

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
MBA em Tecnologia da Informação - Executivo

**Sistema de detecção das condições asfálticas das ruas através
do uso passivo de *smartphones*.**

Autor:

Laudelino Amaral de Oliveira Lima

Orientador:

Flávio Luis de Mello, D. Sc.

Examinador:

Edilberto Strauss, PhD

Examinador:

Claudio Luiz Latta de Souza, MSc

Examinador:

Manoel Villas Bôas Júnior, MSc

Examinador:

Noberto Ribeiro Bellas, MSc

Examinador:

Paulo Fernando Peixoto da Costa Fazzioni, MSc

MBTI-e
Março de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Escola Politécnica – Departamento de Eletrônica e de Computação

Centro de Tecnologia, bloco H, sala H-217, Cidade Universitária

Rio de Janeiro – RJ CEP 21949-900

Este exemplar é de propriedade da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que labutam em busca de soluções para a coletividade, sejam elas tecnológicas, educacionais, alimentícias ou médicas. Esse tipo altruísta e silencioso é uma importante peça do motor do mundo que me faz seguir em frente e com renovada fé na humanidade.

AGRADECIMENTO

A família, que sempre é a primeira prejudicada com a nossa ausência durante os períodos de estudos.

Ao Tenente Coronel Douglas CORBARI Corrêa, Chefe da Subdivisão Técnica, 5.a Divisão de Levantamento e Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro pelas orientações referentes ao mapeamento profissional de arruamentos.

Ao advogado Rafael Diego Jaires da Silva, pelo primoroso trabalho de esclarecimento da culpabilidade do Estado nos acidentes em decorrência da má conservação das nossas ruas e estradas.

Ao professor Flávio Luis de Mello pela condução amigável e sincera na construção dessa monografia.

RESUMO

A história da humanidade mostra que as inovações sempre surgem a partir de uma necessidade, uma possibilidade ou de um incômodo. A inovação se caracteriza por ser uma ou mais invenções que em conjunto, encontraram uma utilidade prática além da que inicialmente foram projetadas. Nesse sentido, esse projeto assume a condição de inovador ao utilizar as tecnologias embarcadas na maioria dos smartphones para realizar o mapeamento das condições das ruas de qualquer cidade através do uso dos seus sistemas operacionais, do GPS, dos acelerômetros, um site de mapas e das conexões de Internet. Além da solução técnica, vamos também apresentar uma solução de negócio para que sua adoção seja interessante para todos os envolvidos.

Palavras-Chave: *Smartphones*, *GPS*, Mapas, Condições Asfálticas, Negócio.

ABSTRACT

The history of mankind shows that innovations always arise from a necessity or a possibility of a nuisance. Innovation is characterized by one or more inventions what together, found a practical use beyond that were initially designed. In this sense, this project assumes the condition of innovation by using technology embedded in most SmartPhones to perform the mapping of the conditions of the streets of any city through the use of their operating system, GPS, accelerometer, a site map and Internet connections. In addition to the technical solution, we also present a solution for your business adoption is interesting for everyone involved.

Keywords: *SmartPhones*, *GPS*, Maps, Asphalt Conditions, Business.

SIGLAS

UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

WIFI - Deriva de uma abreviação de Wireless Fidelity, ou “Fidelidade sem Fio”. É baseado no termo Hi-Fi, designado para qualificar aparelhos de som com áudio mais confiável, que é usado desde a década de 1950.

MBA - Master of Business Administration (Mestrado em Administração de Negócios).

MBTI-e - MBA em Tecnologia da Informação – Executivo.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do IBGE.

WAZE – Pronuncia-se Ways (caminhos)

IOS - Antes chamado de “iPhone OS”. É um sistema operacional móvel da Apple Inc. desenvolvido originalmente para o iPhone, também é usado em iPod touch, iPad e Apple TV.

BR – Sigla que abrevia o nome do país. Brasil. É utilizado antes do número das rodovias. Exemplo: BR-101.

PE – Sigla do Estado de Pernambuco.

CE – Sigla do Estado do Ceará.

MA – Sigla do Estado do Maranhão.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

GB – Significa gigabites. É uma unidade de medida de informação, segundo o Sistema Internacional de Unidades - S.I., que equivale a um bilhão de bytes.

VMPI - Veículo Multifuncional de Inspeção de Pavimentos

MBC - Magic Body Control (Controle Mágico do Corpo) da Mercedes Benz

XML - Do inglês eXtensible Markup Language, é uma linguagem de marcação recomendada pela W3C para a criação de documentos com dados organizados hierarquicamente, tais como textos, banco de dados ou desenhos vetoriais. A linguagem XML é classificada como extensível porque permite definir os elementos de marcação.

KBYTES – Kbytes ou Quilobyte é um múltiplo de uma unidade byte. Embora o prefixo quilo signifique 1000, o termo quilobyte e o símbolo kB tem historicamente sido usado para se referir a 1024.

EAP/WBS - Estrutura Analítica de Projetos (EAP), do inglês WBS (Work breakdown structure)

TRU - Taxa Rodoviária Única

IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores

Sumário

Capítulo 1.....	1
1.1 - Tema.....	1
1.2 - Delimitação.....	1
1.3 - Justificativa.....	2
1.4 - Objetivos.....	3
1.5 - Metodologia.....	3
1.6 - Descrição.....	4
Capítulo 2.....	5
2.1 - Dispositivos aptos a utilizar a solução.....	5
2.2 - Identificando smartphones.....	5
2.3 - Identificando celulares com redes de dados.....	6
2.4 - Identificando o sistema operacional.....	7
Capítulo 3.....	10
3.1 - Descrição do cenário atual.....	10
3.2 - Composição do preço do frete.....	11
3.2.1 - Custos variáveis.....	11
3.2.1.1 - Peças, acessórios e material de manutenção (PM).....	12
3.2.1.2 - Combustível (DC).....	12
3.2.1.3 - Lubrificantes (LM e LT).....	12
3.2.1.4 - Lavagem e graxas (LG).....	13
3.2.1.5 - Pneus e recauchutagem (PR).....	14
3.2.2 - Custo variável total.....	14
3.3 - Dependência das rodovias.....	15
3.4 - Distribuição da malha viária.....	15
3.5 - Segurança.....	16
3.6 - Conclusão.....	18
Capítulo 4.....	19
4.1 - Classificação.....	19
4.1.1 - Tipologias.....	19
4.1.1.1 - Fenda.....	21
4.1.1.2 - Fissura.....	21
4.1.1.3 - Trincas.....	21
a) Trinca transversal.....	21
b) Trinca longitudinal.....	22
c) Trinca de retração.....	23
d) Trinca tipo "Couro de Jacaré".....	23
e) Trinca tipo "Bloco".....	24
4.1.1.4 - Afundamento.....	25
a) Afundamento plástico.....	25
b) Afundamento de consolidação.....	26
4.1.1.5 - Ondulação ou corrugação.....	28
4.1.1.6 - Escorregamento.....	29
4.1.1.7 - Exsudação.....	30
4.1.1.8 - Desgaste.....	31
4.1.1.9 - Panela ou buraco.....	32
4.1.1.10 - Remendo.....	33
a) Remendo profundo.....	33
b) Remendo superficial.....	34
4.1.2 - Quadro de resumo dos defeitos (DNIT).....	36
4.1.3 - Representação esquemática dos defeitos.....	37
4.2 - Como hoje é feita a identificação das condições dos pavimentos...38	
4.2.1 - Deflectógrafo Lacroix.....	38
4.2.2 - Veículos Multifuncionais de Inspeção de Pavimentos.....	42
4.2.3 - Escâner de Pavimento.....	44
4.2.4 - Unidade Móvel de Mapeamento Digital e Processamento de Imagens.....	47
4.2.5 - Sistemas avançados embarcados em carros de luxo.....	51

4.2.6 - Jaguar Land Rover Pothole Alert Technology.....	53
4.2.7 - Software Mobile do DNIT.....	55
4.2.8 - Imagens do Aplicativo DNIT.....	58
4.2.9 - O que vem pela frente.....	60
Capítulo 5.....	63
5.1 - A Proposta.....	63
5.2 - Apresentação do projeto LUNAR.....	64
5.2.1 - Algoritmos.....	66
5.2.1.1 - Cliente - Algoritmo de Identificação do Repouso.....	66
5.2.1.2 - Cliente - Algoritmo de Gravação.....	67
5.2.1.2 - Cliente - Algoritmo de Transmissão.....	67
5.2.2.1 - Servidor - Algoritmo de Identificação das irregularidades.....	68
5.2.2.2 - Servidor - Algoritmo de Descarte dos extremos.....	68
5.2.2.3 - Servidor - Algoritmo de Agrupamento das análises.....	68
5.2.2.4 - Servidor - Algoritmo de Temporalidade quantitativa dos dados.....	69
5.2.2.5 - Servidor - Algoritmo de desvios de irregularidades.....	69
5.2.2.6 - Servidor - Algoritmo de conta-corrente dos usuários.....	69
5.2.2.7 - Servidor - Algoritmo de remuneração.....	70
5.3 - Modelo de negócio.....	71
5.3.2 - Tem um mercado relevante?.....	72
5.3.3 - Já existe algo similar?.....	72
5.3.4 - É prototipável?.....	73
5.3.5 - É monetizável?.....	73
5.3.6 - Quem é o cliente final?.....	74
5.3.7 - Quais seriam seus custos e a infraestrutura necessária?.....	74
5.4 - Agentes Interessados na Solução.....	78
5.4.1 - Usuários.....	78
5.4.2 - Responsáveis.....	78
5.5 - Como tornar o aplicativo indispensável.....	79
5.5.1 - O índice Lunar.....	79
5.5.2 - A inserção na mídia.....	80
5.5.3 - A inserção no debate político.....	80
5.5.4 - A inserção nas metas dos governos.....	81
5.6 - A responsabilidade Pública.....	82
Capítulo 6.....	87
6.1 - Conclusões.....	87
6.2 - Trabalhos Futuros.....	88

Lista de figuras

Figura 1: Venda de celulares por tipo no Brasil.....	6
Figura 2: Acesso à Internet por tecnologia móvel nas residências brasileiras.....	7
Figura 3: Distribuição dos sistemas operacionais de equipamentos móveis...8	
Figura 4: DNIT - Situação da Pavimentação brasileira.....	15
Figura 5: Distribuição da malha viária por Estado e região.....	16
Figura 6: Taxa média de óbitos por acidente de trânsito nos estados segundo frota de veículos.....	17
Figura 7: Indenizações pagas por morte/tipo de veículo/vítima Fonte: Seguradora Líder DPVAT[156]. Período: Jan a Jun/2013.....	18
Figura 8: Trinca Isolada - Transversal.....	22
Figura 9: Trinca isolada - longitudinal.....	23
Figura 10: Trinca interligada - tipo jacaré.....	24
Figura 11: Trinca interligada - tipo bloco.....	25
Figura 12: Afundamento de trilha de roda.....	26
Figura 13: Afundamento local.....	27
Figura 14: Ondulação.....	28

Figura 15: Escorregamento.....	29
Figura 16: Esxudação.....	30
Figura 17: Desgaste.....	31
Figura 18: Panela / buraco.....	32
Figura 19: Remendo retangular.....	33
Figura 20: Remendo superficial.....	34
Figura 21: Defeitos diversos.....	35
Figura 22: DNIT - Quadro resumo dos defeitos - Codificação e Classificação	36
Figura 23: Representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.....	37
Figura 24: Deflectógrafo Lacroix embarcado em caminhão.....	39
Figura 25: Esquema de funcionamento de um Deflectógrafo Lacroix.....	40
Figura 26: Deflectógrafo Lacroix - Vista lateral.....	41
Figura 27: Computador de processamento do Deflectógrafo.....	42
Figura 28: Veículo Multifuncional de Inspeção de Pavimentos (VMIP).....	43
Figura 29: Funcionalidades de um VMIP, tais como: geolocalização, identificação do perfil transversal, logitudinal, inclinação, degradações e imagens do meio ambiente.....	44
Figura 30: Escaner de pavimento embarcado em veículo utilitário.....	45
Figura 31: Simulação de como é feito o escaneamento do pavimento.....	46
Figura 32: Escaneamento mais simples de pavimento e com veículo comum....	46
Figura 33: Veículo utilizado para embarcar os equipamentos de mapeamento de imagens.....	47
Figura 34: Sistema de gerenciamento da coleta de imagens.....	48
Figura 35: Buraco fotografado durante o percurso.....	48
Figura 36: Primeira fase de tratamento da imagem com transformação para tons de cinza.....	49
Figura 37: Imagem binarizada.....	49
Figura 38: Borda do buraco detectada.....	50
Figura 39: Mapa final com o status das vias percorridas.....	50
Figura 40: Esquema29 geral da disposição das câmeras e sensores do MBC...	52
Figura 41: Mapa instantâneo de identificação das variações de pavimento.	52
Figura 42: Localização da câmera estéreo.....	53
Figura 43: Sistema de suspensão que absorve as irregularidades do piso após a sua detecção.....	53
Figura 44: Sistema força a suspensão para baixo em sincronia com o defeito do pavimento.....	54
Figura 45: Sistema força a suspensão para cima em sincronia com o defeito do pavimento.....	54
Figura 46: Esquema de detecção, aviso e compartilhamento.....	55
Figura 47: Ao passar pela irregularidade o sistema classifica e identifica as coordenadas.....	56
Figura 48: Passageiro recebe alerta nos sistemas do carro ou via holograma no parabrisa dianteiro.....	57
Figura 49: Foto 40: Imagem inicial do aplicativo.....	60
Figura 50: Identificação da posição atual no GPS.....	60
Figura 51: Questionamento se o usuário é o condutor.....	60
Figura 52: Seleção visual do tipo de ocorrência.....	60
Figura 53: Caso não tenha sinal de Internet no local nem de GPS, é necessário informar o Estado, o número da rodovia e o quilômetro da ocorrência. O DNIT MÓVEL guarda os dados e envia para a central assim que a comunicação for restabelecida.....	61
Figura 54: Informe da localização da ocorrência.....	61
Figura 55: Detalhamento da ocorrência.....	61
Figura 56: Detalhamento da ocorrência dentro da patente do Google.....	63
Figura 57: Detalhamento da interface da aplicação proposta pelo Google...	64
Figura 58: Carros similares, massas diferentes.....	65
Figura 59: Acelerômetro e seu esquema de funcionamento em três eixos....	66
Figura 60: WBS do Projeto Lunar.....	76
Figura 61: EAP do Projeto Lunar.....	77

Lista de tabelas

Tabela 1: Usuários do Waze por sistema operacional em 2013.....	9
Tabela 2: Dados do EAP para execução do projeto.....	83
Tabela 3: Custos para execução do projeto.....	83

Capítulo 1

Introdução

1.1 – Tema

Esse trabalho tratará da utilização de recursos presentes na maioria dos celulares para através das variações de seu acelerômetro e coordenadas geográficas adquiridas pelo seu GPS, capturar as condições asfálticas do local por onde o aparelho passe e submetê-las a um servidor que fará a interpretação dos dados coletados para posterior venda ou disponibilização.

1.2 – Delimitação

Essa é uma solução de captura restrita aos usuários de *Smartphones* com acesso à Internet ou redes Wifi, mas com resultado prático para toda a sociedade que poderá fazer uso indireto de seus benefícios. Esse trabalho terá como limite os seguintes tópicos:

- As características do equipamento móvel que permitem a identificação dos eventos;
- As interpretações dos eventos que comporão uma base de dados de irregularidades;
- A maneira como atrair os usuários para o uso da solução;
- Os benefícios esperados para a sociedade;
- A forma de remuneração dos usuários;
- A forma de monetização da empresa;
- A criação de indicadores públicos de dados de qualidade asfáltica
- A inserção do tema na discussão política nacional

1.3 – Justificativa

A ideia surgiu logo após uma aula do *MBTI*-e em 2013, o qual essa monografia assim o encerra. Eu havia atualizado o software do *GPS* para que indicasse algumas características que não estavam presentes nas versões originais, tais como: lombadas, escolas, hospitais, postos de gasolina, delegacias, sinais de trânsito e radares. Ao retornar para casa à noite, embaixo do extinto Elevado da Perimetral no sentido Avenida Brasil, colidi com grande velocidade num buraco oculto pela baixa iluminação do local. Nesse instante desejei que houvesse algum meio de identificar essas irregularidades na pista. O primeiro instinto foi incluir manualmente no *GPS*, assim como é feito para sinais de trânsito, lombadas e etc.. Embora a solução com a devida manutenção funcionasse, era perigosa e não se mostrava prática, pois seria necessária uma grande participação de motoristas que estivessem dispostos a registrar esses acidentes enquanto estivessem dirigindo. Essa ideia foi descartada; as irregularidades deveriam ser identificadas no instante em que o veículo estivesse passando pelo local, passivamente e por algum dispositivo que estivesse no próprio veículo ou com algumas das pessoas em seu interior. Não existe tal dispositivo nos veículos, mas existe um equipamento que está presente com a quase totalidade das pessoas. O celular. Mais especificamente, o *smartphones*.

Esse dispositivo na maioria das versões, possui recursos eletrônicos que embora não tenham sido projetados para esse fim, podem identificar irregularidades asfálticas pelas quais passamos e enviar esses dados para algum local de consolidação.

Os dados a serem apresentados mostrarão que as boas condições asfálticas não só são determinantes para redução do preço do frete, como também para redução do número de óbitos e de pessoas inválidas em decorrência de acidentes de trânsito. Nesse sentido, tentaremos justificar a construção dessa aplicação não só como uma inovação tecnológica, mas também como uma solução para amenizar o alto preço que nossa sociedade paga, seja ele em frete ou em vidas.

1.4 – Objetivos

Esse trabalho possui em sua essência, três objetivos principais. O primeiro será apresentar a viabilidade técnica do mapeamento das condições asfálticas das ruas através da utilização dos hardwares e softwares comumente embarcados nos celulares. O segundo objetivo será comprovar que existe um modelo de negócio rentável com a venda das informações consolidadas. O terceiro e final objetivo, será demonstrar que a criação de um índice que represente as condições asfálticas de uma determinada rua, de um bairro, cidade ou região específica, será um excelente condutor para que a utilização da aplicação se torne massiva e também para que os nossos governantes se sintam obrigados a zelar com as condições das ruas e estradas, afinal, existirá um indicador público e confiável, informando qual era a situação, antes, durante e depois de seu mandato.

1.5 – Metodologia

A pesquisa foi realizada buscando-se primeiramente identificar todo o contexto dos elementos que farão parte da solução proposta, de maneira que o seu estudo de viabilidade se apresentasse o mais próximo possível da realidade. Começaremos identificando os componentes eletrônicos embarcados na maioria dos celulares do mercado brasileiro para logo a seguir, apresentar como que hoje é feita a classificação do arruamento e o que existe de disponibilização na Internet, de mapas de ruas e recursos de integração (API). O próximo ponto será referente a identificação de como os brasileiros utilizam seus celulares para que saibamos exatamente qual seria a faixa de usuários em condições de contribuir com a coleta de informações. Apresentaremos também um modelo de negócios onde todos os envolvidos, desde a coleta até o consumo das informações, poderão usufruir dos seus benefícios. O epílogo do trabalho apresentará todas as possibilidades identificadas de uso dos dados coletados e os potenciais interessados em sua aquisição. Ao final, trataremos de um conjunto de ações táticas para tornar esse serviço atraente aos potenciais compradores do mercado.

1.6 – Descrição

No capítulo 2, serão identificados os dispositivos aptos a utilizar a solução.

No capítulo 3, serão descritas as motivações para o desenvolvimento dessa aplicação, ou seja, quais são os elementos que me fizeram acreditar que essa é uma oportunidade maior do que simplesmente fazer um aplicativo.

No capítulo 4, serão descritas as classificações dos defeitos nos pavimentos atribuídas pelo órgão federal gestor; equipamentos e tecnologias utilizadas atualmente e algumas soluções novas que estão em andamento.

