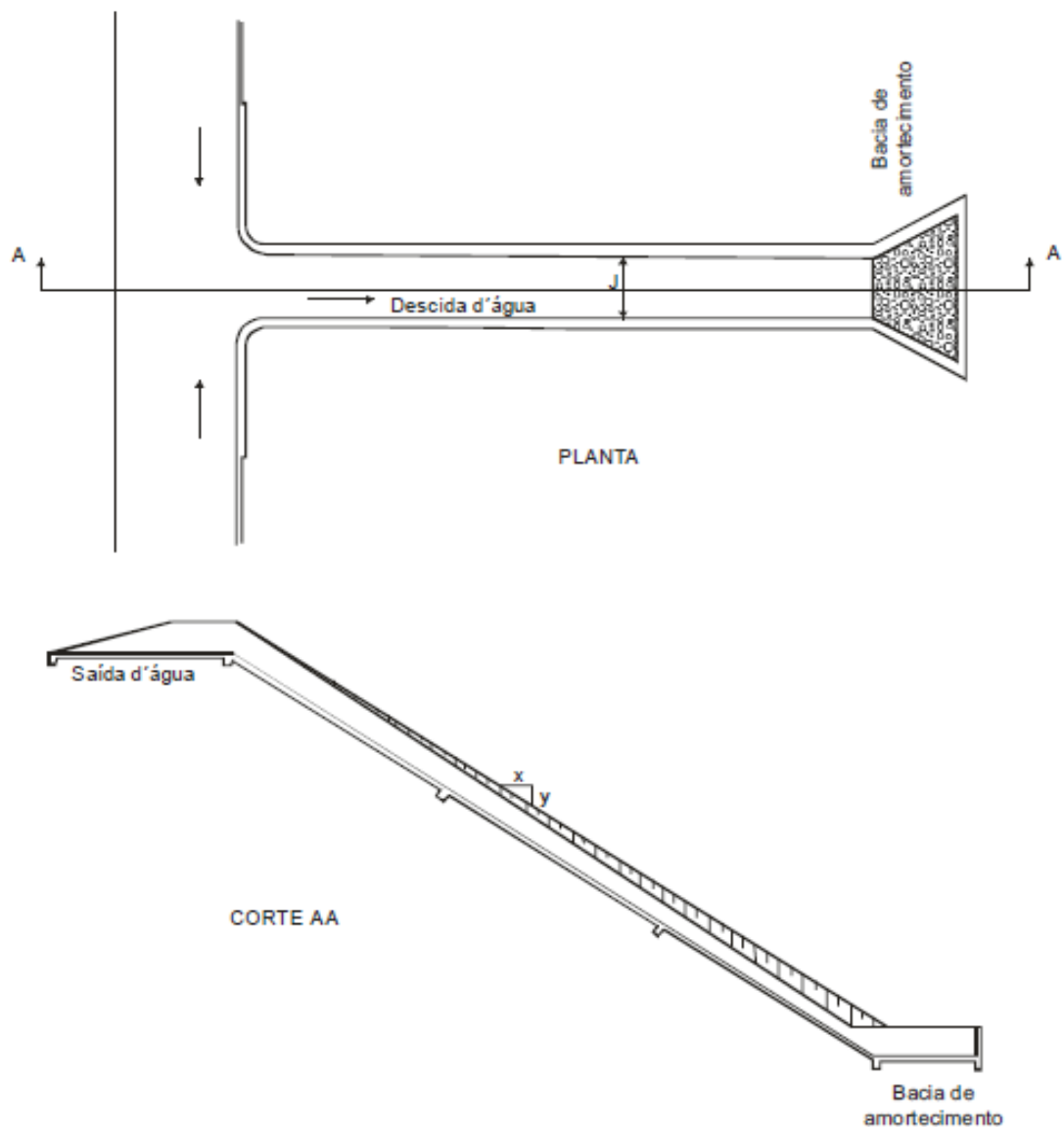
De acordo com os projetos da duplicação cedidos pelo Governo Municipal de Iracema para a realização deste trabalho, a duplicação da estrada tem alguns dispositivos de drenagem como: valeta de banqueta, sarjetas, descida d'água, bueiro e ponte. Esses elementos de drenagem servem para drenar, ou seja, direcionar a água do pavimento e seus arredores para um lugar que permita segurança para a durabilidade da estrada (DNIT/ IPR, 2006a).

Segundo o DNIT/ IPR (2006a, p.182) “as descidas d'água tem como objetivo conduzir as águas captadas por outros dispositivos de drenagem, pelos taludes de corte e aterro”.

As descidas d'água conduzem as águas das sarjetas de aterro e valetas de corte, podendo ser do tipo rápido ou em degraus, e a escolha do tipo depende da velocidade de escoamento (DNIT/ IPR, 2006a).

Para a duplicação da rodovia municipal de Iracema foram utilizadas 16 descidas d'água do tipo rápido e retangular de concreto que conduzem águas das 16 saídas d'água com formato trapezoidal para pontos estratégicos, deixando a estrada em segurança (GOVERNO MUNICIPAL DE IRACEMA, 2006). O DNIT/ IPR (2006d) estabelece que o formato das descidas d'água devem seguir o estabelecido abaixo na Figura 18.

Figura 18: Formato de descidas d'água.

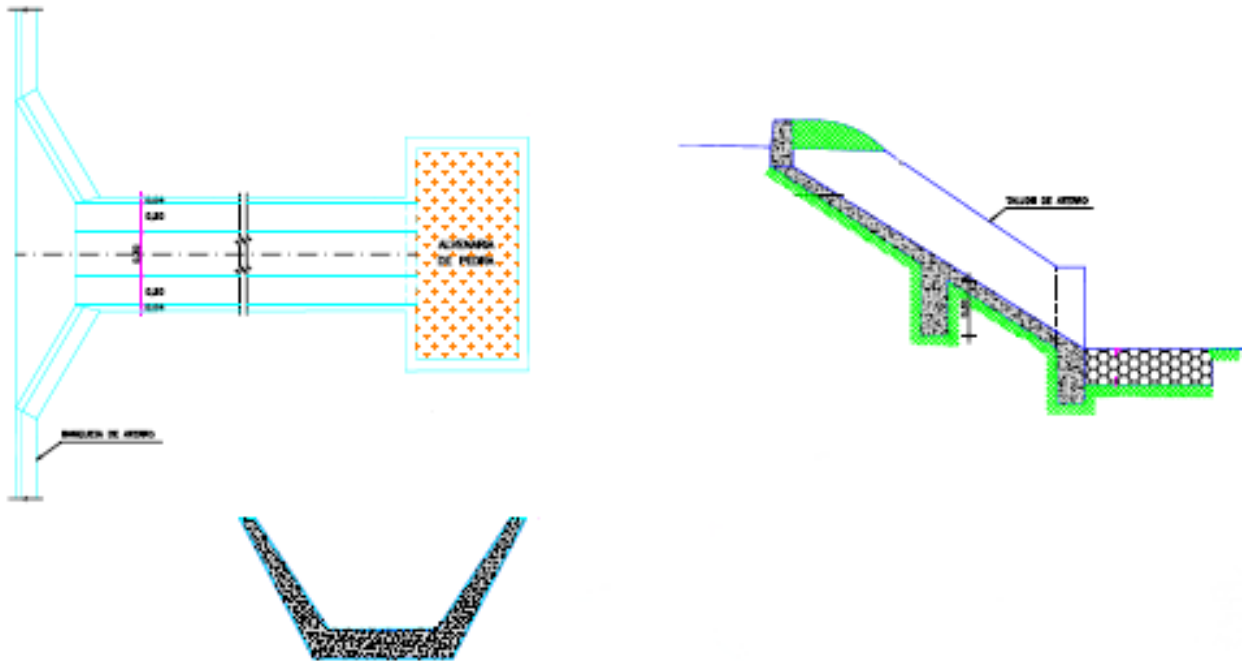


Fonte: DNIT/ IPR (2006d).

De acordo com a Figura 18 as descidas d'água devem ter no seu fim uma bacia de amortecimento, além disso devem ter uma inclinação para que a água possa ser encaminhada de

forma adequado para seu lugar de deságue. O formato das descidas d'água utilizadas na duplicação em análise são mostradas na Figura 19.

Figura 19: descida d'água da duplicação de Iracema.



Fonte: Adaptada pela autora do Governo Municipal de Iracema (2014).

A Figura 19 mostra que a configuração da duplicação foi seguida de acordo com os padrões do DNIT. Além disso é possível a análise de dois dispositivos de drenagem: a descida de água e a saída de água.

O dispositivo de saídas de água conduz as águas coletadas pelas sarjetas de aterro e encaminham para as descidas de água como mostra a Figura 20. Essas saídas de água também chamadas de entradas de água ficam localizadas na borda da plataforma dos acostamentos como mostra a Figura 20 (DNIT/ IPR, 2006d).

Figura 20: Saída de água executada da rodovia.

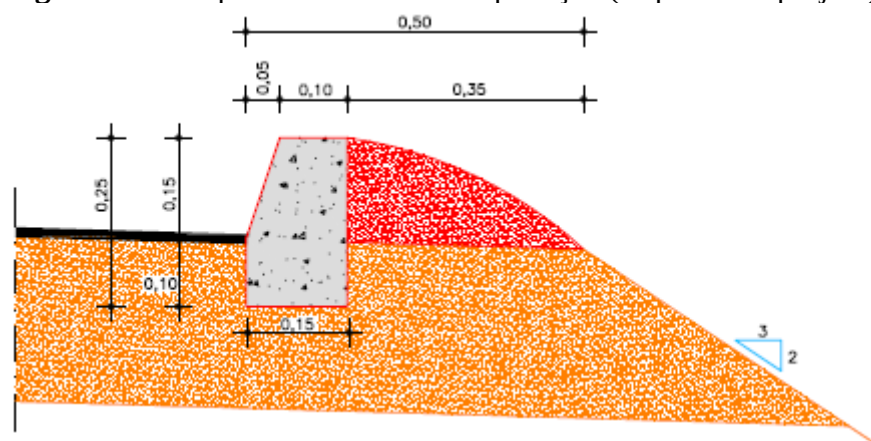


Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 20 destaca uma das 16 saídas de água existentes na duplicação da rodovia, atualmente, depois de executadas. Pode-se analisar que a saída de água foi executada como elencada no projeto, entretanto a descida de água não tem um funcionamento adequado ao conduzir a água para um local segura, pois todas as saídas e descidas de água encontram-se com matos na sua superfície dificultando o escoamento da água.

Outro elemento drenante presente na rodovia é a banquetta do tipo banquetta de aterro (Figura 21) construídas em concreto, permitindo uma drenagem eficiente nos aterros através de 2 banquetas (GOVERNO MUNICIPAL DE IRACEMA, 2014).

Figura 21: Banqueta localizada na duplicação (esquema de projeto).



Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

Segundo o DNIT/ IPR (2006a) a banquetta localizada em um aterro serve para o desague seguro da água para que não provoque erosão no solo e venha a degradar a pista (Figura 22). Entretanto, para dar apoio e suporte as banquetas e outros elementos drenantes são colocadas os banquetes (meio fio), que direcionam as águas do pavimento para os elementos drenantes. Os meios

fios existentes na rodovia possuem uma extensão de 1.360,00 metros e são construídos em concreto (Figura 22).

Figura 22: Banqueta e meio fio da rodovia.