No capítulo 5 será descrita a proposta do projeto; o modelo de negócio; os possíveis interessados no uso da aplicação; as ações táticas para que a aplicação se torne indispensável e a responsabilidade do Estado nos acidentes provocados por falta de manutenção nos pavimentos.

No capítulo 6, serão descritas as conclusões e os apontamentos para trabalhos futuros.

Capítulo 2

O Mercado de Dispositivos Móveis

2.1 - Dispositivos aptos a utilizar a solução.

Será apresentado nesse capítulo a situação do mercado brasileiro, no que tange aos aparelhos capazes de executar o aplicativo proposto por esse trabalho. O primeiro passo consiste em identificar a distribuição entre celulares normais e *smartphones*, para logo a seguir, estimar o quantitativo de equipamentos com Internet e seu respectivo sistema operacional. Esse conjunto de dados nos auxiliará primeiramente na viabilidade de adoção por um grande número de usuários, para logo a seguir, identificar qual seria o primeiro sistema operacional a ser disponibilizado.

Um grande problema no que tange as pesquisas realizadas dentro da área de tecnologia e para um país das dimensões do Brasil, é que a aquisição, compilação e disponibilização dos dados consomem em média dois anos, tempo suficiente para que se forme uma defasagem grande entre os estudos e a realidade.

2.2 - Identificando smartphones

De acordo com o estudo *IDC Mobile Phone Tracker Q4*, realizado pela IDC Brasil e apontado pelo site de estatísticas TELECO^[1], o mercado de smartphones no Brasil atingiu 54,0 milhões de unidades em 2014, 76,1% do total de celulares comercializados(figura 1). Existe uma clara preferência dos brasileiros por esse tipo de aparelho e o crescimento contínuo, somado ao declínio dos aparelhos mais simples, mostra uma tendência de que entre os anos de 2016 e 2017 só existirão smartphones à venda, salvo alguma estratégia comercial ou nicho específico.

Milhões	2011	2012	2013	2014
Celulares tradicionais	58	43,5	31,2	16,9
Smartphones	9,1	16	35,2	54
Total de Aparelhos	67,1	59,5	66,4	71
%Smartphones/Cel.	13,60%	26,80%	53,00%	76,10%

Vendas de celulares por tipo no Brasil



Fonte: IDC e Abinee/Telecom.com.br

Figura 1: Venda de celulares por tipo no Brasil

2.3 - Identificando celulares com redes de dados

A pesquisa realizada em 2012 e publicada em 2013 pela Nokia Siemens Networks (NSN) comentada pelo site Telesintese^[2], apontava o número de usuários que além de terem um smartphones., possuem rede de dados em celulares, alcançou 57% do total de equipamentos em funcionamento no Brasil (Figura 2). No mundo, os usuários de dados móveis representam 64% do total.

Outra pesquisa similar, mas com uma abrangência maior, a PNAD 2013^[3], praticamente confirma esse número ao concluir que 53,6% dos lares brasileiros, acessam a Internet através de telefonia móvel celular e desses, 10,5% só dispõem desse meio.

Acessos à internet por tecnologia móvel nas residências brasileiras

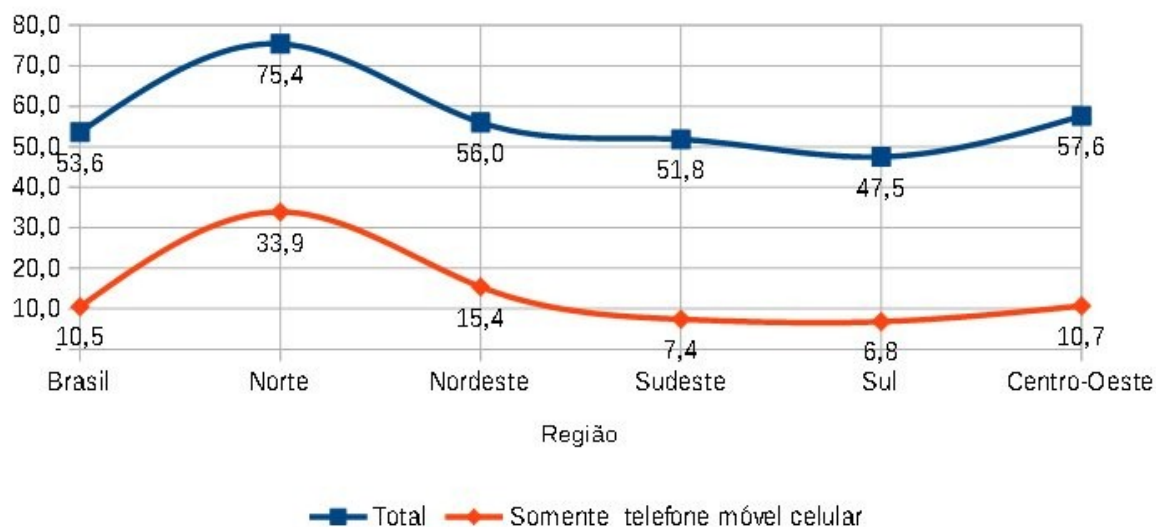


Figura 2: Acesso à Internet por tecnologia móvel nas residências brasileiras

A função dos dispositivos móveis para os usuários locais, está cada vez mais relacionada com a conexão à Internet: 27% querem o aparelho para se conectar à Internet ou para estar online, ante 19% em 2011. Em verdade, três entre quatro acessos à Internet no Brasil são feitos de smartphones ou tablet.

2.4 - Identificando o sistema operacional

Com relação aos sistemas operacionais em uso e o que nos indicaria para quais plataformas a aplicação deveria ser desenvolvida, vemos no artigo publicado^[4] no Kantar World Panel, como se dá a distribuição no mercado brasileiro para qualquer tipo de equipamento (Figura 3):

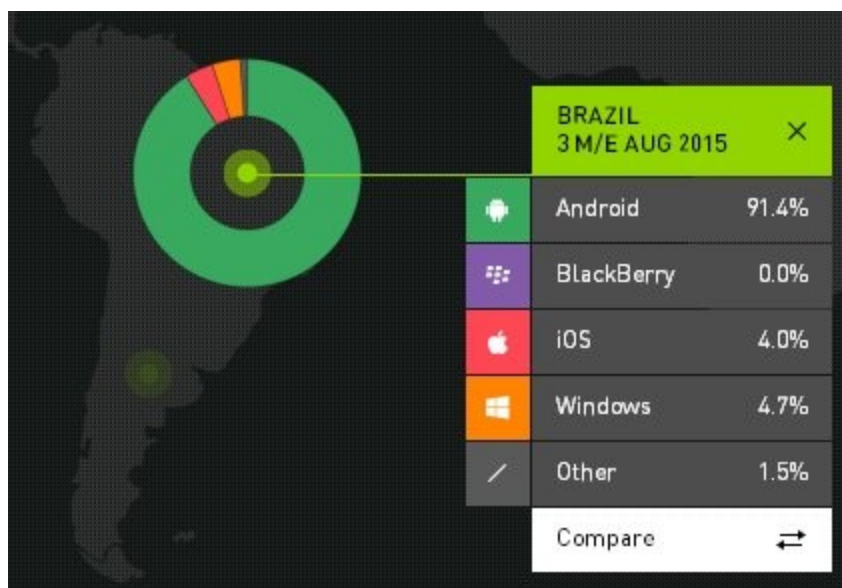


Figura 3: Distribuição dos sistemas operacionais de equipamentos móveis

Nota-se que se considerarmos somente essa estatística para definir a plataforma inicial de desenvolvimento, deveríamos começar pelo Android, para logo a seguir escolher o Windows Mobile. Esses dados não são exclusivos de *Smartphones* e sim para todo e qualquer equipamento celular em uso no país, pois não foram encontrados dados específicos nem conseguimos obter uma resposta a tempo dos fabricantes de celulares que pudesse relacionar sistemas operacionais com smartphones e disponibilidade de redes de dados.

Diante desse problema e ainda na busca pela quantidade de potenciais usuários, houve uma modificação na abordagem. Em vez de apurar a disponibilidade de equipamentos a partir do hardware, procurou-se uma aplicação de amplo uso no mercado, que contivesse os mesmos pré-requisitos para seu pleno funcionamento, ou seja, o uso de GPS, Acelerômetro e Internet: Encontramos então o aplicativo de rede social de trânsito WAZE.

O Brasil é o segundo país em colaboração no aplicativo, ficando atrás dos Estados Unidos. Notícias publicadas^[5] em 2013, informavam que o aplicativo possuía uma base de 2,1 milhões de usuários no Brasil, o que nos indica, ser esse é um número razoável de potenciais usuários. A matéria mostra também dados relevantes quanto aos sistemas operacionais. O iOS,

sistema móvel da *Apple*, é maioria com 1,23 milhão de usuários. Enquanto que o Android, registra 820 mil usuários do aplicativo(Tabela 1).

S.O.	Usuários	%
IOS	1,23	67%
Android	0,82	33%

Tabela 1: Usuários do Waze por sistema operacional em 2013

Como demonstrado, considerando o cenário de 2013, é majoritária a quantidade de equipamentos com o sistema operacional Android no Brasil, embora quando verificado a base de usuários de aplicação que demanda recursos semelhantes, encontramos uma maioria de usuários do sistema IOS. Isso nos leva a crer que caso se tenha que optar por um sistema operacional no primeiro desenvolvimento, deveria ser feito para o sistema da Apple embora não acredite que esse cenário tenha se mantido nos dois últimos anos (2014 e 2015). Seriam necessários dados que não estão disponíveis no momento.

Capítulo 3

A Infraestrutura de Transporte Rodoviário Brasileiro

3.1 – Descrição do cenário atual

As condições asfálticas são fatores predominantes para determinação do custo de manutenção do transporte e do consumo de combustível. Essas são as duas principais variáveis que incidem diretamente sobre o custo do frete ou das despesas que cada um de nós temos para dispor de um automóvel. Uma boa via, reduz custos operacionais. Uma via ruim os aumenta. Nesse cenário, saber previamente as condições asfálticas de uma via, significa ter um melhor controle sobre os custos de sua operação e uma melhor determinação do preço final de um produto ou serviço.

O desconhecimento sobre esse tema para a maioria da população não o torna inexistente. Todos nós sofremos indiretamente com o custo logístico rodoviário impactado pelas más condições asfálticas. De acordo uma publicação feita pelo jornal eletrônico O Estado de São Paulo, Paulo Fleury, presidente do instituto Ilos afirmou que:

“Os caminhões foram responsáveis por 66% de toda carga movimentada no País em 2010, acima dos 64% de 2008.”^[6]

Antônio Wroblewski, sócio da AWRO Logística, complementa dizendo que:

“Apesar da dependência do transporte rodoviário, o Brasil é carente de boas estradas. Apenas 11% da malha nacional é pavimentada e, mesmo assim, a qualidade é questionável.”^[7]

Com esse percentual de participação do frete rodoviário no PIB Brasileiro, as consequências do problema permeiam toda sociedade que é diretamente impactada por esses custos, sejam eles ao tomar o seu café da manhã ou abastecer seu carro, afinal, todos esses produtos são produzidos

longe de nossas casas, e quando não o são, seus insumos são. Não há como viver sem ser impactado direta ou indiretamente pelos custos de transporte.

Segundo o Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP/ESALQ), a qualidade da via, surge como um dos principais fatores para determinação do preço do frete. O Engenheiro Agrônomo Thiago Guilherme Péra, pesquisador do ESALQ-LOG comenta que:

“Verificamos que a distância, pedágio e destino portuário impactam positivamente nos preços de fretes. Enquanto a qualidade da via e a existência da alternativa ferroviária causam reduções nos preços de fretes”.^[8]

3.2 – Composição do preço do frete.

De acordo com o “Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas”^[9], os fatores que compõe o preço do frete podem ser divididos entre os que possuem um custo fixo e um outro grupo relativo a custos variáveis descritos a seguir:

- 1 - Peças, acessórios, material de manutenção (PM)
- 2 - Despesas com combustível (DC)
- 3 - Lubrificantes - Motor (LM) e Transmissão (LT)
- 4 - Lavagem e graxas (LG)
- 5 - Pneus e recauchutagens (PR)

3.2.1 – Custos variáveis

São aqueles que variam proporcionalmente de acordo com o nível de produção ou atividades. Seus valores dependem diretamente do volume produzido ou volume de vendas efetivado num determinado período. O grupo de custos variáveis sofre impacto direto no que tange as condições asfálticas e vamos explicar cada um deles:

3.2.1.1 – Peças, acessórios e material de manutenção (PM)

Corresponde à previsão de despesas mensais com peças, acessórios e material de manutenção do veículo. Uma vez apuradas, essas despesas devem ser divididas pela quilometragem mensal percorrida, para se obter o valor por quilômetro. Corresponde a 1% do valor do veículo completo e sem pneus, por mês. Cabe a cada empresa determinar o valor mais preciso e adequado para este parâmetro.

$$PM = [(\text{Valor do veículo completo sem pneus}) \times 0,01] / DM$$

DM = Distância mensal percorrida pelo veículo (km)

Incidência: Uma pavimentação perfeita, reduz o desgaste de peças e a quantidade de manutenções necessárias a qualquer veículo.

3.2.1.2 – Combustível (DC)

São as despesas efetuadas com combustível para cada quilômetro rodado pelo veículo.

$$DC = PC / RM$$

PC = Preço do combustível (R\$/litro)

RM = Rendimento do combustível (km/litro)

Incidência: Uma pavimentação perfeita, reduz o consumo de combustível por auxiliar na condução em velocidades constantes; Evita frenagens desnecessárias e reduz a quantidade de trocas de marchas.

3.2.1.3 - Lubrificantes (LM e LT)

Lubrificantes do motor (LM)

São as despesas com a lubrificação interna do motor. Além da reposição total do óleo, admite-se uma determinada taxa de reposição a cada 1.000 km.

$$LM = LPM((VC/QM) \times (VR/1000))$$

LPM = Preço unitário do lubrificante do motor (R\$/litro)

VC = Volume do cárter (litros)

QM = Quilometragem de troca de óleo do motor

VR = Taxa de reposição (litros/1000 km)

Incidência: Uma pavimentação perfeita, possibilita que o uso do motor seja restrito às necessidades de condução normais da própria viagem.

Lubrificantes da transmissão (LT)

São as despesas realizadas para efetuar a lubrificação da transmissão do veículo (diferencial e câmbio). Para determinar o volume de óleo consumido, somam-se as capacidades do diferencial e do câmbio. Esta soma é multiplicada pelo preço unitário do lubrificante (R\$/litro), e o resultado é dividido pela quilometragem de troca de óleo.

$$LT = (VD + VCC) \times PLT / QT$$

VD = Capacidade da caixa e diferencial (litros)

VCC = Capacidade do câmbio (litros)

PLT = Preço unitário do lubrificante da transmissão (R\$/litro)

QT = Quilometragem de troca da transmissão

Incidência: Uma pavimentação perfeita, aumenta a velocidade média das viagens e reduz a quantidade de reduções e trocas de marchas, às mínimas da própria viagem.

3.2.1.4 - Lavagem e graxas (LG)

São as despesas com lavagem e lubrificação externa do veículo. O custo por quilômetro é obtido dividindo-se o custo de **uma** lavagem completa do veículo pela quilometragem recomendada pelo fabricante para lavagem periódica.

$$LG = PL / QL$$

PL = Preço da lavagem completa do veículo

QL = Quilometragem recomendada pelo fabricante do veículo

Incidência: É sabido que um via mal conservada, acaba por acumular muitas poças de água e até lama. A passagem por esses obstáculos sujam os veículos e sua mecânica. Quanto mais ocorrências

desse tipo, menor é a durabilidade da lubrificação externa, fazendo com que a empresa ou o motorista, diminuam o intervalo de realização desse serviço. Outro ponto a ser citado, é que muitas empresas ao contratarem frota, acabam por adesivá-las com sua logomarca e padrões gráficos. Por contrato é exigido que o veículo esteja sempre limpo e isso reduz também o intervalo recomendado para lavagem do veículo.

3.2.1.5 - Pneus e recauchutagem (PR)

São as despesas resultantes do consumo dos pneus utilizados no veículo e também no equipamento, quando se tratar de reboque ou semirreboque. Admite-se uma perda prematura de 20% das carcaças, ou seja, de cada cinco pneus, apenas quatro permitem recuperação. Admite-se, além disso, que cada pneu possa ser recapado apenas uma vez, ao longo da sua vida útil.

$$PR = \{ [1,2 \times (P + C + PP) \times NP] + (R \times NP) \} / VP$$

P = Preço do pneu novo

C = Preço da câmara nova

PP = Preço do protetor novo

NP = Número total de pneus do veículo e do equipamento

R = Preço da recauchutagem ou recapagem

VP = Vida útil total do pneu, incluindo-se uma recauchutagem

1,2 = Coeficiente para computar as perdas de carcaças antes da recauchutagem

Incidência: Uma pavimentação perfeita, aumenta o tempo de vida útil dos pneus de qualquer veículo.

3.2.2 - Custo variável total

O custo variável total é obtido pela soma das cinco parcelas já relacionadas.

$$CV = PM + DC + LM + LT + LG + PR$$

CV = Custo variável (R\$/km)

Desta forma, vê-se claramente que as condições asfálticas influenciam diretamente no custo variável que comporá o valor do frete.

3.3 – Dependência das rodovias

Uma pesquisa^[10] realizada em 2014 pela Fundação Dom Cabral com 111 empresas que juntas representam 17% do PIB brasileiro, mostrou que 85,6% dos entrevistados afirmaram serem plenamente dependentes das rodovias. Paulo Martins, coordenador da pesquisa, afirma que *69,1% das empresas consultadas consideram nossas rodovias muito ruins ou ruins*.

Dados^[11] do Sistema Nacional de Viação do próprio DNIT, informam que o Brasil possui apenas 12% de vias pavimentadas e que o planejado não chega a 10%, ou seja, não existe perspectiva de melhora para o quadro atual a médio prazo (figura 4).