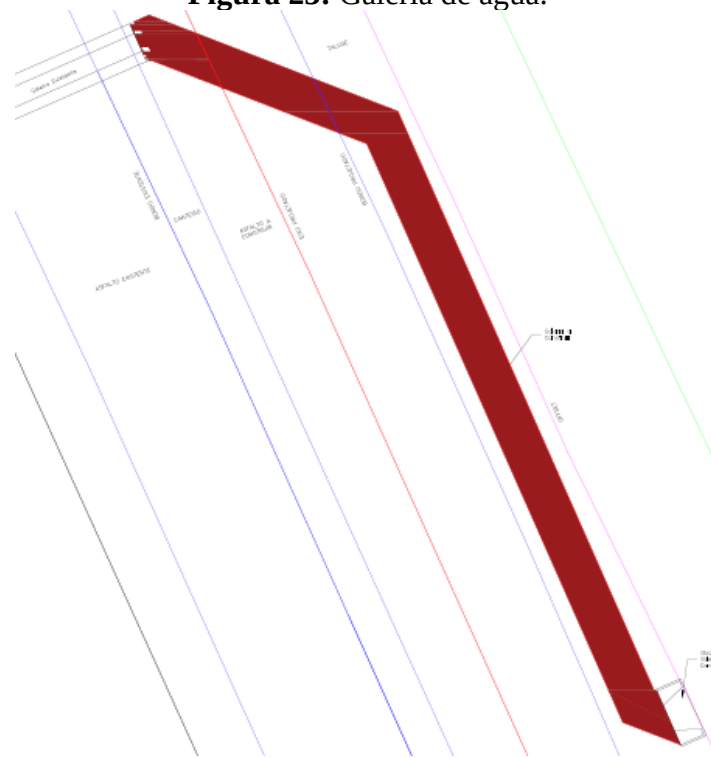


Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 22 mostra a banqueta presente na rodovia protegendo a pista da erosão do solo do aterro, junto a banquetas tem o meio fio que se estende por toda a via, permitindo apenas acessos as casas e retornos existentes.

Para a drenagem de águas pluviais da pista interna da estrada que já existia foi construída uma sarjeta tipo “U”, junto ao meio fio do canteiro central, que recebe as águas da pista interna da rodovia, essas águas são captadas por caixas e desaguam nos bueiros (GOVERNO MUNICIPAL DE IRACEMA, 2014). Entretanto, não foram visualizadas na inspeção as sarjetas.

Existe ainda uma galeria de concreto que passa sob o asfalto da duplicação e desagua em uma caixa coletora como mostra a Figura 23.

Figura 23: Galeria de água.

Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

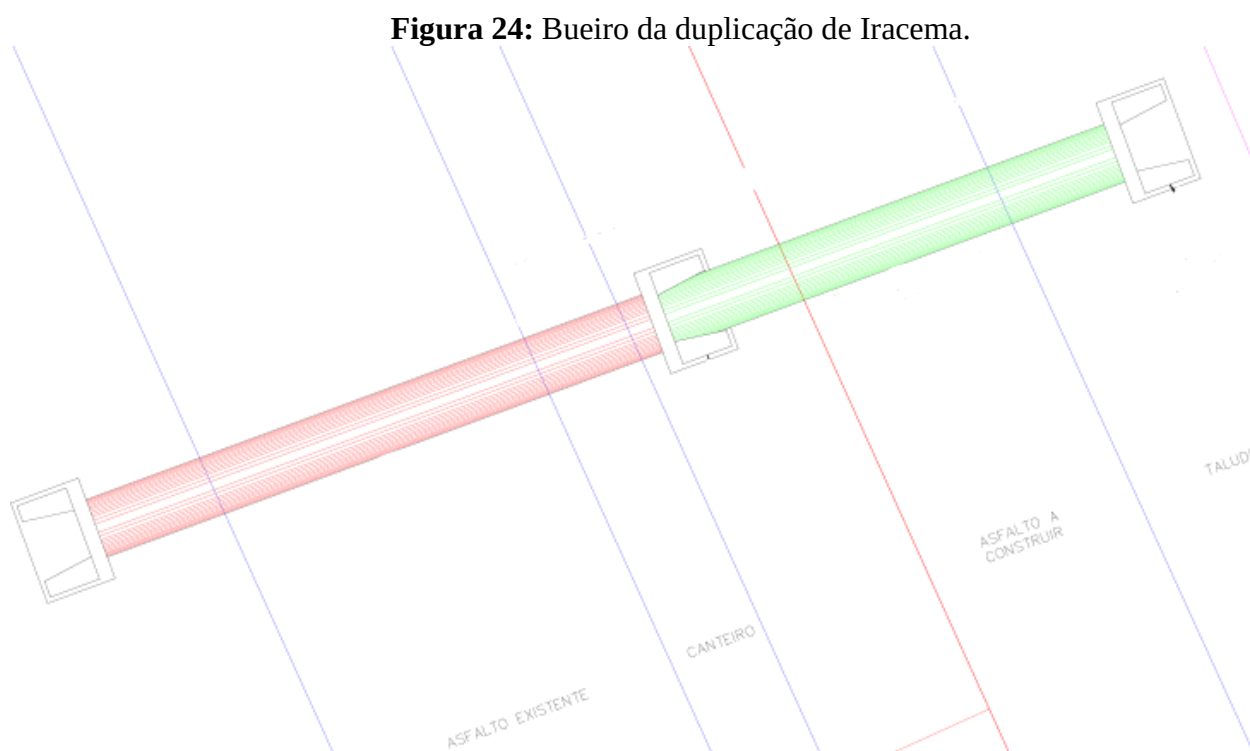
O DNIT/ IPR (2006d) determina que a drenagem de uma rodovia deve eliminar a água existente nela, captando e redirecionando para um lugar seguro e que os responsáveis por fazer isto devem ser os dispositivos drenantes.

Entretanto, para se ter a total drenagem da rodovia tanto em seu pavimento quanto ao seu redor é necessário estudos pluviométricos, cursos de águas, rios existentes na área, ou seja, estudos que indiquem o caminho da água. Além disso é necessário que os elementos drenantes da duplicação da rodovia sejam projetadas com dimensionamento correto e adequado para captar e escoar todas as águas que incidem sob e sobre ela e a execução seja obedecida ao que estar determinado no projeto, para que esses elementos não fiquem sub dimensionados e prejudiquem a rodovia, degradando-a.

4.4.3. Obras de artes

As obras de artes especiais presentes na rodovia são bueiros e pontes. Os bueiros permitem a passagem livre das águas que acorrem as estradas e são constituídos de bocas e corpo. O corpo está localizado sob os cortes e aterros e as bocas são elementos de entrada e saída de água (DNIT/ IPR, 2006d).

Segundo o Governo Municipal de Iracema (2014) foram colocados dois bueiros na duplicação para permitir a passagem livre de água, um bueiro simples tubular de concreto (BSTC) e outro bueiro simples celular de concreto (BSCC) localizados em lugares estratégicos da duplicação e dando continuação a bueiros que já existiam na pista antiga. O esquema de colocação desses bueiros está mostrado na Figura 24.



Fonte: Governo Municipal de Iracema (2014).

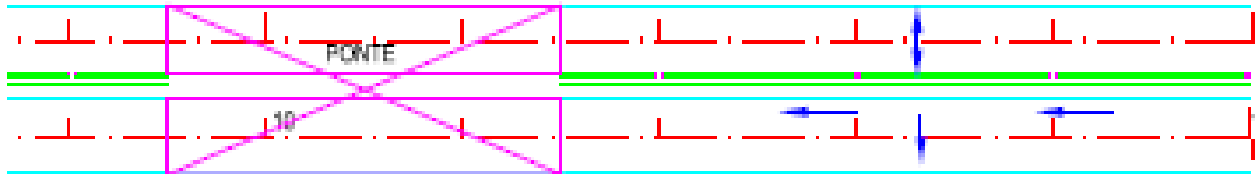
A Figura 24 mostra o esquema em projeto de um dos bueiros construídos. O bueiro em rosa está localizado na pista que já existia antes da duplicação, enquanto que o bueiro verde está localizado na pista duplicada construída posteriormente. Como pode-se analisar o bueiro segue as instruções do DNIT / IPR (2006d) em que a seção tubular ou celular é feita em concreto armado com os dispositivos de admissão e lançamento de água, localizadas a montante e a jusante compostas de soleira, muro de testa e alas, que são esses dispositivos na cor branca.

Outro dispositivo drenante localizado na duplicação é a ponte. A ponte é uma obra de arte projetada e construída para vencer os talwegues, geralmente são colocadas em trechos da estrada que estão sobre rios ou em grandes cursos de água que outros dispositivos não conseguem drenar de forma eficiente (DNIT/ IPR, 2006d).

Foram construídas três pontes na duplicação, em trechos diferentes, paralelas as pontes que já existiam na rodovia antes da duplicação. As pontes foram executadas de acordo com o projeto

estrutural realizado, assim como determina o DNIT. A figura 25 mostra o esquema em planta da ponte. As setas em azul mostram a projeção do caminho das águas no asfalto.

Figura 25: Esquema em projeto das pontes.



Ponte: Governo Municipal de Iracema (2014).

Atualmente, pode-se constatar que os elementos drenantes sob o pavimento são eficientes e estão localizados em lugares adequados. Abaixo na Figura 26 mostra uma das pontes construídas na rodovia.

Figura 26: Ponte da rodovia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

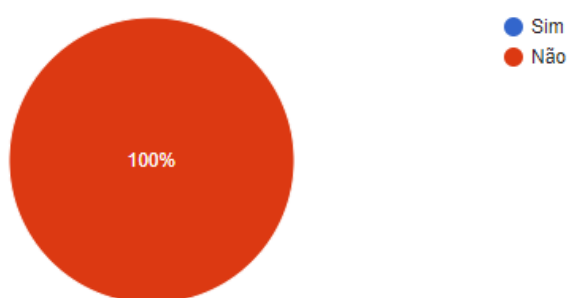
A ponte mostrada na Figura 26 é a ponte mais extensa das 3 pontes construída na duplicação com uma extensão de 40 metros de comprimento por 7,5 metros de largura. Ela está localizada acima de um rio e na entrada da cidade, atendendo aos critérios ao qual foi projetada, protegendo a estrada e permitindo a livre passagem do rio.

4.4.4. Eficiência dos elementos drenantes

Na duplicação da rodovia do Iracema – CE os elementos drenantes elencados acima não são suficientes para captar e redirecionar a água para um lugar seguro ou não estão em lugares adequados para que a drenagem eficiente aconteça.

Essa afirmação é comprovada por uma pesquisa realizada com habitantes do município de Iracema- CE, mais precisamente por pessoas que residem nos bairros de implantação da duplicação da via. O gráfico 02 expõe a opinião dos habitantes da cidade de Iracema sobre a eficiência da implantação da duplicação rodovia.

Gráfico 02: Respostas dos habitantes da Cidade de Iracema-CE sobre a eficiência da drenagem da duplicação da via.



Fonte: Autoria Própria (2020).

O gráfico 02 mostra que todos os participantes consideram a drenagem da duplicação da rodovia ineficiente, ou seja, quando chove a rodovia fica com pontos de água acumulado na pista, resultando em uma via não segura para os passageiros conduzirem seus veículos. Além disso os habitantes expõem como fica a rodovia após chuvas. As respostas podem ser analisadas no Gráfico 03 a seguir.

Gráfico 03: Respostas dos participantes da pesquisa sobre a drenagem da rodovia de Iracema-CE, após chuvas.



Fonte: Autoria Própria (2020).

O Gráfico 03 confirma que a drenagem superficial da duplicação da rodovia é ineficiente, ao qual todos os habitantes responderam que a rodovia acumula água após chuvas. O DNIT (2006, p. 27) estabelece que,

“É fundamental que o técnico responsável pelo projeto de uma rodovia tenha ampla consciência da importância da drenagem na garantia da estabilidade da via a ser construída e, em consequência, estabeleça de maneira coerente, técnica e economicamente, o correto dimensionamento das obras de drenagem a serem implantadas”.