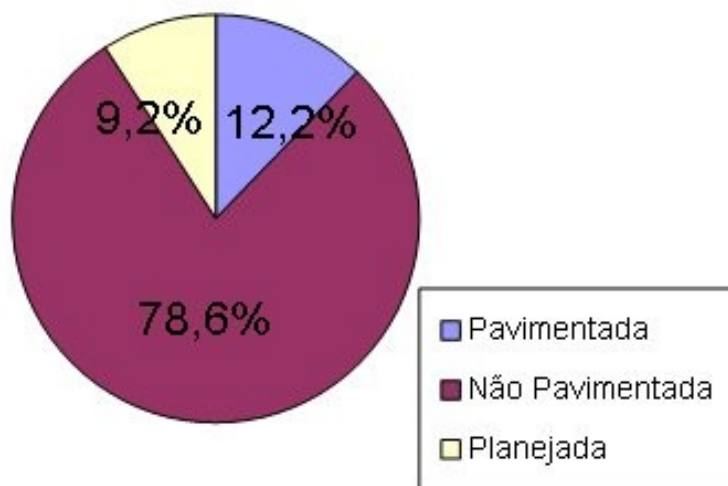
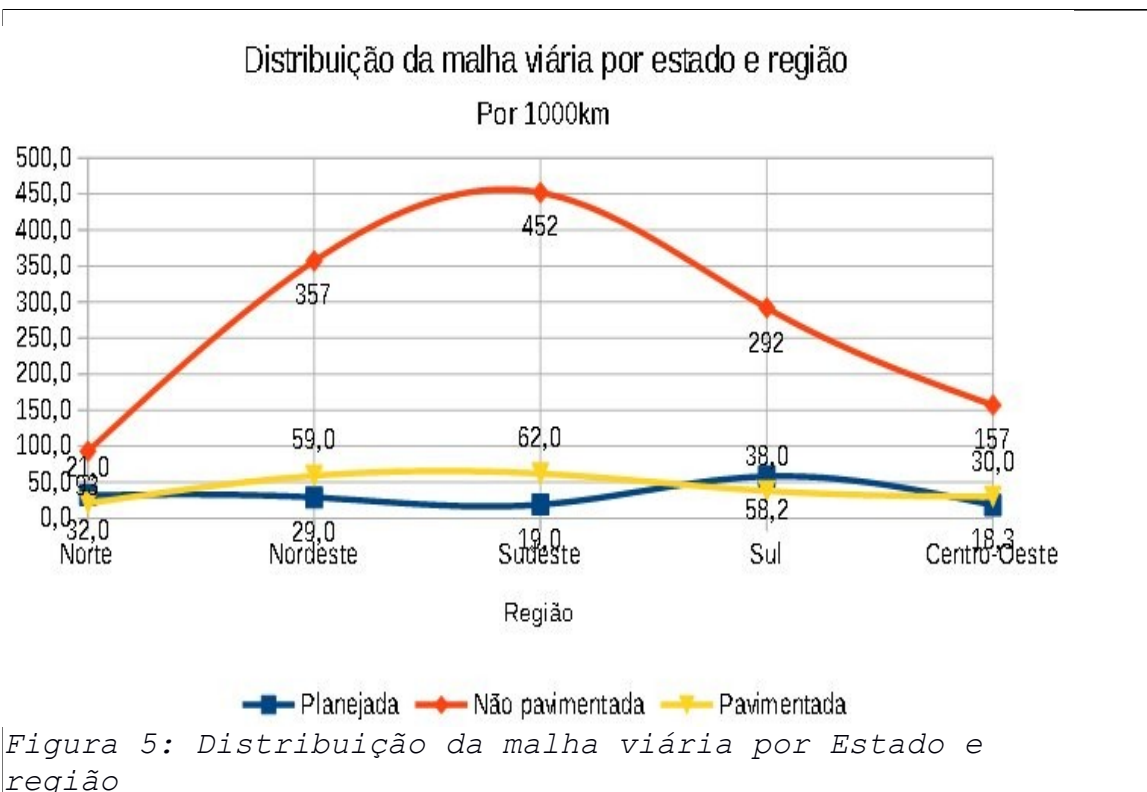


Figura 4: DNIT – Situação da Pavimentação brasileira

3.4 – Distribuição da malha viária

O transporte rodoviário no Brasil é o principal sistema logístico do país e conta com uma rede de 1.751.868 quilômetros de estradas e rodovias

nacionais, a quarta maior do mundo^[12]. Mesmo assim, o acesso as regiões de grande demanda, ainda se dão por estradas de terra ou com estado de conservação precário(Figura 5), especialmente nas regiões Norte e Nordeste do país, o que resulta em prejuízos para o transporte de cargas bem como acidentes e mortes.



3.5 – Segurança

Cabe também citar a questão da segurança, pois vias com manutenção inadequada são responsáveis por muitas mortes. As estatísticas anuais do DPVAT mostram que somente no ano de 2012, 60.752 pessoas perderam suas vidas em acidentes de trânsito e outras 352.495 ficaram inválidas^[13]. O motociclista é o tipo de condutor que mais sofre óbito, sendo ao mesmo tempo o que mais depende de uma boa condição asfáltica para uma boa condução (Figura 7). Embora não cite diretamente as condições asfálticas como um dos fatores de causa de mortes, podemos encontrar essa correlação no estudo técnico “Mapeamento das Mortes por Acidentes de Trânsito no Brasil”^[14]

realizado pela Confederação Nacional dos Municípios, que apresenta os seguintes dados(Figura 6):

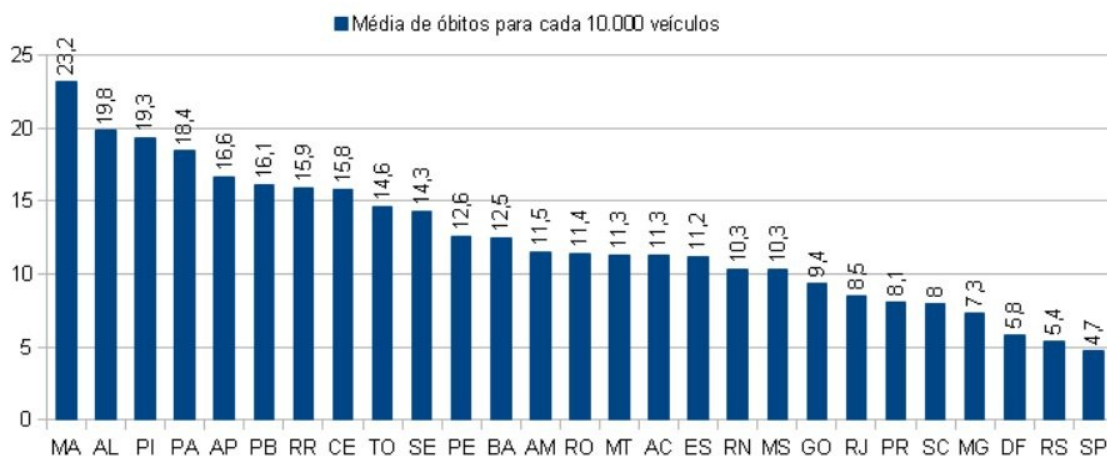


Figura 6: Taxa média de óbitos por acidente de trânsito nos estados segundo frota de veículos

“A análise^[15] por estado das vítimas fatais a cada 10.000 veículos mostra que os estados do Nordeste são os que possuem a maior quantidade média de mortes de acordo com as frotas locais de veículos nas ruas. Maranhão apresenta a pior situação(Figura 6), com 23,2 mortes a cada 10.000 veículos. Em seguida vem Alagoas, com uma taxa de 19,8/10.000 veículos e Piauí, com 19,3. Essa análise segundo a frota mostra também que os estados mais desenvolvidos do país são os que apresentam as menores taxas, ficando São Paulo com a menor taxa do país – 4,7 mortes a cada 10.000 veículos. Tais estados provavelmente possuem maior fiscalização no trânsito, além de melhores condições de sinalização e de estradas.”

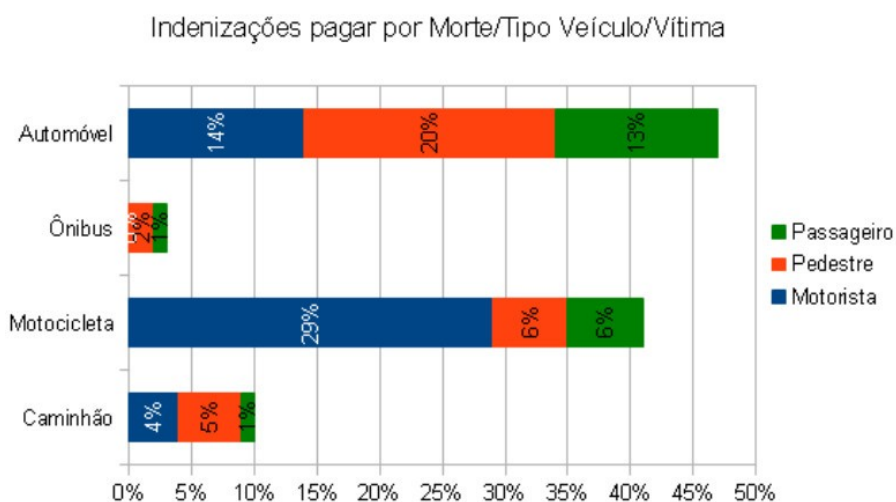


Figura 7: Indenizações pagas por morte/tipo de veículo/vítima Fonte: Seguradora Líder DPVAT[156]. Período: Jan a Jun/2013

3.6 – Conclusão

Os dados apresentados mostram que as boas condições asfálticas não só são determinantes para redução do preço do frete, como também para redução do número de óbitos e de pessoas inválidas em decorrência de acidentes de trânsito. Nesse sentido, a aplicação proposta por esse trabalho não só se mostra como uma inovação tecnológica mas também como uma solução para amenizar o alto preço que nossa sociedade paga, seja ele em frete ou em vidas.

Capítulo 4

Os problemas de pavimentação

4.1 – Classificação

O pavimento é uma estrutura constituída por um sistema formado por várias camadas de espessura finita, apoiadas na fundação de terreno compactado e de terreno natural^[16]. Possui características de elevada resistência e baixa deformabilidade, bem como permeabilidade e aderência adequadas à circulação de veículos, tendo em atenção parâmetros como a intensidade do tráfego, o tipo de tráfego, a velocidade máxima permitida e o tipo de clima predominante na zona em que se localiza a estrada.

De um pavimento deve exigir-se qualidade estrutural e funcional. Relativamente ao comportamento mecânico, as camadas superiores têm a capacidade de resistir a esforços de tração enquanto as camadas de pavimento em contacto com a fundação têm resistência, fundamentalmente, a esforços de compressão^[17]. Com efeito, as camadas superiores são camadas ligadas constituídas por materiais granulares como britas e areias que são estabilizados com ligantes. Na parte inferior do pavimento são colocadas camadas granulares constituídas por materiais inertes, britados ou naturais, não ligados^[18].

4.1.1 - Tipologias

Após a sua construção e entrada em serviço, o estado dos pavimentos vai evoluindo, quer por ação da passagem do tráfego, quer por ação dos agentes atmosféricos^[19]. A degradação pode ser do tipo estrutural ou funcional, sendo um fenómeno inerente a qualquer pavimento^[20]. A degradação do tipo estrutural está relacionada com o colapso da estrutura do pavimento ou com a fadiga de um ou mais componentes de tal ordem que o pavimento se torna incapaz de suportar as cargas impostas^[21]. A degradação do tipo funcional acontece quando o pavimento perde a capacidade de proporcionar uma

circulação suficientemente segura e cômoda, associada à degradação das características superficiais, mais especificamente, da camada de desgaste^[22]. O processo de evolução das degradações de um pavimento apoia-se no “princípio da cadeia das consequências”, em que uma degradação não evolui isoladamente no tempo, dando origem a outras degradações, ou seja, inicia-se uma atividade em ciclo, onde as diferentes degradações interferem mutuamente^[23].

Existem dois tipos de estradas, as pavimentadas e as não pavimentadas.^[24] Ambos os tipos são sujeitas a monitoramento, classificação e manutenção. Vamos tratar exclusivamente de vias pavimentadas embora o trabalho também possa ser utilizado para identificação de problemas em vias não pavimentadas, que possuem uma quantidade menor de variações nos problemas possíveis.

Por se tratar de assunto técnico e público, busquei identificar quais eram os órgãos responsáveis pela manutenção de nossas estradas, assim como os responsáveis por publicar as regras para a realização desse serviço, pois será necessário identificar quais os meios existentes para identificação de irregularidades de pavimento, afinal, a proposta dessa tese é auxiliar a detecção como é feita atualmente, ou até mesmo substituí-la.

A Lei federal de Nº10.233^[25], de 5 de junho de 2001, criou o DNIT e extinguiu a estatal anterior que era a responsável pelas estradas do Brasil, o DNER. O DNIT é uma autarquia federal vinculada ao Ministério dos Transportes e tem por objetivo implementar a política de infraestrutura do Sistema Federal de Viação, compreendendo sua operação, manutenção, restauração ou reposição, adequação de capacidade e ampliação mediante construção de novas vias e terminais. É o gestor público da infraestrutura logística do Brasil e também publica as regras para realização dos serviços de identificação do mapeamento das condições de pavimentos. De acordo com a relação de normas vigentes e normas substituídas do DNIT^[26], a norma técnica que descreve a terminologia de defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos é a DNIT 005/2003 TER^[27]. Ela no diz que são classificados em:

- Fenda;
- Fissura;
- Trincas (transversal e longitudinal);

- Retração;
- Tipo “Couro de Jacaré”;
- Tipo “Bloco”;
- Afundamento(plástico e de consolidação);
- Ondulação ou corrugação;
- Escorregamento;
- Exsudação;
- Desgaste;
- Panela ou buraco;
- Remendo (profundo ou superficial).

4.1.1.1 – Fenda

Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas e sendo classificadas entre fissuras e trincas, conforme descrito a seguir:

4.1.1.2 – Fissura

Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada distância inferior a 1,50 m.

NOTA: As fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo assim consideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação das condições de superfície.

4.1.1.3 – Trincas

Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

a) Trinca transversal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal longa(Figura 8).



Figura 8: Trinca Isolada - Transversal

b) Trinca longitudinal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa(Figura 9).

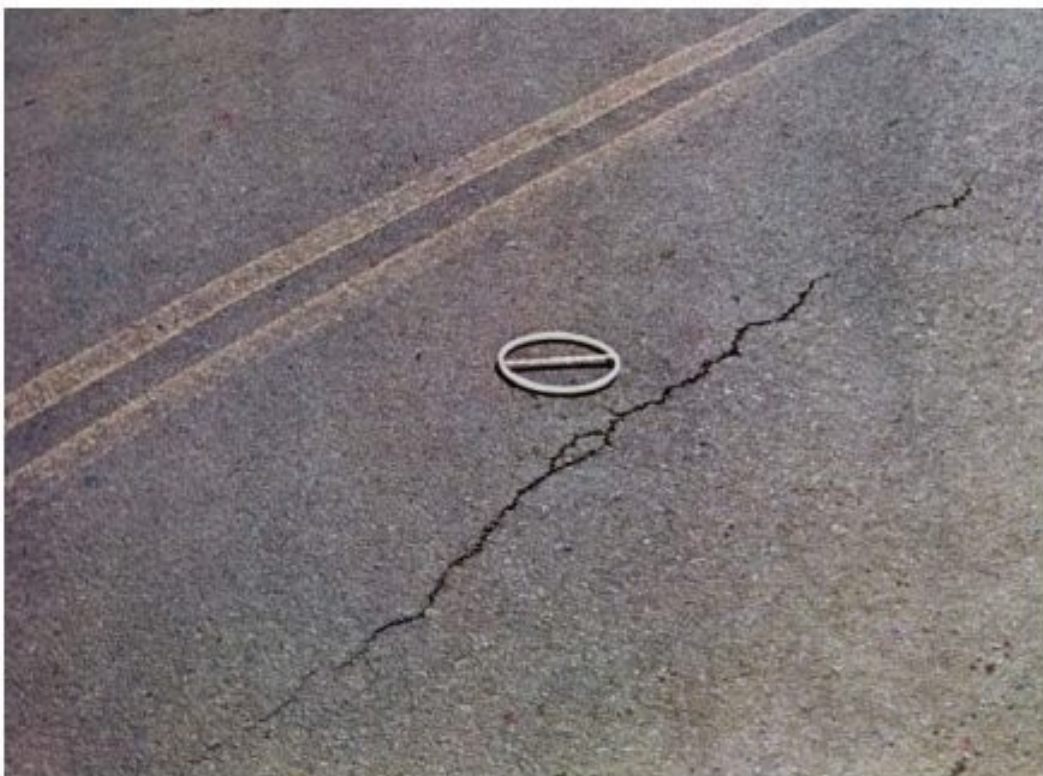


Figura 9: Trinca isolada - longitudinal

c) Trinca de retração

Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado.

d) Trinca tipo “Couro de Jacaré”

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas(Figura 10).



Figura 10: Trinca interligada - tipo jacaré

e) Trinca tipo “Bloco”

Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas(Figura 11).



Figura 11: Trinca interligada - tipo bloco

4.1.1.4 – Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

a) Afundamento plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado desolevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 metros é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 metros e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda(Figura 12).



Figura 12: Afundamento de trilha de roda

b) Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até seis metros, é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a seis metros e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda(Figura 13).



Figura 13: Afundamento local

4.1.1.5 - Ondulação ou corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento(Figura(14)).

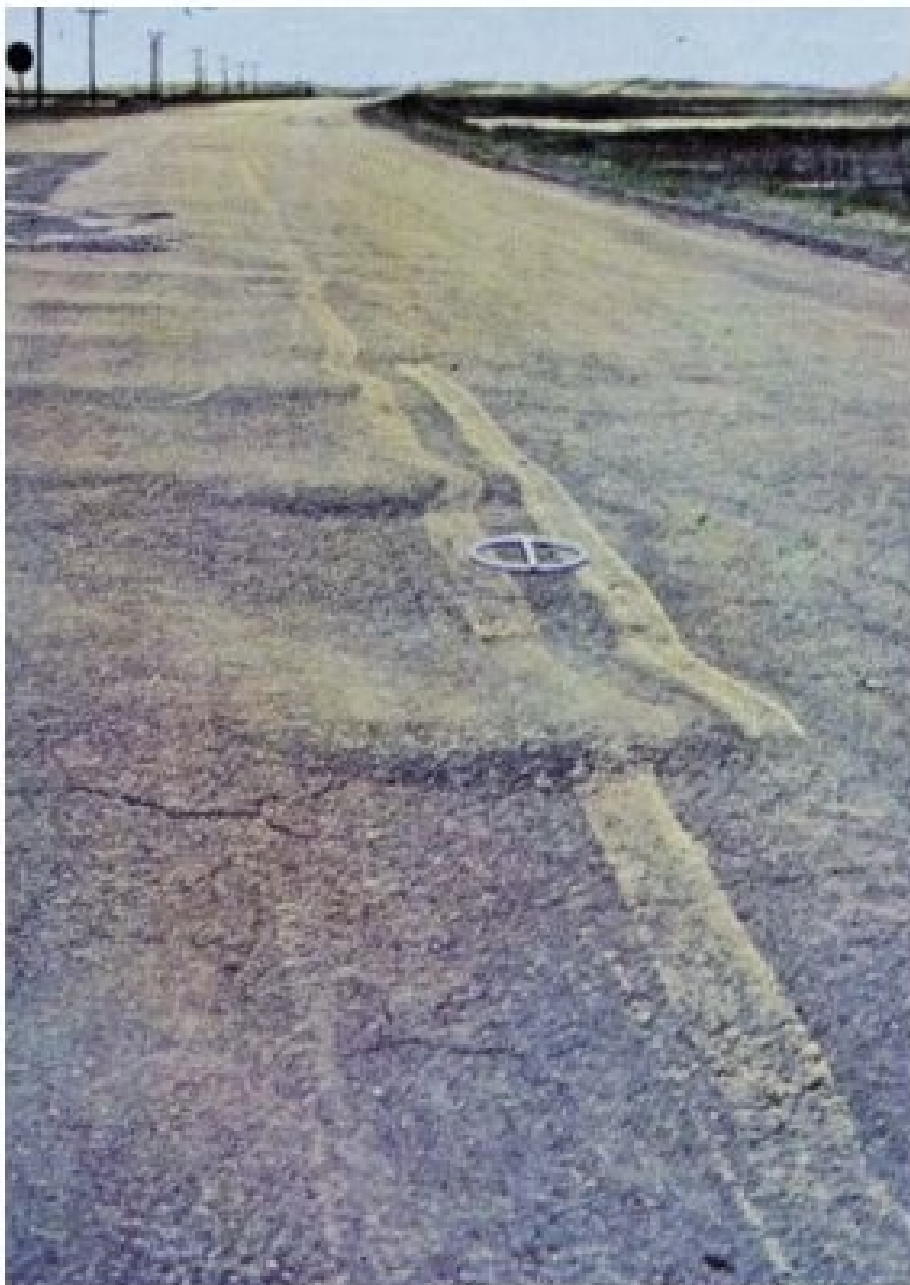


Figura 14: Ondulação

4.1.1.6 – Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua(Figura 15).



Figura 15: Escorregamento

4.1.1.7 – Exsudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento(Figura 16).



Figura 16: Exsudação

4.1.1.8 – Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego(Figura 17).



Figura 17: Desgaste

4.1.1.9 - Panela ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas(Figura 18).



Figura 18: Panela / buraco

4.1.1.10 – Remendo

a) Remendo profundo

Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular^[28]. No cenário nacional, a grande quantidade de remendos desnivelados nas ruas, acabam por tornar o pavimento desconfortável para trânsito e também prejudicial para as suspensões dos veículos(Figura 19).



Figura 19: Remendos

b) Remendo superficial^[29]

Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa(Figura 20).



Figura 20: Remendo superficial

Na figura 21, é apresentado um exemplo de trecho de estrada com praticamente todos os tipos de problemas no mesmo local.