Ou seja, ao não se fazer o dimensionamento correto dos dispositivos de drenagem, consequentemente interfere na qualidade e estabilidade da via, degradando a rodovia, ocasionando o surgimento de buracos e de certo modo colocando o investimento dos elementos drenantes de forma inadequada, por não estarem realizando a atividade ao qual foram projetadas. Além disso tem-se o fator segurança dos passageiros, podendo com o acúmulo de água na via e os buracos surgidos, resultar em acidentes.

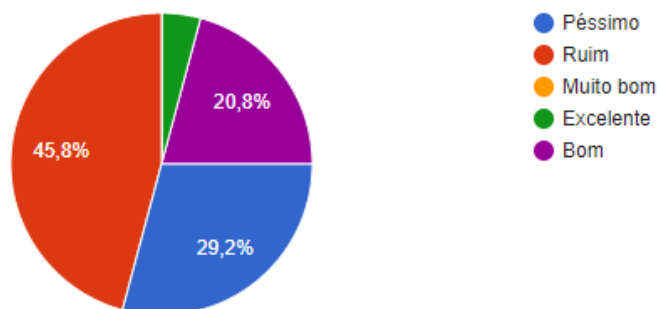
4.5. ANÁLISE DA ESSENCIALIDADE E EFICIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA

O Governo Municipal de Iracema (2014) descreve que a implantação da duplicação, melhoraria o tráfego na entrada da cidade e beneficiaria, também, outras comunidades. Pois, tratar-se de uma cidade com volume de tráfego bastante expressivo, principalmente na entrada.

Corroborando, Barroso (1988) destaca que há uma dinamização em rodovias em relação espaço/tempo que otimizam os fluxos globais. Ou seja, o desenvolvimento econômico trouxe necessidades inerentes a sociedade e com elas uma modificação nas relações de transportes, fazendo surgir necessidades que antes não existiam. Isso reflete-se na implantação de duplicação de rodovia, em que se sugere que a implantação seja sempre benéfica em todos os aspectos, otimizando a relação espaço tempo.

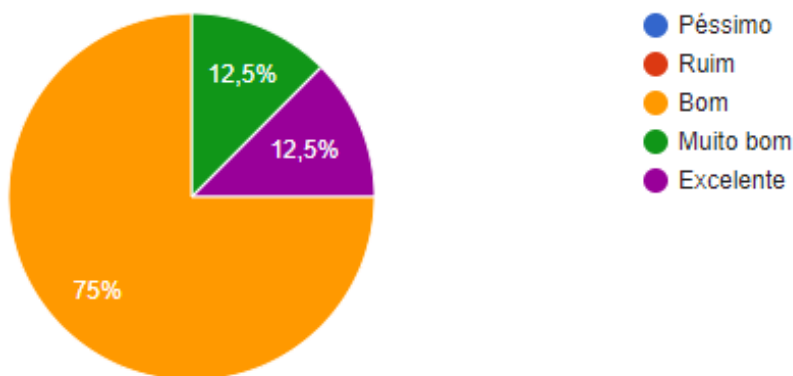
Entretanto, para a análise dessa relação que otimiza o fluxo global e, portanto, determina a essencialidade e eficácia da implantação da duplicação de Iracema – CE. Esses habitantes destacaram que residem na cidade e conhecem a rodovia antes e depois da duplicação, de acordo com as duas primeiras perguntas exposta no anexo A desse trabalho.

Os entrevistados destacaram a qualidade no tráfego antes e depois da duplicação da rodovia. Os dados correspondentes ao relato das pessoas sobre a qualidade do tráfego antes da duplicação esta representado no Gráfico 04.

Gráfico 04: Qualidade do tráfego antes da duplicação.

Fonte: Autoria Própria (2020).

De acordo com o Gráfico 04, 45,8% das pessoas que responderam ao questionário consideram que a qualidade do tráfego antes da duplicação era ruim, 29,2 % consideram que era péssimo e 20,8 % analisaram que era bom. Pode-se constatar que a maioria das pessoas consideram que o tráfego não era bom com a pista existente da rodovia. O Gráfico 05 a seguir retrata a opinião da população quanto a qualidade do tráfego depois da duplicação.

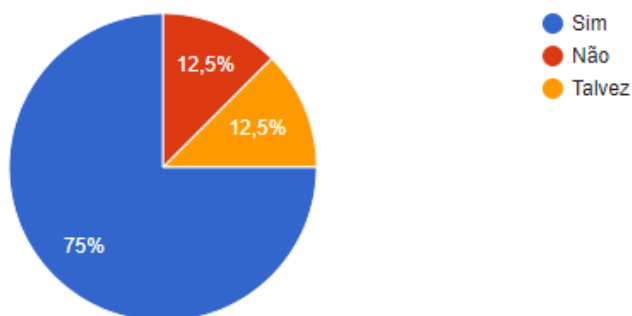
Gráfico 05: Qualidade do tráfego depois da duplicação.

Fonte: Autoria Própria (2020).

O Gráfico 05 destaca que 75 % das pessoas relatam que a qualidade do tráfego ficou bom depois da implantação da duplicação, 12,5 % expõe que ficou excelente e 12,5 % dizem que ficou muito bom. Ou seja, os resultados obtidos com a pesquisa refletem que a qualidade do tráfego na região depois da implantação da duplicação da rodovia se tornou bom. Portanto, pode-se retratar que a maioria dos habitantes consideravam a qualidade do tráfego era ruim antes da implantação da duplicação e passaram a considerar bom depois da duplicação.

Após a pesquisa foram constatados se era essencial a implantação da rodovia e se esta implantação foi eficiente. O Gráfico 06 a seguir, elenca a opinião da população quanto a essencialidade da via dupla na rodovia do Iracema.