Figura 21: Defeitos diversos

4.1.2 - Quadro de resumo dos defeitos (DNIT)

O DNIT incluiu um quadro anexo a normativa (DNIT 005/2003 TER), com todas as classificações, codificações e classes dos problemas encontrados nos pavimentos (Figura 22).

DNIT 005/2003-TER

4

Anexo A (normativo)							
Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação							
FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO		
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ALP		
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ATP		
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ALC		
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ATC		
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos			Remendo Superficial		RS		
			Remendo Profundo		RP		

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

- FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.
- FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.
- FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

Figura 22: DNIT – Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

4.1.3 - Representação esquemática dos defeitos da superfície dos pavimentos

O anexo B, relativo a norma DNIT 005/2003 TER, refere-se a representação gráfica dos defeitos listados no anexo A. A apresentação dessa notação torna-se importante, devido à necessidade de que a aplicação proposta possa representar graficamente o tipo de problema indicado na via. Sendo a representação oficial a mais conhecida, não será necessário desenvolver uma própria (Figura 23).

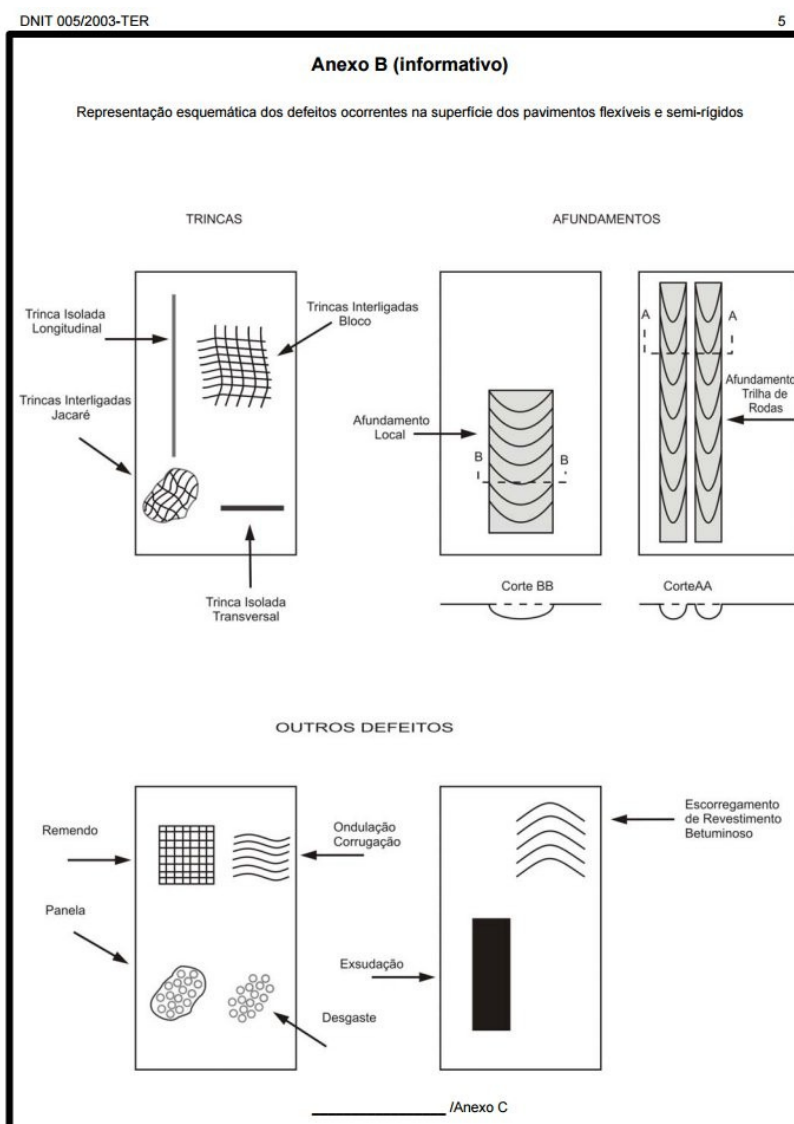


Figura 23: Representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos flexíveis e semirrígidos

4.2 - Como hoje é feita a identificação das condições dos pavimentos.

A irregularidade longitudinal, conforme citado na literatura por diversos autores^[30], é, atualmente, o parâmetro mais utilizado internacionalmente para a avaliação funcional de pavimentos. Elas são decorrentes de problemas de construção ou de defeitos oriundos da ação do tráfego e do clima, principalmente das deformações permanentes do revestimento e do subleito.

As especificações da “American Society for Testing and Materials” – ASTM E-867-82A de 1982, definem^[31] as irregularidades longitudinais como sendo:

“os desvios da superfície de um pavimento em relação a uma superfície plana, com características e dimensões que afetam a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento, o carregamento dinâmico e a drenagem”.

O levantamento de irregularidade do pavimento é muito importante, pois os estudos desenvolvidos na AASHTO Road Test permitiram estabelecer que 95% das informações necessárias à avaliação da serventia, decorrem das irregularidades do perfil do pavimento considerado, restando apenas 5% para os demais fatores. Desta forma, a irregularidade é a grandeza física que melhor se correlaciona com a qualidade de rolamento.

Existem soluções diferentes para realizar o levantamento de irregularidades longitudinais, desde mecânico, eletrônico, com o uso de laser ou processamento de imagens. Vamos dar exemplos de cada um deles.

4.2.1 - Deflectógrafo Lacroix

O deflectógrafo Lacroix^[32] consiste em um caminhão comum contendo uma viga acoplada na parte inferior do seu chassi, mecanismo este composto por um dispositivo hidráulico sincronizado à velocidade de operação do caminhão (em torno de 3,6Km/h), fazendo simultaneamente a medição das deflexões nas trilhas externa e interna(Figura 24). A deflexão é medida, no meio dos pneus (80lb/pol²) do rodado traseiro, por dois braços munidos de

sensores rotativos e articulados, os quais são os responsáveis pela leitura das deflexões através de impulsos eletromagnéticos e estão instalados na extremidade de uma viga de apoio. Esta viga de apoio, fabricada em fibra de carbono, é independente do veículo e fica assentada sobre três pontos situados fora da área de influência da carga. O veículo faz sua progressão com velocidade constante medindo 81 pontos da bacia de afundamento do pavimento (4,05 metros) até que o rodado traseiro (8,2tf) ultrapasse em alguns centímetros o patim na extremidade dos braços. A deflexão máxima é medida quando o rodado traseiro encontra-se exatamente sobre o patim na extremidade do braço. O conjunto é então puxado por um sistema de tração até a sua nova posição inicial, perto do eixo dianteiro do veículo e distante 4,36 metros do ciclo anterior, e pronto para mais uma medição, sem que o veículo interrompa seu movimento(Figura 25).

O conjunto de informações coletadas pelos sensores é transmitido por meio de cabos ópticos a uma central de computação no interior da cabine do veículo, que permite o acompanhamento em tempo real das medidas, fornecendo a deflexão máxima, raio de curvatura da bacia, distância percorrida, temperatura do pavimento e o gráfico da bacia de deformação.



Figura 24: Deflectógrafo Lacroix embarcado em caminhão.

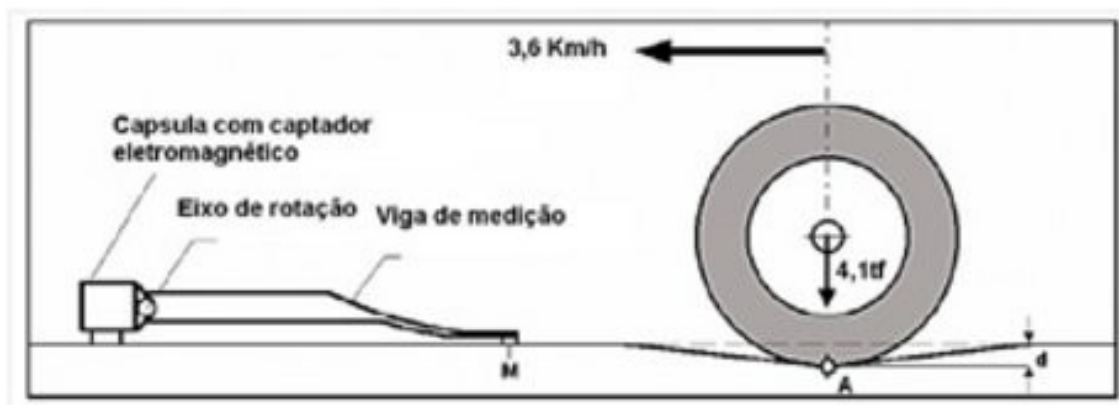


Figura 25: Esquema de funcionamento de um Deflectógrafo Lacroix.



Figura 26: Deflectógrafo Lacroix - Vista lateral.



Figura 27: Computador de processamento do Deflectógrafo.

4.2.2 - Veículos Multifuncionais de Inspeção de Pavimentos^[33]

Todos os subsistemas e sensores de medidas presentes, integram as últimas tecnologias existentes ou desenvolvidas. Esses subsistemas mesclam diferentes sensores como, laser, acelerômetro, central inercial, giroscópio, câmera digital e outros. Um equipamento supervisor administra e sincroniza todos os subsistemas autônomos de medidas e permite ao operador acessar as operações de configuração, calibração, verificações, e aquisição de cada um dos subsistemas(Figura 28).

Foram criados para serem um sistema único e adaptável, modular e evolutivo, capaz de gerar medidas e indicadores confiáveis, assegurar uma produtividade elevada (Lacroix é lento ~3Km/h), Operar em velocidade de

tráfego sem interferir no mesmo, funcionar durante o dia e/ou à noite. É capaz de determinar o georreferenciamento das medidas, detectar o perfil transversal e geometria, o perfil longitudinal e o estado da superfície (degradações);



Figura 28: Veículo Multifuncional de Inspeção de Pavimentos (VMIP)

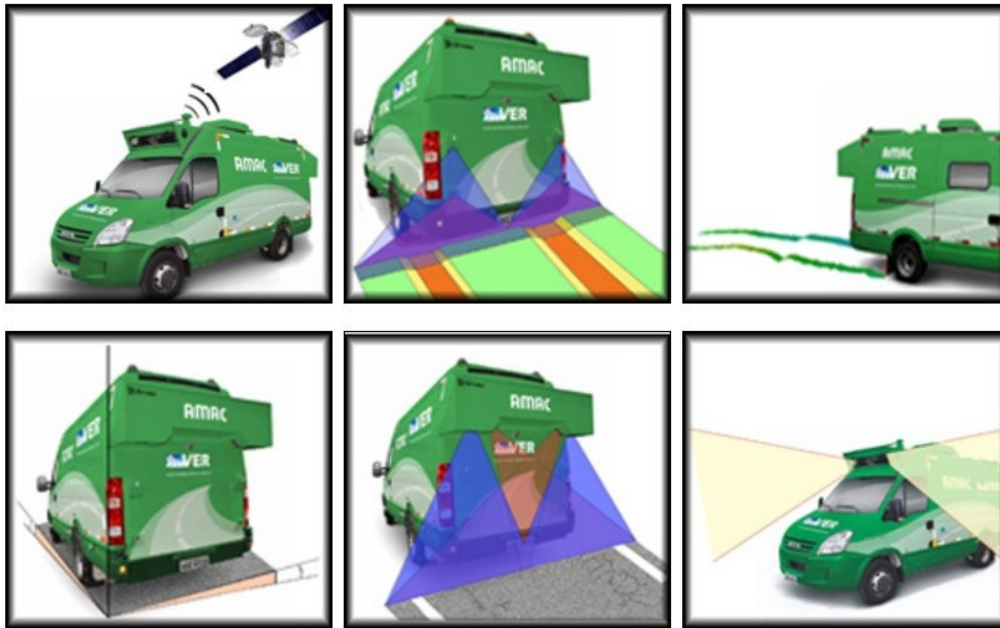


Figura 29: Funcionalidades de um VMIP, tais como: geolocalização, identificação do perfil transversal, longitudinal, inclinação, degradações e imagens do meio ambiente.

4.2.3 - Escâner de Pavimento

O escaneamento de pavimento^[34] usa linhas de projeção de laser, câmeras para aquisição o perfil da rodovia em três dimensões(Figura 30). Essa tecnologia permite avaliação automática do estado do pavimento, seja ele asfáltico ou de concreto(Figura 31). A resolução é de 1 mm sobre uma largura de 4 m em pista com velocidades de até 100 km/h. Os dados são adquiridos e comprimidos em tempo real no veículo de levantamento, de modo a minimizar as necessidades de armazenamento (aproximadamente 1GB por km). Os dados coletados podem ser analisados e determinar trincamentos, marcações da pista, sinalização horizontal, painéis, exsudação, desagregação, macrotextura e afundamento na trilha de roda. Rodovias com superfície de concreto podem ser escaneadas para se avaliar as juntas e falhas entre as placas de concreto. Assim como o VMPI, pode-se medir os perfis longitudinais, IRI, declividade e inclinação transversal. Existem outras variedades de soluções mais simples^[35] e com um número reduzido de sensores para serem adaptados a qualquer tipo de veículo(Figura 32).

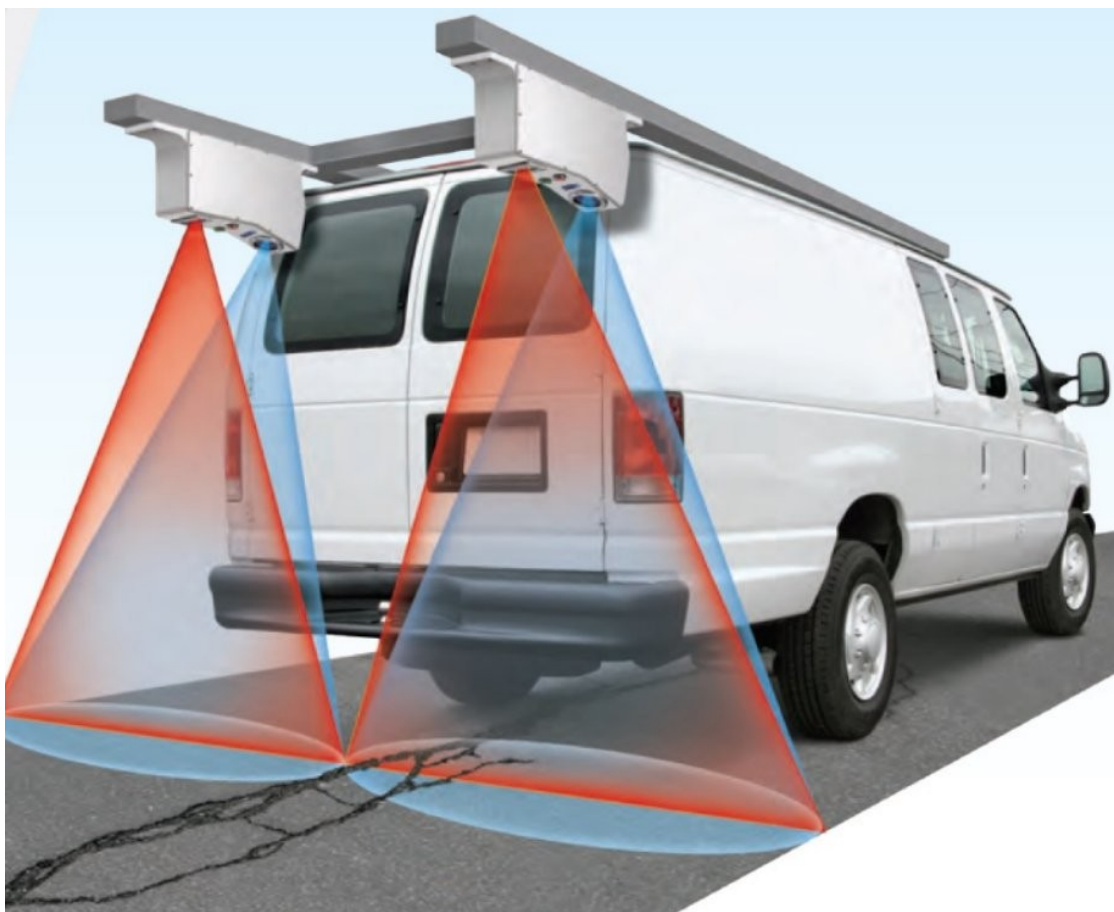


Figura 30: Escâner de pavimento embarcado em veículo utilitário.

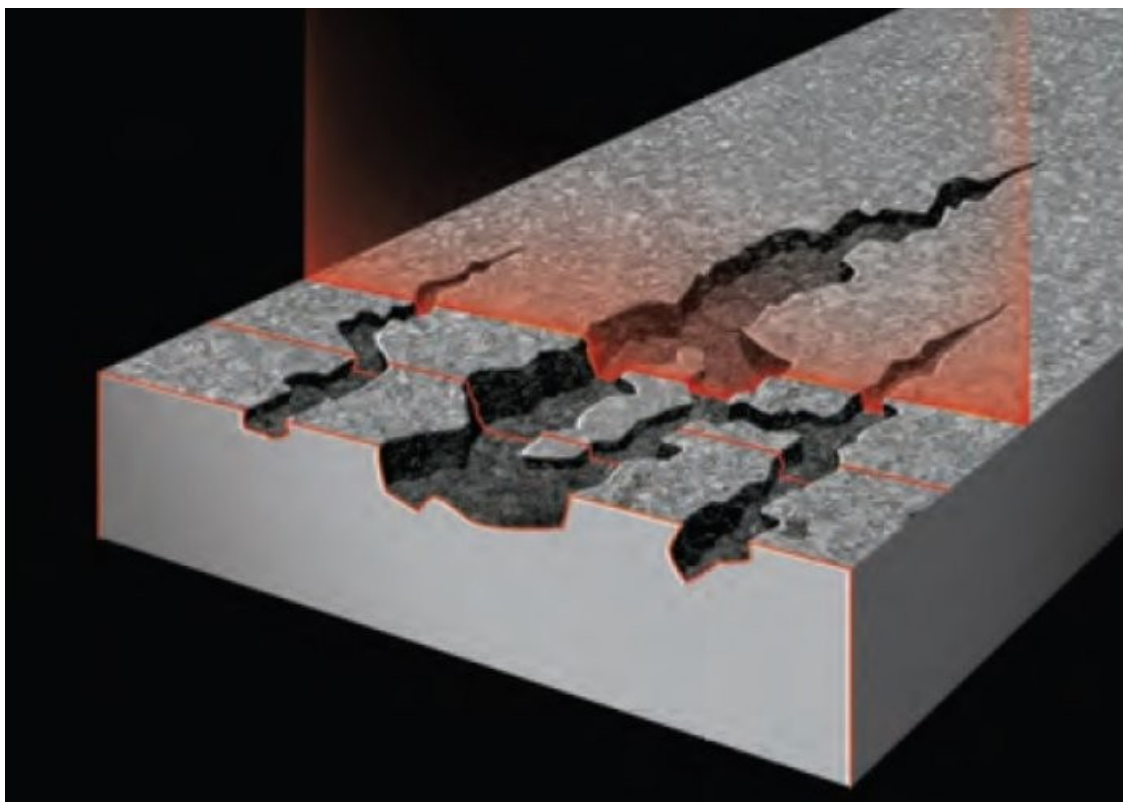


Figura 31: Simulação de como é feito o escaneamento do pavimento.



Figura 32: Escaneamento mais simples de pavimento e com veículo comum.

4.2.4 - Unidade Móvel de Mapeamento Digital e Processamento de Imagens

A Unidade Móvel de Mapeamento Digital é um sistema composto por um veículo equipado com duas videocâmaras digitais orientadas para frente, um receptor GPS e dispositivos de controle, de modo que o sistema integrado possibilite a aquisição de imagens georreferenciadas(Figura 33). O sistema identifica, quantifica e localiza as irregularidades no pavimento de ruas ou estradas, utilizando uma metodologia de levantamento rápido das imperfeições(Figura 34). As imagens são processadas e analisadas, elaborando-se assim um mapa das condições do pavimento.