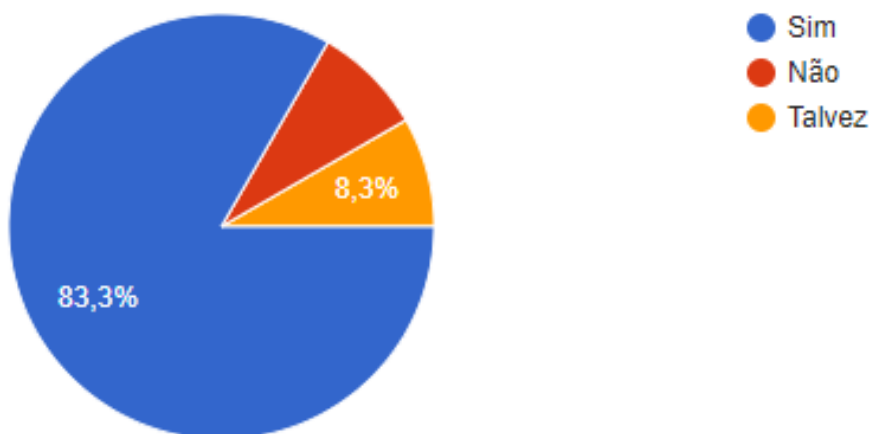
Gráfico 06: Essencialidade da via dupla.



Fonte: Autoria Própria (2020).

O Gráfico 06 mostra que a maior parte dos entrevistados (75%) consideram que a duplicação foi essencial, enquanto que apenas 25 % dos entrevistados consideram que não foi essencial ou não sabe se foi ou não essencial. Isto retrata que a maioria das pessoas ficaram satisfeitas com a duplicação da rodovia. Ou seja, essas pessoas conseguem ter uma acessibilidade melhor que resultando em uma mobilidade maior. O Gráfico 07 a seguir, demonstra o que a população considera sobre a eficiência da duplicação da rodovia.

Gráfico 07: Eficiência da via dupla.



Fonte: Autoria Própria (2020).

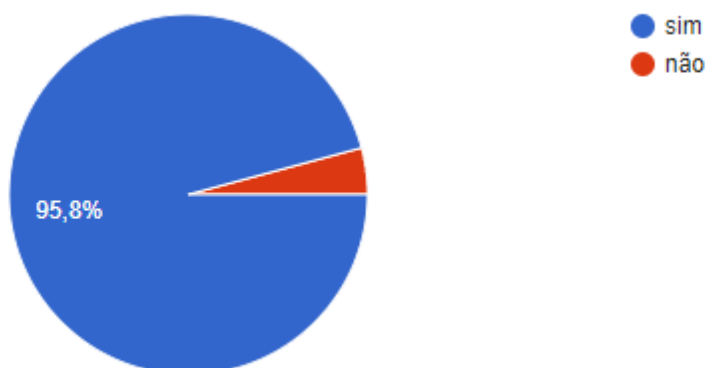
O Gráfico 07 confirma que a implantação da duplicação da rodovia foi além de essencial, foi também eficiente. A perspectiva das pessoas quanto a eficiência e essencialidade da

implantação pode estar relacionado também a mobilidade como instrumento de melhoria da cidadania e não somente de circulação de pessoas (SCHUTZER, 2010).

Apesar da maioria dos entrevistados considera que a duplicação trouxe melhorias e foi eficiente e essencial, existem outras pessoas que consideram que a duplicação não trouxe melhorias. As pessoas que relatam melhorias após a duplicação destacam uma melhoria no tráfego, na estética, na prática de exercícios, e principalmente na redução dos números de acidentes. Por outro lado, as pessoas que relataram não ter havido uma melhoria com a implantação, destacam que não havia justificativa suficiente para a implantação, que os acidentes são irresponsabilidade dos condutores e destacaram ainda a má qualidade da duplicação e o aumento na velocidade, devido a segurança passada com a duplicação.

Outro aspecto analisado na pesquisa foi em relação aos acidentes existentes na via. A pesquisa identificou que a população ao serem questionados se haviam muitos acidentes nos bairros de implantação da duplicação, 95,8 % consideram que haviam muitos acidentes. Esses dados podem ser verificados no Gráfico 08.

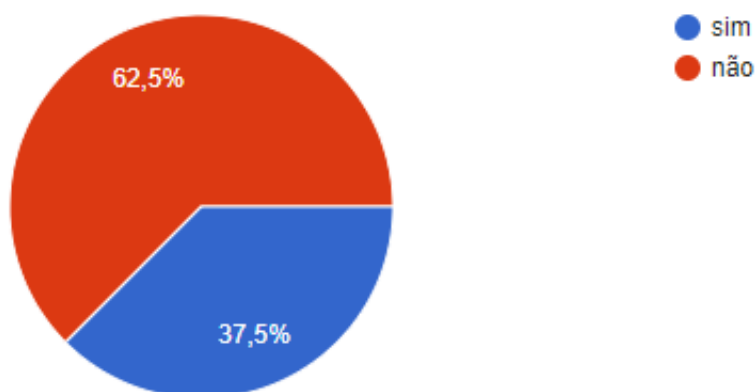
Gráfico 08: Acidentes antes da implantação da mão dupla na rodovia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Outro questionamento importante na entrevista foi se após a duplicação ainda existem muitos acidentes nos bairros de implantação da rodovia. 62,8 % da população respondeu que não existe muitos acidentes nos bairros e 37,5 % consideram que há muitos acidentes após a implantação da duplicação da rodovia. Esses dados são representados no Gráfico 09.

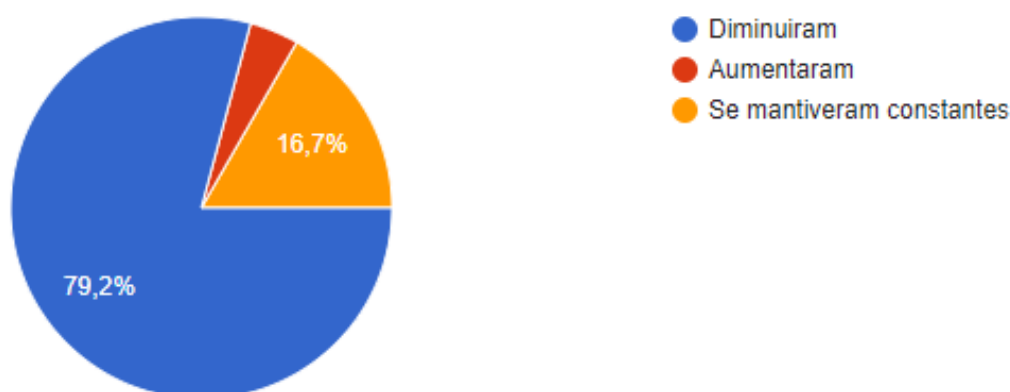
Gráfico 09: Acidentes depois da implantação da mão dupla na rodovia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Foi realizado outro questionamento a população sobre a incidência dos acidentes. Se a população considerava que esses acidentes haviam diminuído, aumentado ou se mantiveram constantes após a implantação da duplicação da rodovia. 72,9 % das pessoas consideraram que os acidentes diminuíram e 16,7 % consideram que os acidentes se mantiveram constante. Esses dados podem ser verificados no Gráfico 10, a seguir.

Gráfico 10: Comparação dos acidentes antes e depois da via dupla da rodovia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Os gráficos 08, 09 e 10 destacam que haviam muitos acidentes na região antes da implantação da duplicação da rodovia e quando houve a implantação da duplicação o número de acidentes diminuíram, refletindo que a região ficou mais segura, garantindo assim uma eficiência e essencialidade a duplicação quanto a acidentes.

De fato, através da pesquisa realizada foi constatado que a implantação da duplicação foi essencial e eficiente para a cidade de Iracema – CE trazendo inúmeros benefícios como melhorias

no tráfego, na segurança, na acessibilidade, na mobilidade, no número de acidentes e na estética da cidade. Entretanto, não é toda a população que consideram que a duplicação da rodovia foi essencial, algumas pessoas relataram que com a implantação os veículos andam mais rápidos na via, não respeitando a sinalização. Outros relatam que talvez houvesse soluções mais baratas para se resolver a problemática do tráfego e dos acidentes na cidade.

Portanto, pode-se concluir que a implantação da duplicação da rodovia não atendeu a todos os parâmetros e não satisfazem a toda a população. Porém, percebe-se que mesmo assim a duplicação trouxe uma eficiência e melhorias para a cidade de Iracema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse trabalho foi possível compreender a importância da engenharia rodoviária não só para a cidade de Iracema no Ceará, mas para toda a sociedade. Entretanto é necessário que a engenharia rodoviária seja projetada e executada de forma adequada para atender todas as exigências de segurança, economia e conforto aos seus usuários.

O conforto da rodovia e a segurança dos usuários são expressos nos parâmetros de qualidade da duplicação da pista. Esses parâmetros são refletidos na utilização dos materiais adequados, que atendam normas vigentes (BERNUCCI ET AL., 2006), além do controle de qualidade do pavimento que envolvem a realização de ensaios, verificação de resultados de acordo com as especificações da obra, adequação das instalações, da calibração correta dos equipamentos utilizados, dos métodos de documentação dos resultados e da competência técnica dos profissionais envolvidos (FORTES E MERIGHI, 2004).

Alguns dos parâmetros de qualidade citados acima não foi possível serem realizados. No entanto, foi identificado que os projetos cedidos pela prefeitura municipal não estão totalmente adequados aos normativos do DNIT e DER, porém, alguns desses projetos estão adaptados para a realidade da cidade.

O traçado da duplicação da rodovia foi realizado de forma adequada aos descritos pelos manuais de projeto geométrico do DNIT e DNER, pois seguiram paralelamente a pista existente, evitando o máximo de danos e impactos ao meio ambiente. A terraplanagem foi realizada de forma a obedecer ao traçado e estabilizar o pavimento da rodovia, entretanto não foram descritos em projetos todos os dados exigidos pelo manual como volume de bota fora, áreas de empréstimos.

Quanto a sinalização analisou-se a existência de sinalização em todos os trechos da duplicação, mas com falha na indicação dos sentidos de fluxos para pessoas que não são da cidade, além de existir uma incompatibilidade entre as sinalizações descritas em projeto e sinalizações existentes na duplicação da rodovia.

Já a drenagem através dos dispositivos drenantes e das obras de artes são estabelecidos em projeto, entretanto pode-se concluir que esses elementos não são eficientes na drenagem superficial da duplicação da rodovia, não drenando adequadamente a água que incide no pavimento, provocando a degradação do pavimento da rodovia, associado também a outros fatores como má execução da obra.

Através da entrevista realizada com a população da cidade de Iracema- CE constatou-se que a implantação da duplicação da rodovia foi eficiente e essencial, diminuindo o número de acidentes existentes na via, melhorando o fluxo e a qualidade do tráfego.

Portanto, evidencia-se que os objetivos deste trabalho foram alcançados. Além disso, ressalta-se a extrema importância de obedecer às normas existentes para dimensionar e executar uma rodovia de acordo com o projeto geométrico, terraplanagem, drenagem, sinalização, pavimentação, entre outros projetos que devem conter para a concretização de uma duplicação de rodovia de maneira a qual está estabelecido no projeto de forma adequada, estabelecendo critérios de segurança para garantir a qualidade da duplicação da rodovia implantada, de modo a não provocar desconforto e insegurança dos usuários.