Figura 33: Veículo utilizado para embarcar os equipamentos de mapeamento de imagens.

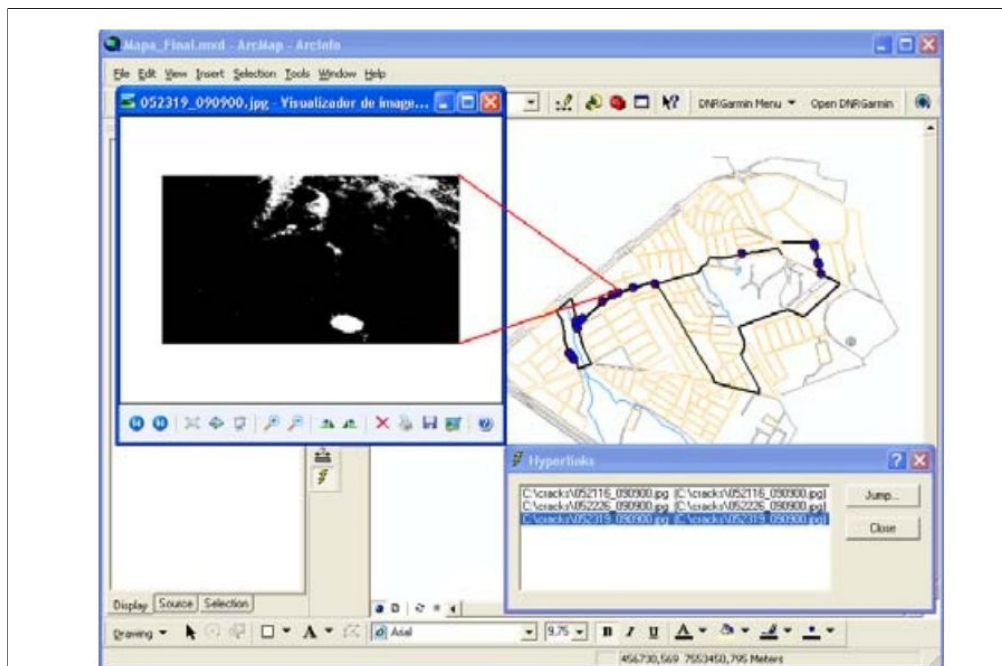


Figura 34: Sistema de gerenciamento da coleta de imagens

Um trabalho^[36] com a descrição completa desse procedimento, referente ao III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geo informação, mostra uma descrição completa do procedimento, desde a captura, até o tratamento das imagens para posterior geração do mapa de problemas da rodovia. A série de imagens a seguir, mostra algumas dessas etapas.



Figura 35: Buraco fotografado durante o percurso.



Figura 36: Primeira fase de tratamento da imagem com transformação para tons de cinza.

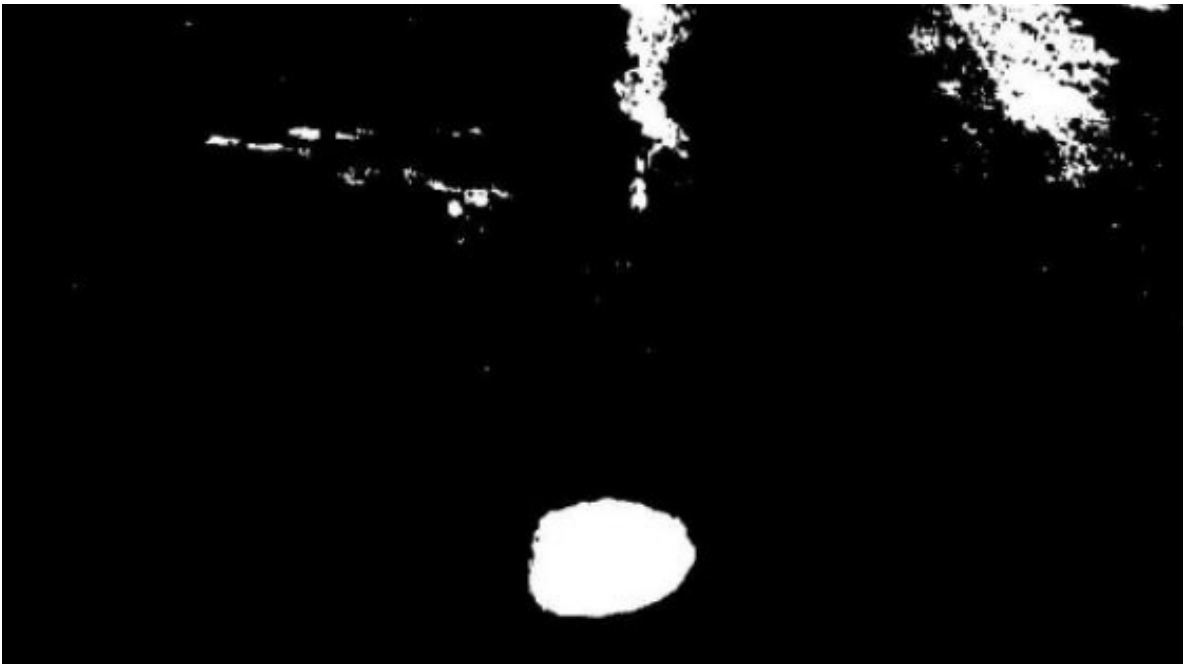


Figura 37: Imagem binarizada.

4.2.5 - Sistemas avançados embarcados em carros de luxo

Os fabricantes de veículos de luxo em sua busca por veículos mais confortáveis, já estão desenvolvendo sistemas de detecção das irregularidades do pavimento para que possam adequar a suspensão do veículo às condições da via. Essa antecipação, garante a seus clientes um nível de conforto nunca antes experimentado. Nessa saudável corrida onde a iniciativa privada não espera pela eficiência estatal nas manutenções das estradas, duas montadoras estão a frente. A Mercedes Benz e a Land Rover.

O MBC (*Magic Body Control da Mercedes Benz*^[37]) tem como objetivo de projeto, fazer com que o passageiro não sinta se o pavimento é liso ou danificado. A base do novo sistema é fornecida pelo controle da suspensão ativa, que funciona para segurar o corpo de veículo em uma posição estacionária. Pode regular ativamente as forças suportam suspensão - e faz isso para cada roda separadamente. Este amortece as vibrações do carro, enquanto oscilações da carroçaria causados durante a frenagem ou aceleração pode ser quase eliminada. Esta tecnologia também é capaz de manter o carro na pista, quando em condições de vento críticos (Figura 40).

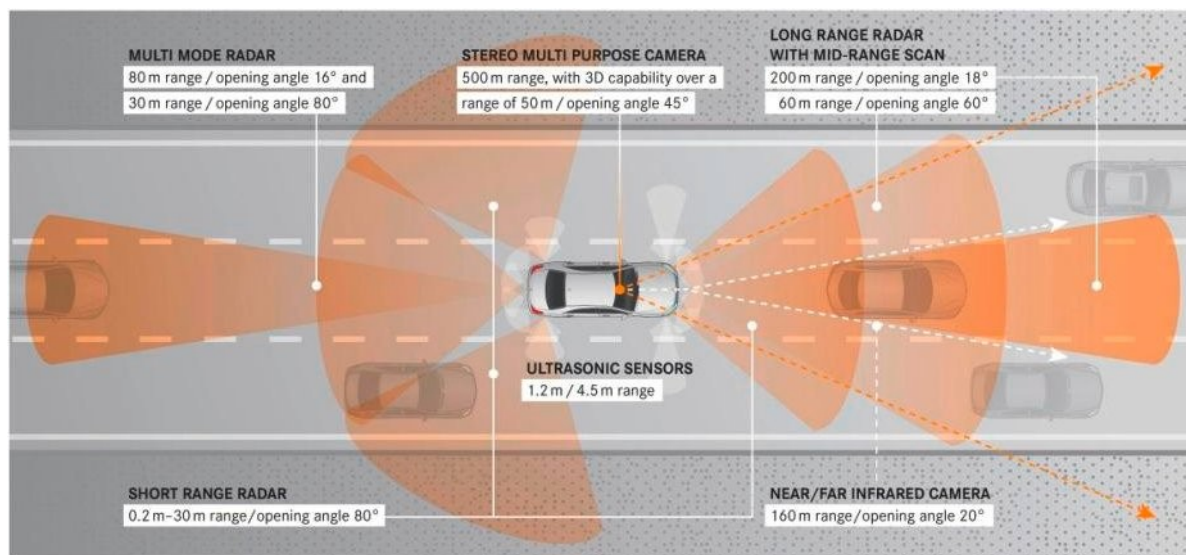


Figura 40: Esquema geral da disposição das câmeras e sensores do MBC.

A suspensão também reconhece carga do carro e ajusta seu nível de conformidade. Dependendo das circunstâncias, a distância ao solo pode ser aumentada em até 40 mm - por exemplo, em condições de estrada com neve. Todos esses controles ativos são dependentes do sistema de pesquisa da superfície da estrada que é a alma do MBC. Uma câmera estéreo posicionado mais ou menos na altura de as medidas espelho interior, filma a superfície da estrada à sua frente (Figuras 41 e 42) e envia os dados gravados para a unidade de controle da suspensão, onde são avaliados. A suspensão ativa, em seguida, leva apenas frações de segundo para ajustar-se à condição da estrada. O resultado é muito ágil e preciso garantindo um maior conforto(Figura 43).

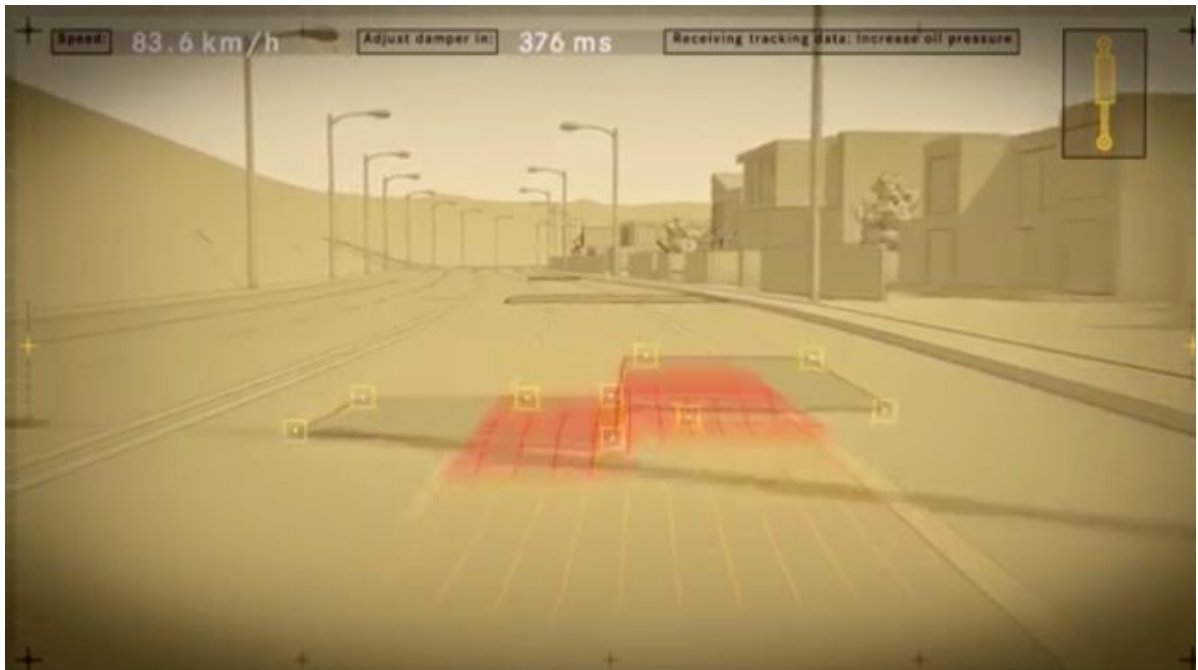


Figura 41: Mapa instantâneo de identificação das variações de pavimento

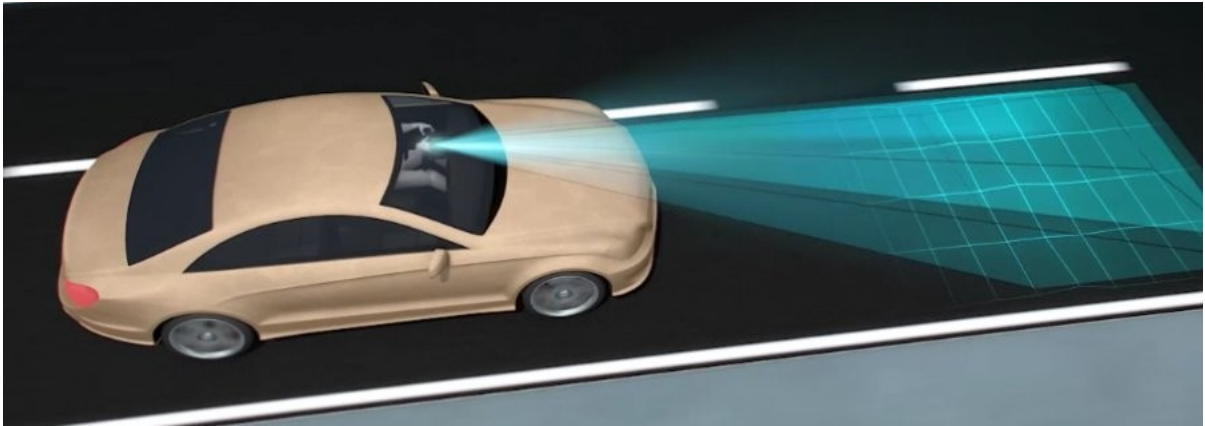


Figura 42: Localização da câmera estéreo



Figura 43: Sistema de suspensão que absorve as irregularidades do piso após a sua detecção.

4.2.6 - Jaguar Land Rover Pothole Alert Technology

A Jaguar Land Rover, montadora britânica de automóveis anunciou^[38] para a imprensa e disponibilizou um vídeo^[39] sobre uma pesquisa pioneira para detectar, prever e compartilhar dados sobre buracos nos pavimentos. Esta tecnologia permitirá que um veículo recolha dados sobre a localização e gravidade dos buracos, esgotos quebrados e até imperfeições nas bases de sustentação das tampas de bueiros. Ele também permitirá que os veículos enviem e recebam avisos online, permitindo ao motorista reduzir a velocidade e se preparar para escolher a melhor maneira de passar pela deformidade. Ele

pode também ajustar suas configurações de suspensão para reduzir impactos e suavizar o passeio. E claro, prever a chegada de um buraco prolonga a vida útil dos elementos da suspensão, rodas e pneus(Figura 44).



Figura 44: Esquema de detecção, aviso e compartilhamento

Equipe de pesquisa da Jaguar Land Rover trabalhará com o parceiro *Coventry City Council* para entender como a informação do perfil da estrada reunidos por essa tecnologia poderia ser compartilhado com as autoridades rodoviárias, e exatamente quais dados seriam mais úteis para que suas equipes de manutenção de estradas possam identificar e priorizar os reparos.

O projeto da Jaguar Land Rover, sai na frente da Mercedes Benz, por utilizar o conceito de identificação, classificação, geolocalização e compartilhamento da informação pela nuvem para os outros motoristas da mesma marca e autoridades responsáveis pela manutenção das ruas . É o embrião de uma solução global, mas peca por manter o compartilhamento apenas entre seus clientes além de reduzir bastante a possibilidade de identificação ao restringir a identificação das imperfeições do pavimento ao trânsito dos veículos Jaguar e Land Rover (Figura 45)



Figura 45: Passageiro recebe alerta nos sistemas do carro ou via holograma no para-brisa dianteiro.

4.2.7 - Software Mobile do DNIT

O DNIT (Departamento de Infraestrutura de Transportes) Móvel^[40] é um aplicativo para smartphones, cujo objetivo é incentivar os usuários a informar sobre as condições das rodovias federais. Ele não é uma solução na qual o usuário se beneficiará imediatamente, mas através dele e com o uso ampliado pela população, o órgão gestor das rodovias, pode realizar um trabalho mais preciso a partir dos problemas apontados pelos usuários daquela via. Na versão atual, o usuário pode:

- Localizar posição no mapa quando tiver GPS;
- Registrar ocorrências com foto (opcional) e localização;
- Detalhar ocorrência (Ouvidoria);

Esse tipo de aplicativo facilita o mapeamento das ocorrências mais constantes em determinada rodovia federal e possibilita o planejamento e a

priorização dos trabalhos de manutenção e melhorias, completa o diretor de Planejamento e Pesquisa do DNIT, Adailton Cardoso Dias em entrevista^[41] ao jornal O Estado de Minas:

“Isso dá mais eficiência ao uso dos recursos públicos e torna as estradas federais mais seguras”

O programa permite que a ocorrência seja feita de forma anônima. Caso o motorista queira uma resposta do DNIT, é necessário que o usuário faça um pequeno cadastro. Após abrir o programa, aparecerá um mapa com a localização do GPS. Antes de iniciar o processo, uma mensagem de alerta aparecerá na tela: ‘Você é o condutor?’. Em seguida, o programa chama atenção para que o veículo esteja estacionado:

“Você só poderá informar uma ocorrência se não estiver dirigindo”.

Lembra Rafael Vidal de Abreu, ouvidor do DNIT:

“Não é recomendado o uso de celular enquanto se conduz o veículo”

Após o quinto mês de lançamento, o DNIT informou^[42] que seu aplicativo Móvel vem se mostrando um poderoso instrumento na conservação e manutenção das rodovias federais brasileiras. Segundo dados divulgados no último dia 31 de março de 2015 pelo DNIT, a média para que os problemas denunciados no aplicativo sejam resolvidos são de três dias úteis. comenta o diretor-geral interino do DNIT, Adailton Dias:

“Antes, sem essa comunicação, o serviço de conservação era mais difícil, pois havia uma burocracia que era desconhecida dos usuários. O DNIT Móvel facilitou a manutenção das estradas. A Semana Santa é uma ótima oportunidade para saber das avaliações dos usuários sobre a qualidade do pavimento”.

Das ocorrências informadas ao DNIT, 60% foram resolvidas e o restante está em processo de resolução. Em geral, são questões contratuais ou jurídicas que requerem mais tempo para terem uma solução. Como é o caso reportado por um usuário em um trecho da BR 262 em Mato Grosso do Sul. Devido a um mau serviço prestado pela empresa responsável pelo trecho da rodovia, o DNIT foi obrigado a quebrar o contrato e iniciou o processo de licitação para os serviços de manutenção da estrada. Destaca Adailton Dias:

“Esses fatos comprovam que a população está utilizando o DNIT Móvel e nos ajudando a preservar as rodovias”.

As BR's 101/PE (contorno de Recife), 116/CE (imediações de Fortaleza) e 135/MA (imediações de São Luís) são as mais solicitadas. Os três estados com maior número de ocorrências foram Bahia, Amapá e Rio de Janeiro. Já os principais apontamentos registrados consistem em buracos e animais na pista, falta de sinalização, acidente e mato alto. Explica Adailton Dias:

“Cabe ressaltar que os acidentes relatados são usados para estudo, no caso de que os mesmos acidentes sejam recorrentes em um determinado trecho na estrada. Nesses casos, verificamos se há problemas estruturais ou de manutenção”.

Até final de março de 2015, quase 50 mil usuários fizeram os downloads nas lojas disponíveis. Em média, a Ouvidoria do DNIT – onde todas as ocorrências são encaminhadas – recebe 30 notificações diariamente e o tempo médio de resposta são de três dias. Contabiliza Adailton Dias:

“A maioria das reclamações é de buraco na pista”.

Com a ocorrência devidamente registrada, a empresa de engenharia escolhida realiza o serviço de recuperação do trecho.

4.2.8 - Imagens do Aplicativo DNIT



Figura 46: Foto 40: Imagem inicial do aplicativo.

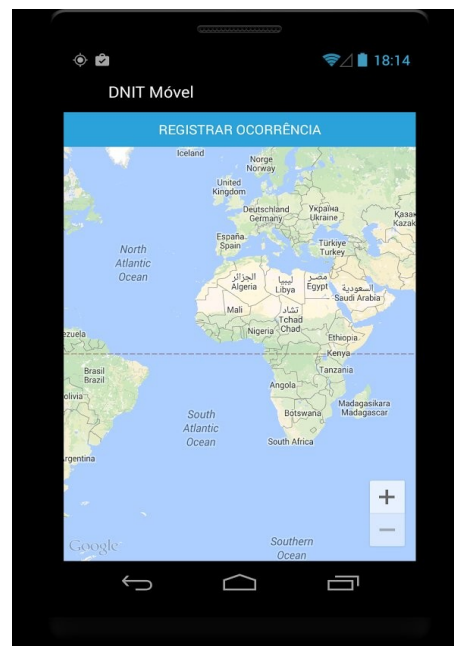


Figura 47: Identificação da posição atual no GPS

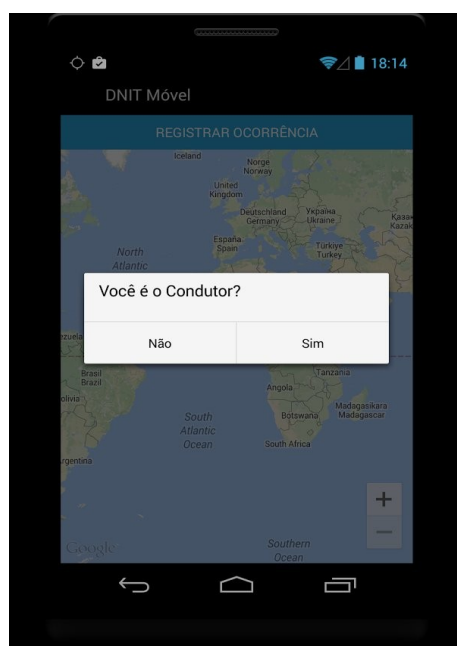


Figura 48: Questionamento se o usuário é o condutor.



Figura 49: Seleção visual do tipo de ocorrência



Figura 50: Caso não tenha sinal de Internet no local nem de GPS, é necessário informar o Estado, o número da rodovia e o quilômetro da ocorrência. O DNIT MÓVEL guarda os dados e envia para a central assim que a comunicação for restabelecida.

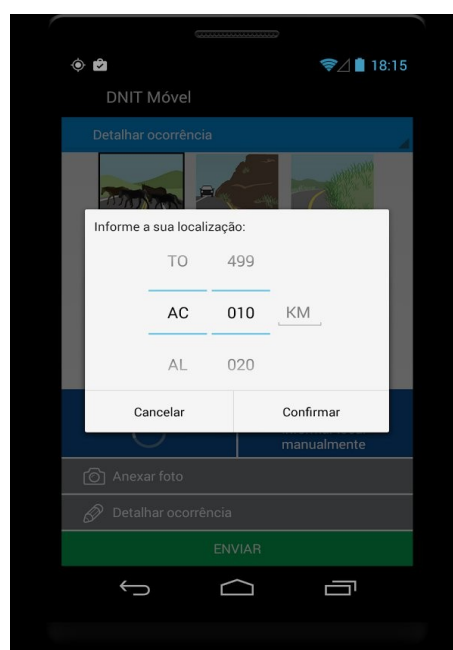


Figura 51: Informe da localização da ocorrência

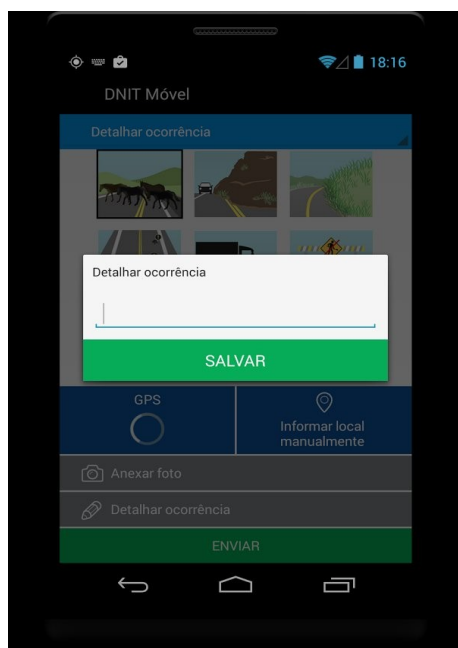


Figura 52: Detalhamento da ocorrência

Embora a iniciativa do DNIT seja inovadora, e conforme mostrado já possua algum resultado efetivo, entendo que possua três pontos vulneráveis:

1. O risco do motorista tentar enviar informações enquanto dirige;
2. Se a informação for enviada por um carona com o carro em movimento, o tempo entre o momento da percepção do problema, obtenção do celular, abertura do aplicativo, preenchimento dos dados, envio para a ouvidoria do DNIT, poderá dificultar na exatidão do local apontado.
3. Se o motorista estacionar no acostamento para relatar alguma ocorrência, estará pondo sua vida em risco e infringindo o Código Brasileiro de Trânsito no artigo 181 parágrafo VII^[43], que versa sobre “Imobilização de Veículos”.

4.2.9 - O que vem pela frente

Embora essa ideia tenha surgido no primeiro semestre de 2013, ao que parece, existem mais pessoas no mundo passando pelos mesmos problemas e imaginando as mesmas soluções. Isso é natural, além de ser um excelente medidor da viabilidade do projeto. O fato interessante ao fazer a leitura das patentes, é ver que a necessidade sempre existiu e as ideias sempre estiveram limitadas pelas tecnologias daquele período. Vamos ver três exemplos:

Patente US6044698^[44] - 01/04/1996

“Método e aparelho incluindo acelerômetro e sensor de inclinação para a detecção de anomalias de transporte ferroviário”

Patente WO 2010045539 A2^[45] - 17/10/2008

“Supervisão de qualidade de rua usando GPS e acelerômetro”

Patente US 20130339489 A1^[46] - 01/04/2006

“Aplicação de computação móvel para dados estrada pavimento”

Nessa última o Google patenteou^[47] um sistema que monitora e reporta buracos nas ruas e estradas através dos recursos do sistema de navegação de

um celular ou tablet e identifica o movimento do veículo ao passar por irregularidades no pavimento (Figuras 53 e 54).

O conceito apresentado pela empresa usa o GPS para identificar a localização do fato e dados do acelerômetro do celular para monitorar as vibrações que seu carro é submetido quando você passa por alguma irregularidade no pavimento. Os dados serão enviados para a nuvem para que após processamento, possa ser utilizado para alertar os condutores sobre estradas os problemas em sua viagem.

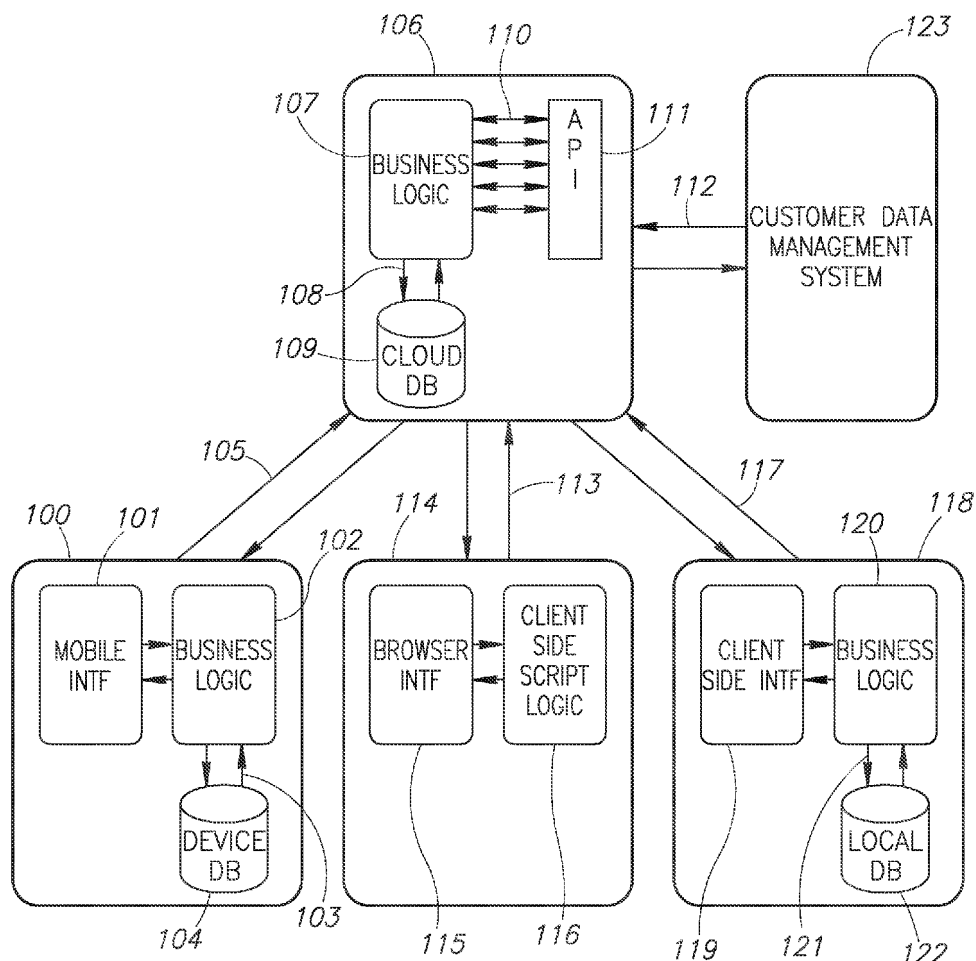


FIG.1

Figura 53: Detalhamento da ocorrência dentro da patente do Google

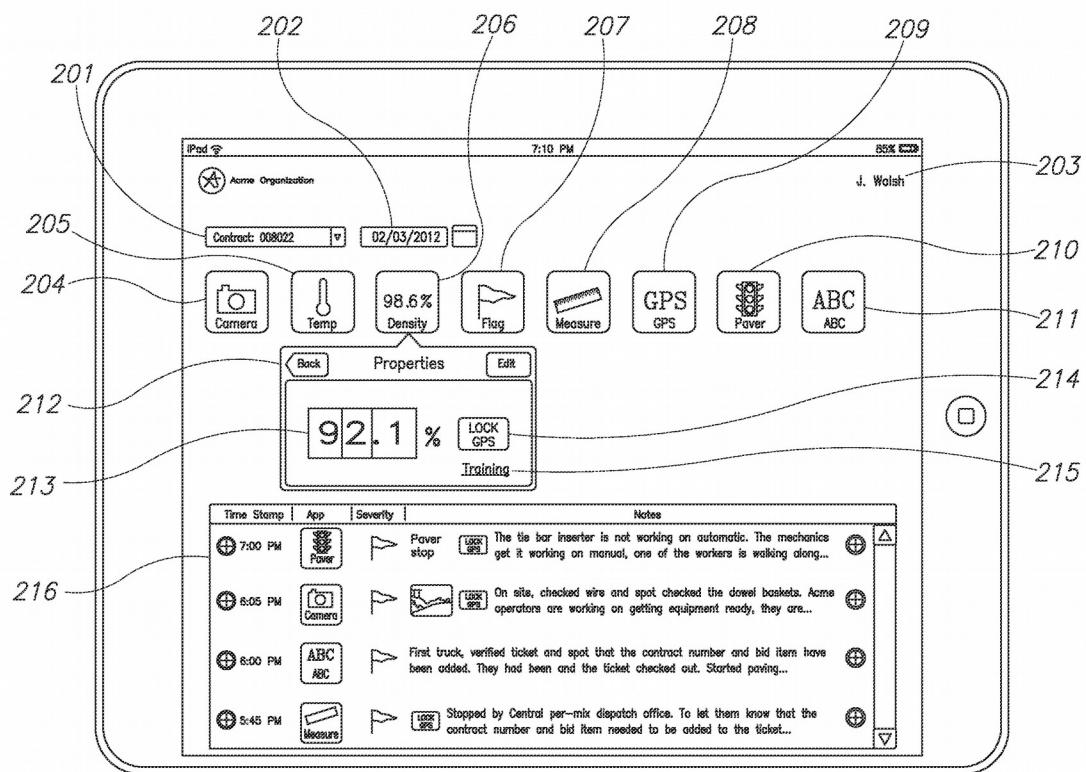


FIG.2

Figura 54: Detalhamento da interface da aplicação proposta pelo Google

Capítulo 5

Projeto LUNAR

5.1 - A Proposta

A solução proposta nesse trabalho, refere-se a construção de um programa a ser utilizado em um *smartphone* com rede de dados, *GPS* e acelerômetro para capturar as irregularidades do pavimento através das vibrações detectadas enquanto se trafega por sobre as suas imperfeições. O componente principal dessa solução é o acelerômetro, que realiza com precisão o trabalho de identificar as forças e os deslocamentos que são exercidos sobre ele mesmo.

A Segunda Lei de Newton^[48] descreve a relação resultante das forças aplicadas em um corpo com a aceleração exercida por ele. Se você sabe qual é a massa e a velocidade de um corpo, você consegue deduzir a força que ele recebeu para estar naquele deslocamento.

Os acelerômetros funcionam^[49] baseados nesse princípio. Por exemplo, a partir de pequenos tubos com uma mola e um peso que em inércia esteja em uma unidade gravitacional (1 g), poderemos detectar a força exercida através do esticamento ou encolhimento da mola. Medindo as variações dos eixos vertical, horizontal e longitudinal(Figura 55).

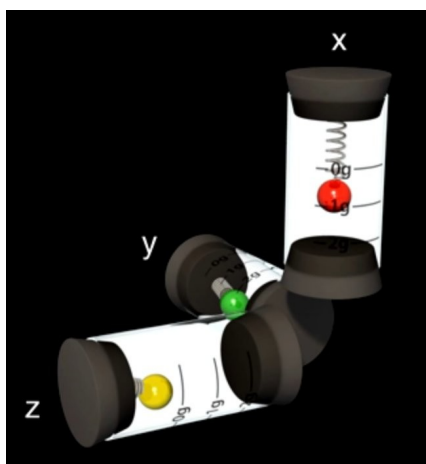


Figura 55: Acelerômetro e seu esquema de funcionamento em três eixos

Como o princípio de funcionamento pode ser reproduzido de diferentes maneiras, existem muitos^[50] tipos de acelerômetros disponíveis, tais como: Piezoelétrico, Piezo resistivo, Capacitivo, Acelerômetro de Efeito Hall, Magnetorresistivo, Acelerômetro de transferência de calor e Redes de Bragg em Fibras Ópticas. Não nos aprofundaremos nas diferenças entre eles nem em seus respectivos funcionamentos, pois não é esse o foco da nossa proposta e não agregaria valor ao trabalho.

Existem muitos aplicativos que se utilizam dos dados do acelerômetro para seus propósitos. Desde os de navegação, até jogos e programas educativos. Vamos ver abaixo um dos muitos aplicativos que simplesmente captura os dados do acelerômetro e mostra os valores dos três eixos em um gráfico colorido para que o usuário possa verificar o funcionamento do dispositivo embarcado no smartphone.

5.2 - Apresentação do projeto LUNAR

O projeto Lunar fará uso do acelerômetro embarcado nos Smartphones para poder identificar as irregularidades do piso por onde a pessoa esteja passando com seu veículo ou como passageira. Essa identificação deverá ser feita de modo passivo, ou seja, não dependerá de interação do usuário. O sistema funcionando em segundo plano, identifica as variações e as coordenadas geográficas para então posteriormente enviar esses dados para os servidores que processarão essas informações a serem aproveitadas em um mapa ou disponibilizada em algum sistema de navegação.

Para que isso seja feito, serão necessários alguns algoritmos específicos para execução das funções de coleta de dados, transmissão e posterior processamento para identificação das irregularidades(Figura 56). Esse é um ponto bastante relevante, pois o processamento para identificação do problema, não está no *smartphone* e sim no servidor. Essa definição faz com que os recursos utilizados pelo celular, sejam poucos e restritos apenas a captura e transmissão. Ganha-se com isso, economia de bateria e processamento, pois um consumo constante desses recursos são fatores que

impactam negativamente na experiência do usuário. Outro ponto que corrobora essa decisão, é que o processamento das irregularidades é feito sempre para ajudar usuários que utilizarão o mesmo trecho futuramente. Tal como aplicativos que informam as condições de trânsito, os usuários são coletores de dados para que um processamento central faça a consolidação e auxilie outros usuários. Os dados que você transmite não lhe são úteis naquele momento, pois você já passou ou está no trecho com trânsito ruim. A navegação é feita através de dados que foram coletados por outras pessoas. O modelo é o mesmo e será descrito abaixo detalhadamente em cada um dos algoritmos elaborados para que esse objetivo seja alcançado.

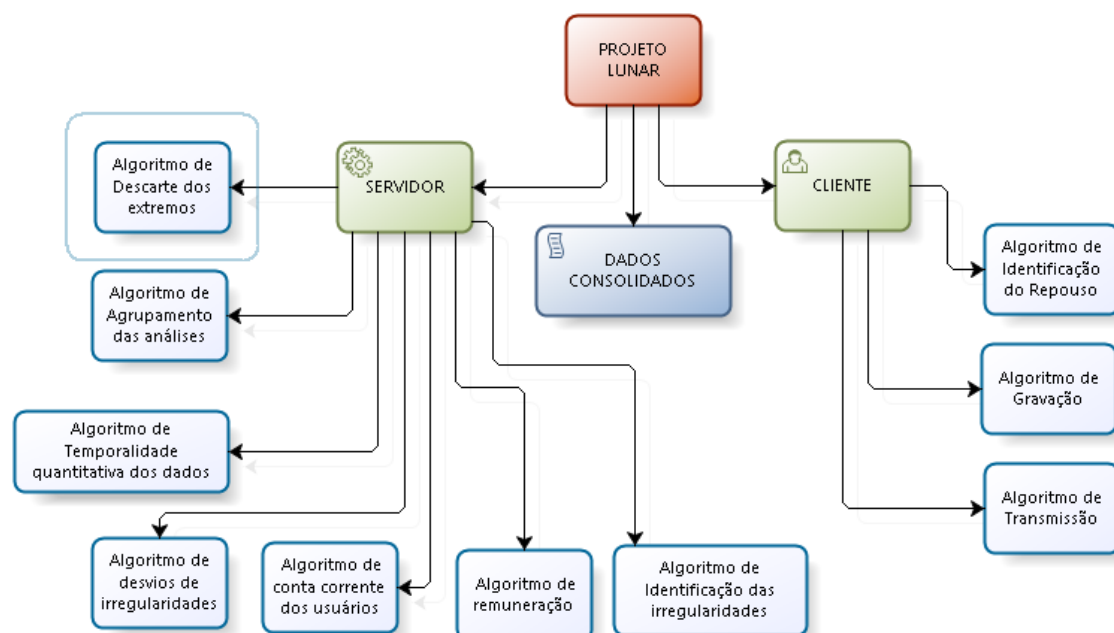


Figura 56: Diagrama de algoritmos do projeto lunar

5.2.1 – Algoritmos

Para o perfeito funcionamento, serão necessários uma série de algoritmos específicos que darão consistência aos dados capturados pelo conjunto dos usuários da solução. São algoritmos que serão executados no lado do cliente e outros no lado do servidor. Vou abaixo falar de cada um deles.

5.2.1.1 - Cliente - Algoritmo de Identificação do Repouso

O primeiro algoritmo refere-se ao descobrimento da posição atual do smartphone. Ele pode estar no painel do carro ou no bolso do usuário e para essas duas situações o algoritmo deverá ser apto a identificar qual sua posição de repouso para então compensar os valores dos eixos de maneira que para na base de dados, estejam todos sempre na mesma posição. Caso o usuário atenda o celular ou o use durante um engarrafamento, as funcionalidades de captura das variações asfálticas ficarão desligadas até que o equipamento fique novamente em repouso. Essa verificação deverá ser feita constantemente.