5. 1. PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Perante o estudo realizado, com o objetivo de analisar mais parâmetros da engenharia civil entende-se que é necessário a realização de estudos e análises de outros parâmetros não estudados nesse trabalho, como o estudo mais detalhados do elementos drenantes como a realização de estudos das pontes existentes na rodovia do Iracema, determinando seus elementos estruturais, como é realizado a construção de pontes, qualidade dessas pontes implantadas e qual o nível de degradação dessas pontes, uma vez que estão expostos a agentes degradadores de elementos estruturais. Cabendo avaliar a implementação de pontes e se são necessários de recuperações nas mesmas. Para a realização pode-se ter como base, fontes bibliográficas como manuais do DNIT e normas existentes para pontes e elementos estruturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Altas, 1993.

ANDER – EGG, Ezequiel. **Introducción a lãs técnicas de investigación social: para trabajadores sociales**. 7. ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.

CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **59,2% das rodovias brasileiras apresentam problemas de sinalização**. Brasília-DF: Por Agência CNT Transporte Atual, 2018.

CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Piora a qualidade das rodovias brasileiras**. Brasília-DF: Por Agência CNT Transporte Atual, 2019.

DER-SP, Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. **INSTRUÇÃO DE PROJETO IP-DE-A00/007: Projeto de Engenharia para Duplicação de Rodovias**. São Paulo: Secretaria de Transportes - Departamento de Estradas de Rodagem, 2005.

DNIT, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **IPR 742: Manual de implantação básica de uma rodovia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias., 2010a. 617 p.

DNER, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **705: Manual de Sinalização Rodoviária**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes Departamento Nacional de Estradas de Rodagem Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, 1999b.

DNER, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **706: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes Departamento Nacional de Estradas de Rodagem Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, 1999a. 195p.

DNIT, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **IPR 726: Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos rodoviários: escopos básicos/instruções de serviço**. 3 ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias., 2006b. 484 p.

DNIT, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **IPR 740: Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias., 2010b. 392 p.

DNIT, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **IPR 725: Álbum de projetos: tipos de dispositivos de drenagem**. 2 ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias., 2006a.

DNIT, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **IPR 724: Manual de drenagem de rodovias**. 2 ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias., 2006d. 333 p.

DNIT, Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes. **IPR 719: Manual de pavimentação**. 3 ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2006c. 274 p.

ESTADO DO CEARÁ/GOVERNO MUNICIPAL DE IRACEMA. **Projeto de pavimentação para duplicação na estrada na entrada da cidade de Iracema, com extensão de 680,00 metros**: MEMORIAL DESCRITIVO TRECHO I Avenida Raimundo Leandro Pinheiro e Celso Gomes. Iracema-CE: Governo Municipal de Iracema, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOVERNO MUNICIPAL DE IRACEMA. **O MUNICÍPIO**: Dados do município. 2020. Disponível em: <https://www.iracema.ce.gov.br/omunicipio.php>. Acesso em: 10 nov. 2020

FREIRE, Liz Helena Costa Varella. **Análise de tratamentos adotados em travessias urbanas - rodovias arteriais que atravessam pequenas e médias cidades no RS**. 2003. 148f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**: Iracema. Brasil, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/iracema/panorama>. Acesso em: 20 out. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Estados e Cidades**: Brasil/Ceará/Iracema. Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/iracema>. Acesso em: 20 out. 2020.

PIMENTA, Carlos R.T.; SILVA, Irineu da; OLIVEIRA, Márcio P.; SEGANTINE, Paulo Cesar Lima. **Projeto Geométrico de Rodovias**. Rio Janeiro: Elsevier, 2017.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1989. MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SILVA, Edna Lúcia; MENEZES Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3 ed. Ver. Atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a distância da UFSC, 2001. 121 p.

SCHUTZER, Kleber. **A percepção do pedestre sobre a qualidade da paisagem urbana**. Dissertação (mestrado) - UFSCar, São Carlos, 2010

TAVARES, Luiza Medeiros. **Impactos sociais da duplicação de uma rodovia em uma cidade de pequeno porte: o caso de Goianinha/RN**. 2015. 79 f. TCC (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

ANEXO A

Questionário

Pesquisa sobre a duplicação do trecho de 680 metros entre a av. Raimundo Leandro Pinheiro e Celso Gomes na cidade de Iracema-CE.

Você reside em Iracema-CE?

☐ Sim

☐ Não

Conhece a duplicação da pista entre a av. Raimundo Leandro Pinheiro e Celso Gomes localizada na entrada da cidade?

☐ Sim

☐ Não

Como você define a qualidade de tráfego antes da duplicação?

☐ Péssimo

☐ Ruim

☐ Bom

☐ Muito bom

☐ Excelente

Como você define a qualidade de tráfego depois da duplicação?

☐ Péssimo

☐ Ruim

☐ Bom

☐ Muito bom

☐ Excelente

Existiam muitos acidentes nos bairros campo, jatobá e pedra bola antes da duplicação?

☐ Sim

☐ Não

Existem muitos acidentes nos bairros campo, jatobá e pedra bola depois da duplicação?

☐ Sim

☐ Não

Esses acidentes diminuíram ou aumentaram depois da duplicação?

- ☐ Diminuíram
- ☐ Aumentaram
- ☐ Se mantiveram constantes

Como você analisa a implantação da duplicação?

- ☐ Trouxe melhorias
- ☐ Não trouxe melhorias

De acordo com a pergunta anterior responda se você disse que “trouxe melhorias”, quais foram as melhorias e porque precisava dessa duplicação? Se sua resposta foi “não trouxe melhorias” então diga porque não trouxe melhorias?

A implantação da duplicação foi eficiente para a cidade?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

A implantação da duplicação foi essencial para a cidade?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

A drenagem da duplicação é eficiente?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Como fica a estrada da duplicação depois de chuvas?

- ☐ Alguns pontos da estrada acumulam água
- ☐ A estrada não acumula água
- ☐ A estrada fica totalmente com água

Como está o pavimento da estrada atualmente?

- ☐ Alguns trechos com buracos
- ☐ Alguns trechos sem buracos