5.2.1.2 - Cliente - Algoritmo de Gravação

Com a identificação da posição de repouso, o aplicativo fará a captura das variações de pavimento e armazenará com as coordenadas geográficas e outras informações do momento, ambos em tempo real. Essa massa de dados será gravada em múltiplos arquivos XML com tamanho fixo de 100 kbytes que logo a seguir serão compactados para facilitar a posterior transmissão.

5.2.1.2 - Cliente - Algoritmo de Transmissão

O envio dos dados para o servidor será sempre feito posteriormente em horário noturno, após a detecção de um longo período de repouso do aparelho e sempre em baixa prioridade para não concorrer com outras aplicações. Não será necessária a transmissão online porque o processamento das condições é feito no servidor e não no smartphone. O aparelho é apenas um meio para captura dos dados. Um sensor.

Após a transmissão dos arquivos para o servidor, o mesmo será deletado do equipamento para evitar demasiado consumo de espaço de armazenamento no smartphone.

Serão enviados:

- 1 – ID de usuário e outros dados de parâmetros
- 2 – Timestamp
- 3 – Valores do GPS (Coordenada, altitude, velocidade)
- 4 – Valores do eixo X, Y e Z
- 5 – Velocidade

Exemplo:

```
Lunar    0.1    User    ID:    12345678    GMT-3    sensor    resolution:
0.009575196m/s^2

02/11/2015 14:32:03;7.784606,63.10403;-555;9165;3055;80

02/11/2015 14:32:04;7.784606,63.10404;-0,67;9174;2825;80

02/11/2015 14:32:05;7.784606,63.10405;-574;9203;3294;80,5

02/11/2015 14:32:06;7.784606,63.10406;-0,67;9232;3667;81

02/11/2015 14:32:07;7.784606,63.10407;-737;9251;3706;80
```

5.2.2.1 - Servidor - Algoritmo de Identificação das irregularidades

Após o fim da gravação dos dados no servidor, o mesmo já estará pronto para ser processado em conjunto com os dados de todos os usuários. Muitas das irregularidades classificadas pelo DNIT, podem ser identificadas através desse processamento. Um laboratório de campo com diversas simulações reais, ajudarão a formar uma base de dados inicial de padrões de impacto por tipo de irregularidade.

5.2.2.2 - Servidor - Algoritmo de Descarte dos extremos

É importante que após o processamento dos dados recebidos e a sua devida classificação, que entre em funcionamento um outro algoritmo de

descarte de leituras extremas. Em estatística, dá-se o nome de “Tendência Central”, onde busca-se valor central ou valor típico para uma distribuição de probabilidade.^[51] A ideia é evitar que leituras extremas fiquem de fora do resultado da análise e o conjunto da média das leituras, seja considerado como o valor desejável e confiável.

5.2.2.3 - Servidor - Algoritmo de Agrupamento das análises

Como em uma mesma posição dentro da área de uma via de pavimento, poderá ter dados de vários usuários, o servidor deverá ser capaz de agrupar os resultados das leituras (por metro quadrado ou linear, por exemplo) do pavimento. Esse agrupamento será o responsável para indicar não somente um problema, mas também perceber as correções realizadas.

5.2.2.4 - Servidor - Algoritmo de Temporalidade quantitativa dos dados

Se um determinado trecho de via, esteve por muito tempo danificado, é normal supor que existirá um grande base de dados apontado esse problema e como trabalharemos com estatísticas de tendências centrais, baixar o valor média da análise, pode demorar muito tempo após o devido reparo. A melhor maneira de tratar esse ponto, será através de um gerenciamento da base de dados de maneira que não se perca o histórico das condições das vias, mas que para o presente momento, somente sejam consideradas leituras realizadas em poucos dias e deixando as leituras mais antigas que isso como base para trecho que não tiverem registros recentes, ou seja, por exemplo se considerariam as últimas dez passagens pelo local. É uma maneira de se responder rapidamente ao surgimento das irregularidades e ao seu reparo.

5.2.2.5 - Servidor - Algoritmo de desvios de irregularidades

Ao identificar uma irregularidade na pista, os motoristas podem estar desviando da mesma e o sistema poderá identificar que o trecho está regular novamente e obviamente a ausência dos registros não significa que houve

reparo. O sistema deverá identificar os desvios de faixa ou de certas áreas da pista aonde se sabe existir irregularidade.

5.2.2.6 - Servidor - Algoritmo de conta-corrente dos usuários

Ao final do processamento das transmissões, os usuários receberão seus créditos por metros percorridos a taxa de um crédito por metro, independentemente de que seus valores tenham ficado dentro da tendência central, afinal, o usuário que bate violentamente contra a deformidade do piso, participa tanto quanto o que desviou. A batida é um alerta, o que desvio alimenta o algoritmo de desvio. A combinação de ambos, mostra que existe um problema no local.

5.2.2.7 - Servidor - Algoritmo de remuneração

Os dados processamentos, assim como as outras verbas que podem ser oriundas de outras formas de monetização da aplicação, deverão sempre serem divididos entre a empresa e os usuários que participaram da coleta de dados daquele local. Isso na exata proporção. Vias de pouco tráfego, tenderão a remunerar mais que vias de alto tráfego. Isso de certa maneira poderá até incentivar a prática de navegação proposital para coleta de dados em vias de pouco fluxo.

5.3 - Modelo de negócio

O que leva um investidor a olhar para um projeto? Muitas são as respostas que podem ser dadas para essa pergunta. Talvez você não encontre unanimidade nem entre os próprios investidores. Mas sempre existe um grupo de características que tornam um projeto mais atraente. Elas costumam não variar dentro de toda a gama de intenções dos envolvidos. Lembre-se que um Modelo de Negócios (BM), não é um Plano de Negócios (BP). Um BP é por definição algo mais completo enquanto que o BM é mais ágil e dinâmico. Depois de algumas décadas no mercado de sistemas e serviços, desenvolvi alguma percepção do que comumente dá certo ou não e farei o meu BM baseado nisso.

A primeira coisa que pergunto, é se o que está sendo proposto:

5.3.1 - Resolve um problema real?

Pessoas e empresas, criam muitos produtos interessantes e suprem determinadas necessidades. O mundo está repleto desses inventos. Alguns que deram certos por um determinado tempo, outros que nunca deram certo e uma última categoria dos que estão dando certo ao longo do tempo. Existe uma relação direta entre o sucesso de um produto e a sua persistência. Essa relação é definida pela necessidade. Se um determinado produto foi necessário apenas por um determinado período, ele será provavelmente esquecido depois disso. Se ele foi desenvolvido, sem uma verdadeira necessidade, fracassará certamente, e se esse produto foi desenvolvido para atender problemas reais das pessoas, ele existirá enquanto esse problema existir. Enquanto a humanidade precisar juntar folhas de papel, existirão empresas fabricando clipes. Mesmo sendo uma invenção com 116 anos^[52]. Conforme apresentei no início do trabalho, a solução proposta resolve sim alguns problemas reais existentes na maioria das cidades do mundo.

5.3.2 - Tem um mercado relevante?

Sua solução resolve um problema real, mas será que o tamanho desse grupo é relevante? Será que o mercado espera alguma aplicação inovadora para o sistema operacional Symbian da Nokia? Ou para o Blackberry?

Uma solução que atenderia o conjunto das pessoas da sociedade brasileira, pode ser mais atraente que uma solução que resolva uma questão da sociedade paranaense. Isso não inviabiliza a criação dessa Startup ou aplicação, mas em um ambiente de competição na busca de um investidor, você chegará perdendo.

A solução proposta possui um mercado nacional assim como global. O problema a ser atacado existe em todo o planeta. As maneiras como são reparados também não diferem muito.

A resposta para essa questão é SIM, a aplicação tem um potencial de ser utilizado mundialmente, pois o problema de defeitos em pavimentos é global.

5.3.3 - Já existe algo similar?

Parece “clichê”, mas a melhor frase que exprime esse ponto é:

“Não invente a roda!”

Se já existe algo no mercado, fazendo exatamente o que você propõe e a sua solução não agrega nada de novo, pare imediatamente de trabalhar nisso e não importune os investidores. Se a sua solução agrega valor a outra já existente, parabéns, o nome disso é evolução, mas não se esqueça de voltar a questão anterior antes de seguir em frente.

Sim, existem soluções similares que atingem objetivos parecidos, mas como apresentado no capítulo 5, são custosas, demoradas e com espectro de atuação muito reduzido. Talvez nesse momento já existam pessoas

desenvolvendo algum aplicativo similar, mas o que talvez ninguém ainda tenha pensado, é sobre associar isso a um modelo de negócios autossustentável.

A resposta para essa questão é NÃO, não existe projeto similar que faça além da identificação dos problemas, compartilhamento, remuneração do usuário, venda de dados e criação de índices públicos.

5.3.4 - É prototipável?

Você consegue demonstrar sua ideia sem ter que tê-la pronta por completo?

E essa demonstração consegue fazer com que o suposto usuário enxergue o real valor de sua proposta ao ponto de desejá-la?

O nome que atualmente é dado a essa característica é “Tração”.

Tração, é a maneira como você mede a atratividade de sua ideia, diretamente com o seu futuro usuário. Isso pode ser feito com um programa, um site, uma aplicação móvel ou até mesmo um vídeo demonstrativo tal como se a solução já existisse. A partir da apresentação da ideia, ou de sua experimentação, você disponibiliza meios para que o usuário possa manifestar o seu interesse.

Sim, o aplicativo que propomos, assim como o seu modelo de negócio, é plenamente prototipável e pode ser demonstrado facilmente.

5.3.5 - É monetizável?

Perguntas que devemos fazer para responder essa questão:

A sua aplicação ou o seu modelo de negócio, são capazes de gerar dinheiro naturalmente?

Ela é monetizável diretamente ou indiretamente?

Nessa etapa de avaliação o que devemos deixar claro é a factibilidade de sua execução. Não importa se será venda direta ou através de publicidade, o importante é que fique bem claro, como que se dará a monetização da sua solução. Lembre-se que esse não é um MBA da área de economia, ou seja, você apresenta qual seria sua ideia de monetização, mas essa decisão de como e quando, geralmente está a cargo dos investidores.

Sim, diante da construção dessa base de dados importantíssima, não existirá governo em lugar algum, que não se mostra interessado em saber através de métricas claras e públicas, quais os indicadores de qualidade da pavimentação de suas ruas. Principalmente se ele estiver sendo cobrado por isso.

5.3.6 - Quem é o cliente final?

Nosso cliente final, são todas as pessoas que fazem uso de vias pavimentadas. Seja elas motoristas ocasionais, profissionais ou simples passageiros.

5.3.7 - Quais seriam seus custos e a infraestrutura necessária?

Uma solução completa como a proposta, não pode ser barata. Desenvolver um aplicativo móvel, um servidor, comunicação, algoritmos e marketing requerem um planejamento amplo e detalhado. Uma estimativa de desenvolvimento da aplicação pelo lado do cliente, servidor e demais atividades minimamente necessárias que compõem a série de gráficos referentes a Estrutura Analítica de Projetos (EAP), do Inglês, Work Breakdown Structure (WBS) a seguir:

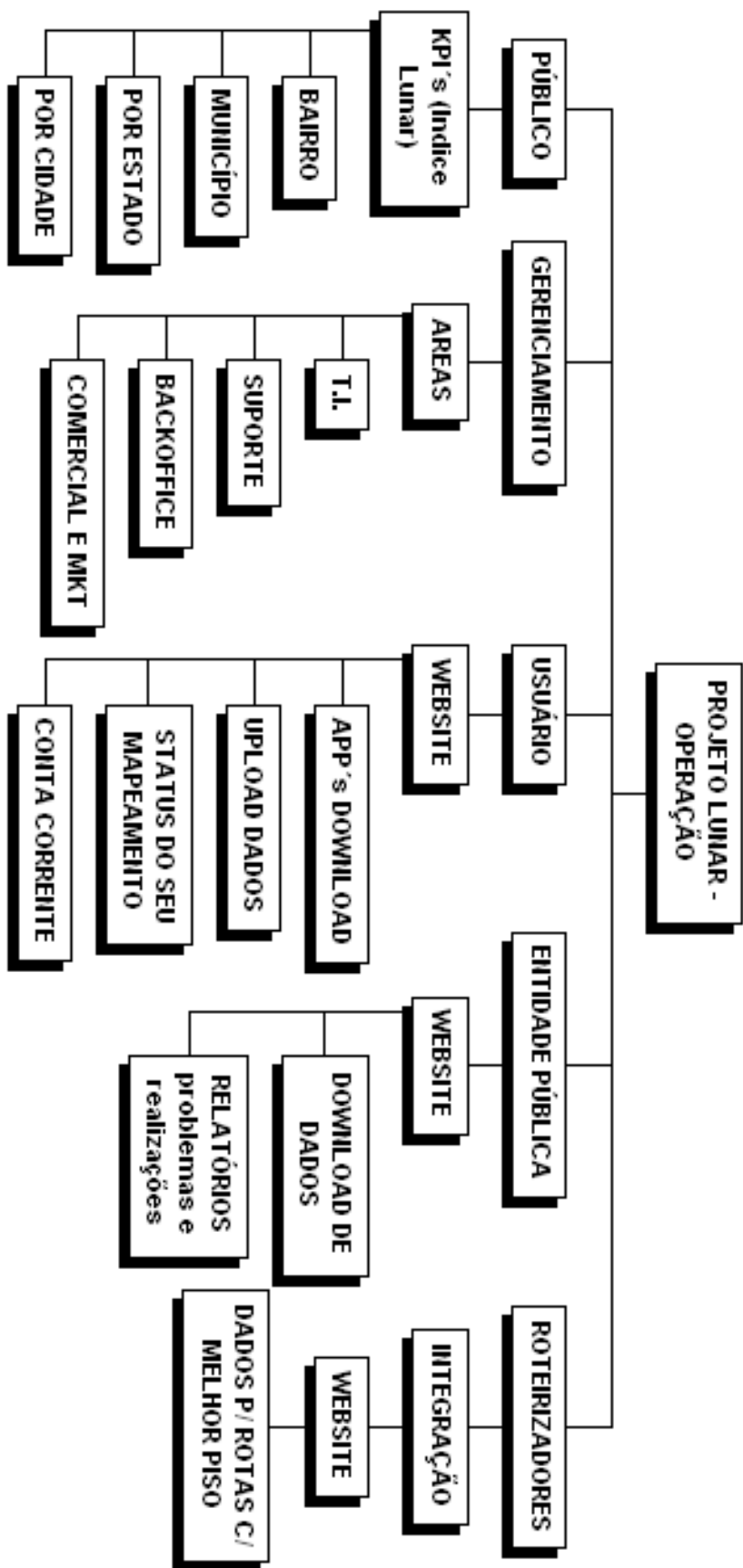


Figura 57: WBS do Projeto Lunar

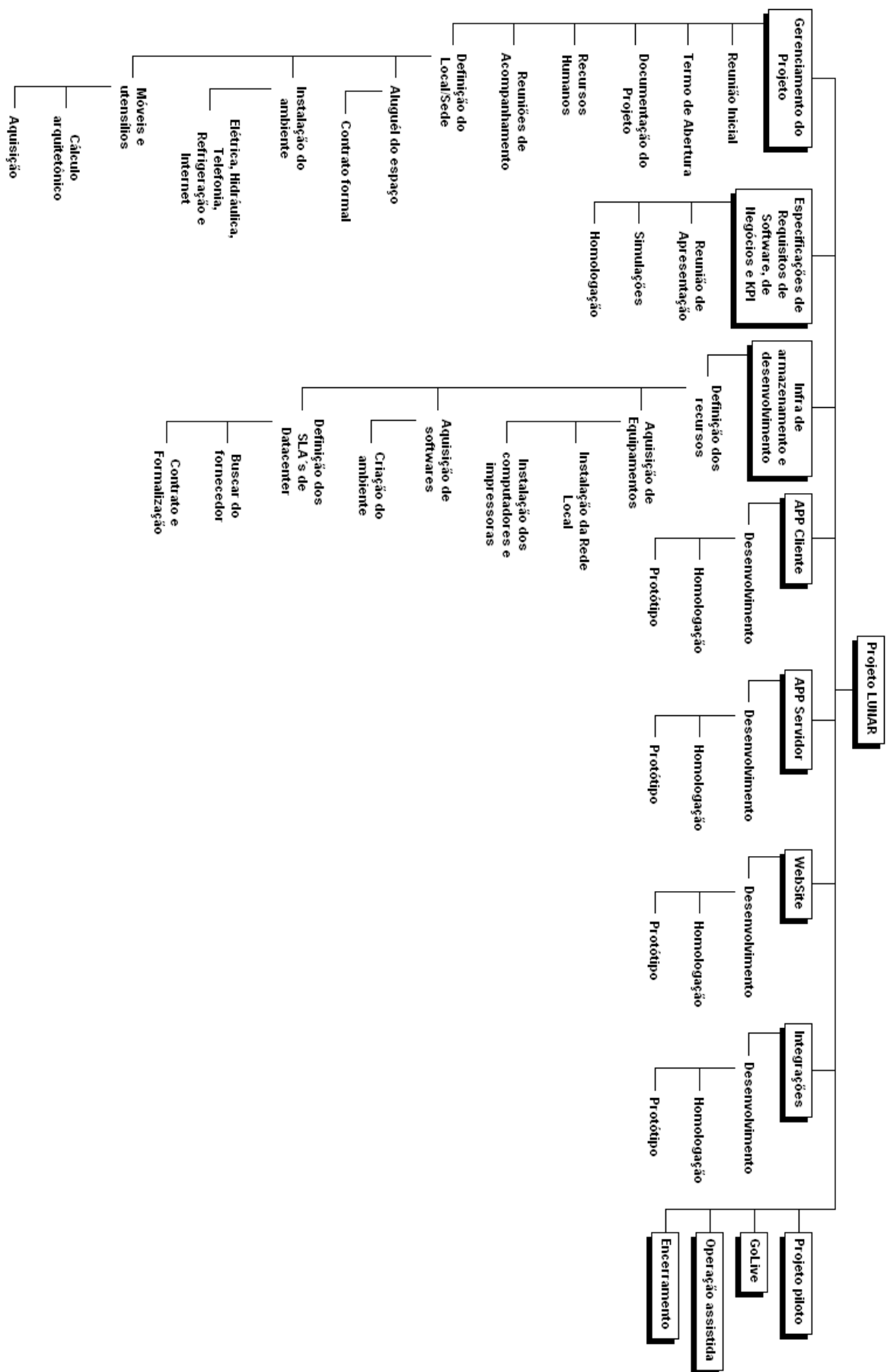


Figura 58: EAP do Projeto Lunar

Complementando os dados do EAP, temos um cronograma básico do desenvolvimento da aplicação distribuído ao longo de um ano.

Atividades Principais	2016											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Gerenciamento do Projeto												
Especificações de Requisitos												
Infraestrutura												
APP Cliente												
Webserver												
WebSite												
Integrações												
Projeto piloto												
GoLive												
Operação assistida												

Tabela 2: Dados do EAP para execução do projeto

A seguir também uma planilha básica de custos previstos:

						R\$ 1.487.159,00
Qtde	Tipo	Descrição	Valor	Encargos	MESES	Total
1	Pessoal	Gerente	R\$ 10.000,00	R\$ 3.000,00	12	R\$ 156.000,00
1	Pessoal	DBA	R\$ 6.000,00	R\$ 1.800,00	12	R\$ 93.600,00
1	Pessoal	Analista de Infra	R\$ 4.000,00	R\$ 1.200,00	11	R\$ 57.200,00
1	Pessoal	Webdesigner	R\$ 4.000,00	R\$ 1.200,00	12	R\$ 62.400,00
10	Pessoal	Programadores	R\$ 5.000,00	R\$ 1.500,00	9	R\$ 585.000,00
1	Pessoal	Contador	R\$ 3.000,00	R\$ 900,00	12	R\$ 46.800,00
1	Pessoal	Advogado	R\$ 3.000,00	R\$ 900,00	12	R\$ 46.800,00
1	Pessoal	Analista de Marketing	R\$ 3.000,00	R\$ 900,00	12	R\$ 46.800,00
1	Pessoal	Analista Comercial	R\$ 3.000,00	R\$ 900,00	12	R\$ 46.800,00
1	Pessoal	Secretária	R\$ 2.000,00	R\$ 600,00	11	R\$ 28.600,00
1	Instalações	Aluguel	R\$ 6.000,00	R\$ 0,00	12	R\$ 72.000,00
1	Instalações	Condomínio	R\$ 600,00	R\$ 0,00	12	R\$ 7.200,00
1	Instalações	IPTU	R\$ 100,00	R\$ 0,00	12	R\$ 1.200,00
1	Documentação	Prefeitura/Estado	R\$ 3.500,00	R\$ 0,00	1	R\$ 3.500,00
1	Impostos	Prefeitura/ISS	R\$ 171,00	R\$ 0,00	4	R\$ 684,00
1	Instalações	Elétrica, Hidráulica, Telefonia, Refrigeração e Internet	R\$ 20.000,00	R\$ 0,00	1	R\$ 20.000,00
1	Operação	Elétrica, telefonia e Internet	R\$ 3.000,00	R\$ 0,00	12	R\$ 36.000,00
1	Móveis e Utensílios	Arquiteto	R\$ 1.500,00	R\$ 75,00	1	R\$ 1.575,00
1	Móveis e Utensílios	Aquisição	R\$ 50.000,00	R\$ 0,00	1	R\$ 50.000,00
1	Comunicações	Equipamentos e PABX	R\$ 40.000,00	R\$ 0,00	1	R\$ 40.000,00
20	Computadores		R\$ 3.000,00	R\$ 0,00	1	R\$ 60.000,00
1	Servidores	EC2	R\$ 1.000,00	R\$ 0,00	10	R\$ 10.000,00
1	Rede local	Cabling	R\$ 5.000,00	R\$ 0,00	1	R\$ 5.000,00
1	Softwares	Diversos	R\$ 10.000,00	R\$ 0,00	1	R\$ 10.000,00

Tabela 3: Custos para execução do projeto

5.4 - Agentes Interessados na Solução

Existem dois grupos de potenciais interessados nessa solução. Os usuários das vias pavimentadas e os responsáveis por essas vias, sejam eles públicos ou privados.

5.4.1 – Usuários

São os principais beneficiados pela solução. Hoje, principalmente no cenário brasileiro, é nítida a incapacidade do gestor público de manter as vias nas mínimas condições aceitáveis de uso. Desde a construção mal feita, o uso inadequado, até as manutenções realizadas de qualquer maneira, são fatores que reduzem o ciclo de vida dessas vias. Com o uso de uma aplicação que identifique e torne pública a situação presente, espero que aconteça uma reversão desse quadro terrível em que se encontra as vias de nossas cidades.

5.4.2 – Responsáveis

São os beneficiados indiretos, pois poderão obter uma base de dados de condições asfálticas com uma dimensão jamais vista. Priorizando os piores trechos, rapidamente poderão melhorar os níveis médios das condições apuradas. Nunca antes, os administradores de vias tiveram tamanha oportunidade. Não deixaria de afirmar, que além de ser uma atividade interessante para um investidor, é tremendamente interessante para o administrador, pois o custo da solução equivale ao da construção de 200 metros de pista.

5.5 - Como tornar o aplicativo indispensável

Serão listados um grupo de ações idealizadas para tornar o aplicativo indispensável. Hipoteticamente falando, essa indispensabilidade residiria no princípio de que as informações geradas por ele, estariam imersas no conjunto de necessidades da sociedade que o utilizasse, ou seja, o seu uso seria constante assim como o consumo das informações. Embora pareça uma utopia de todo proponente de sistema, esse é um objetivo alcançável pela lógica que será apresentada a seguir.

5.5.1 - O índice Lunar

O nome “Lunar” é provisório e refere-se a uma analogia às crateras encontradas na Lua, satélite de nosso planeta. É comum ao brasileiro, fazer referência aos seus problemas de maneira hiperbólica embora encontremos com alguma regularidade, defeitos em pavimentos que realmente parecem ser merecedores de tal título.

Independentemente de qual seja seu futuro nome, tratamos aqui do IQP (Índice de Qualidade de Pavimento), que é o primeiro passo tático a ser realizado com a criação de um índice que possa mensurar de maneira inequívoca a qualidade do pavimento das ruas, seja apenas de um pequeno trecho ou de todo um país. Esse índice será composto por três subíndices que serão descritos a seguir:

a) Área – Será apurado o total de metros quadrados de pavimento com problemas, independentemente do tipo.

b) Intensidade – Será apurado um valor médio da intensidade do problema por metro quadrado.

c) Risco – Baseando-se nos dois indicadores anteriores, somado a informações não automáticas enviadas pelos usuários, será feita uma classificação dos riscos reais não só de dano imediato no veículo, mas também para danos a vida.

5.5.2 - A inserção na mídia

Com o intuito de tornar o índice conhecido, será proposto um conjunto de ações que objetivam não só apresentar o novo índice público à mídia, mas fazer com que vejam nele um valor que reflita inequivocamente uma realidade presente na vida de todos mas que até então não era mensurada. Essas ações serão divididas em cinco etapas:

a) Divulgação – Realizar eventos públicos, seminários, publicações em revistas e jornais de grande publicação, redes sociais e demais meios, apresentando o índice e como ele é construído pelos usuários que além de ajudarem uns aos outros ainda são remunerados por isso.

b) Exatidão – Realizar eventos públicos e seminários exclusivos para públicos de tecnologia, estatística e engenharia civil, assim como inserções na mídia especializada, objetivando apresentar aos profissionais do segmento, a maneira precisa como a aplicação obtém os valores que compõem o índice e mostrando como que eles podem se aproveitar da ferramenta para outras atividades.

c) Participação popular – Realizar propagandas, chamadas de rádio, inserções em podcasters, bloggers, vloggers e outras mídias mostrando os benefícios da utilização do aplicativo para a coletividade da sociedade. Diferentemente do item “a”, para esse ponto, o foco não é apresentar o aplicativo, mas mostrar sua importância social.

d) Histórico – Realizar a divulgação em todos os meios possíveis, de informações referente a melhora ou piora das condições de pavimentação de acordo com o histórico acumulado por região, bairro, município ou cidade. Para esse caso o meio ideal são os programas de notícias expostos na televisão, rádio e internet e sempre que possível, convidando os responsáveis ou concessionárias para dar explicações e apresentar as soluções propostas ou em andamento.

5.5.3 - A inserção no debate político

O objetivo desse tópico é fazer com que a classe política saiba da presença dessa aplicação e a identifique como ferramenta indispensável na luta política e em todas as esferas de poder.

A pressão sobre o meio político se dará primeiramente através do tópico anterior; a mídia. Mas ao se propagarem os primeiros efeitos dessa intenção, a reação política deverá ser monitorada com cautela para evitar qualquer tentativa de obstrução do uso da ferramenta ou da criação de alguma legislação específica que impeça o seu uso.

No Brasil, realizam-se eleições a cada dois anos, ou seja, o debate político é praticamente ininterrupto. Embora em minha concepção, esse seja um grande mal para a nação por conta do desperdício de recursos, para o objetivo desse tópico tal situação mostra-se favorável, pois sempre estaremos com alguma eleição se aproximando e com políticos ávidos a atacar e se defender. Nada melhor que a apresentação de números inquestionáveis acerca dos erros dos inimigos e acertos da gestão próprias ou dos amigos. Nesse contexto, os dados compilados da aplicação apresentam-se como mais uma das armas do jogo político, com a única diferença que o seu uso regular fará com que a média da qualidade dos pavimentos suba.

5.5.4 - A inserção nas metas dos governos

Esse tópico é relativo a construção de uma estratégia a ser adotada após a inclusão dos índices dentro do debate político. Ela será provocado pela própria mídia que através de artigos, noticiários, entrevistas, cobranças públicas e propaganda, cobrarão dos políticos resultados baseados nos números inquestionáveis da aplicação. Outra maneira é apresentar espontaneamente, os melhores governantes no quesito recuperação das vias da cidade.

A constante cobrança sobre resultados, acabará naturalmente fazendo com que o indicador entre como metas dentro dos próprios governos, sendo acompanhadas mensalmente através da aquisição dessa massa de dados, tanto por parte dos políticos, como por parte dos setores privados interessados.

5.6 - A responsabilidade Pública

Seria o Estado responsável pelos acidentes, mortes e outros danos causados pela má conservação das vias públicas?

Essa é a questão que vamos esclarecer nesse capítulo. Pois sendo o Estado responsável, tornar-se-ia imediatamente em grande interessado no sucesso da aplicação proposta.

A população de um modo geral, sabe que o Estado (e aqui cito-o como o administrador público de qualquer esfera, seja ela federal, estadual ou municipal) é o responsável pela construção, manutenção e naturalmente pela degradação dos arruamentos. Quando o Estado abre mão desse papel através das concessões ou privatizações, nota-se muito rapidamente a elevação da qualidade daquele pavimento e dos serviços que ali possam ser prestados.

Se olhássemos para o passado para tentar identificar em que momento os gestores brasileiros perderam sua capacidade de manter um pavimento minimamente utilizável, não encontraríamos uma resposta simples. A complexidade de dissertar acerca da incapacidade de um determinado grupo de brasileiros em cargos de gestão pública, é um desafio multidisciplinar de grande envergadura. Mas, fazendo uso de todas as pesquisas realizadas para a confecção desse trabalho, eu, e essa é uma afirmação pessoal, acredito que o grande momento, o ponto da virada, ocorreu quando a cobrança feita aos proprietários de veículos automotores deixou de ser uma taxa e passou a ser um imposto.

A diferença é que o Imposto é uma espécie de tributo, o qual não está vinculado à nenhuma atividade estatal específica relativa ao contribuinte. O objetivo é simplesmente aumentar a arrecadação para fins diversos. A obrigação tributária dos impostos é sempre relacionada ao agir, ou ao ter, do contribuinte, e inteiramente distinta do agir do Estado. As taxas, têm seu fato gerador vinculado a uma realização estatal, ou seja, o Estado realiza para o contribuinte um determinado serviço, e é remunerado por isso. Esse tipo de tributo, não é alheio ao agir do Estado. Em resumo, uma taxa pressupõe a realização de um serviço, um imposto não.

Até 1985, vigorava no Brasil a TRU (Taxa Rodoviária Única). Ela foi substituída pelo IPVA^[53] (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores) no segundo semestre daquele ano. Assim, extinguiu-se um tributo público destinado unicamente a manutenção das vias públicas, sendo substituído por um imposto que entra no caixa único do governo e sem uma relação direta com a responsabilidade de manutenção das vias públicas. Em

meu entendimento, esse foi o ponto de afrouxamento da responsabilidade por parte dos gestores.

O que vamos ver a seguir na conclusão do artigo^[54] publicado por Rafael Diego Aires da Silva, o qual versou sobre a responsabilidade pública nos danos decorrentes da má conservação dos pavimentos, é que a responsabilidade nunca extinguiu-se. Ela permanece e é amplamente pautada no arcabouço jurídico vigente:

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como ponto central a análise da questão da responsabilidade civil do Estado por acidentes em rodovias que não foram por ele bem conservadas. Desta forma, com tudo que já foi exposto no que concerne à responsabilização civil extracontratual do Estado por suas condutas omissivas, torna-se facilmente possível tecer algumas conclusões.

Primeiramente, pode-se afirmar que, havendo a Administração Pública causado lesão a terceiro por meio de uma ação ou omissão, decorrente do descumprimento de seu dever legal, deve ser ela responsabilizada pela extensão dos danos que ensejou. Ademais, por tudo que foi expresso no primeiro capítulo, depreende-se que a teoria da irresponsabilidade estatal não encontrou espaço no Brasil, haja vista sua predominância ter se dado no período absolutista.

Então, de início, na Constituição Imperial de 1824, nosso ordenamento jurídico já imputava a responsabilidade aos empregados públicos pelos abusos e omissões que gerassem no exercício de seus cargos. O entendimento, então, evoluiu até o advento da Constituição de 1988 que, em seu § 6º do art. 37, acolheu a responsabilidade objetiva do Estado, já estabelecida desde a Carta Magna de 1946.

Desta forma, não havendo excludentes de causalidade, ou seja, prescindindo a força maior, a culpa exclusiva da vítima ou a culpa concorrente, conclui-se que o Estado tem o dever de assumir a responsabilidade pelos danos que deu causa, haja vista o descumprimento do dever legal de sua ação ou inação.

Entretanto, apesar de nossa atual Constituição não fazer distinção entre as condutas comissivas ou omissivas capazes de gerar a responsabilização estatal, verificou-se a existência de corrente doutrinária que não garante a responsabilidade objetiva pelos danos causados pela ausência de ação do Poder Público.

Pelo disposto, não apenas na Constituição Federal, mas também na legislação infraconstitucional, ficou evidente que a Administração Pública tem o dever jurídico de fiscalizar e conservar as rodovias para manter a incolumidade pessoal e material de seus usuários. Porém, foi visto que para alguns doutrinadores, como Celso Antônio Bandeira de Mello, os casos de responsabilidade civil do Estado possuem natureza subjetiva e, por isso, não prescindem a comprovação de culpa.

Por outro lado, constatou-se que os que seguem o entendimento de Hely Lopes Meirelles compreendem que, para a reparação do dano provocado pelo Estado, seja através de uma omissão ou comissão, aplica-se a teoria do risco. Ou seja, em casos de acidentes provocados pela má conservação da rodovia, o Poder Público causou um infortúnio por não ter realizado o seu dever legal de manter e conservar as condições adequadas que se faziam necessárias nesse local e, por isso, haja vista a atividade pública poder gerar danos suportados à comunidade, deve ser imposto o ônus de reparação a toda coletividade, através do erário, representado pela Fazenda Pública.

Foi visto ainda que, de modo mais próximo a uma teoria mista, Cavalieri Filho, com base nos escólios de Guilherme Couto de Castro, distingue omissão específica de omissão genérica quando se pretende avaliar a responsabilidade como objetiva ou subjetiva, pois o autor entende que a primeira é a que enseja a responsabilidade objetiva.

Com tais posicionamentos, conclui-se que teoria da responsabilidade objetiva, nos casos de comportamentos omissivos do Estado, verifica-se a existência de um dano, a presença de um nexo causal entre o dano e a conduta estatal, a real existência de uma omissão da Administração e uma desobediência ao dever legal. Quanto à ótica subjetiva, existe a análise de tais elementos citados, acrescentando, ainda, a presença da culpa.

Todavia, no presente trabalho, foi possível compreender os três tipos de situação ensejadora de responsabilização da Administração, narrados por Bandeira de Mello, a saber: quando o Estado provoca dano através de seu próprio comportamento; quando o Estado, através de omissão, enseja a ocorrência da lesão; e o caso em que a atividade pública cria uma situação propícia ao dano.

Desta forma, tornou-se possível questionar a utilidade da distinção entre omissão genérica da específica. Pois, no primeiro caso, segundo Bandeira de Mello, não se trataria exatamente de uma omissão propriamente dita, mas sim de uma situação em que a atividade pública propiciou o dano, ou seja, da terceira circunstância em que se é possível responsabilizar a Administração

Pública.

Tecidas essas considerações, destacou-se, ao final, o exame jurisprudencial em relação ao emprego das teorias que tratam da responsabilidade estatal nas vias públicas. Observou-se, então, que as circunstâncias do caso concreto são as grandes determinantes para a responsabilização do Estado. Pois, em todos os casos expostos, independente da teoria adotada e com conclusões semelhantes, foram analisados: a existência de dano ao terceiro; o nexo de causalidade entre o dano e a conduta do Poder Público; a omissão estatal; e o descumprimento do dever legal da Administração. Contudo, apesar das variadas divergências doutrinárias, evidencia-se o entendimento do STF em aplicar a teoria da responsabilidade objetiva aos casos de omissão da Administração Pública, enquanto o STJ permanece com a predominância dos julgados voltados à responsabilização subjetiva do Estado por suas condutas omissivas.

Dando continuidade ao tema, vimos que é a responsabilidade estatal no que tange aos danos provocados por omissão de suas atribuições, é fato consumado dentro do judiciário, cabendo saber se por ocasião do fato, seria então essa uma responsabilidade objetiva ou subjetiva.

A responsabilidade subjetiva é aquela que depende da existência de dolo ou culpa por parte do agente causador do dano. Já a responsabilidade objetiva não depende da comprovação do dolo ou da culpa do agente causador. Por fim, verificamos que o ponto fundamental para diferenciar responsabilidade subjetiva da objetiva é a necessidade ou não de comprovação da culpa ou do dolo do agente causador do dano. Na hipótese de ser necessária a comprovação de dolo ou culpa, a responsabilidade é subjetiva, caso contrário a responsabilização será objetiva.

Em resumo, não havendo a culpa exclusiva da vítima ou a culpa concorrente, conclui-se que o Estado tem o dever de assumir a responsabilidade pelos danos causados.

Capítulo 6

Conclusão e Trabalhos Futuros

6.1 - Conclusões

Não restando dúvida sobre a responsabilidade do Estado no que tange aos danos causados à sociedade em decorrência de um pavimento sem manutenção adequada, vimos que existem muitas condições favoráveis para o sucesso dessa aplicação. Desde a já explicada viabilidade técnica para sua construção, a demonstração dos avanços nesse sentido que estão sendo realizados pelas montadoras, a criação dos índices públicos, as estratégias para inserção do tema na mídia, nos meios acadêmicos e no debate público, todos são itens que ajudarão na consolidação e no uso do aplicativo, mas dentre todos, o que mais favorecerá sua adoção, é a constante incapacidade do administrador público de manter vias em condições normais de uso para a sociedade. Esse é um problema que não distingue divisas entre os Estados e municípios, mesmo entre os mais desenvolvidos, encontramos vias inacreditavelmente ruins. A partir da criação e uso da aplicação proposta, poderemos finalmente ter uma imagem precisa e inquestionável sob o ponto de vista técnico acerca das condições atuais e do passado. Essa é uma informação inexistente não só no Brasil, mas também no mundo, um banco de dados sobre as condições asfálticas, coletados por milhões de sensores todos os dias.

A motivação não é financeira nem tecnológica; temos que aproveitar o momento e as condições para poder trazer esse ganho para toda a nossa sociedade, reduzindo custos governamentais na obrigação de ter um maior zelo pela coisa pública, reduzindo os custos de manutenção que todos nós pagamos em nossos veículos, reduzir o custo do transporte público, reduzir o custo logístico nacional e consequentemente o custo das mercadorias e serviços, assim como, o principal fato que é a redução da quantidade de mortes no trânsito. Muitos são os motivos e muito deverá ser trabalhado para que alcancemos esse estágio. Espero que esse trabalho seja um passo nesse sentido de ajudar a construir algo que seja identificado objetivamente por todos

como não apenas mais uma aplicação, mas um esforço coletivo na busca de um resultado positivo para todos os envolvidos. Não existem perdedores.

6.2 – Trabalhos Futuros

No que se refere ao futuro desse projeto, temos duas linhas a serem adotadas. Uma segue pela construção da aplicação para distribuição pública e prosseguimento do que foi descrito nesse trabalho. A outra linha, segue pela apresentação das ideias, conceitos e modelo de negócios para empresas que já tenham uma base tecnológica similar a almejada, tanto de aplicativo quanto de infraestrutura de suporte. Hoje a melhor empresa para apresentação desse trabalho seria o Google, proprietária do software de navegação WAZE. Tudo o que foi descrito nesse trabalho, poderia ser adicionado ao aplicativo como um novo recurso, sem que fosse necessário convencer as pessoas a utilizá-lo. Toda a base de usuários atual seria mais do que suficiente para gerar uma massa de dados confiável acerca das condições de pavimento de todo o mundo, com índices comparativos entre países, regiões e outras possibilidades ainda nem imaginadas.

O Google lançou em 2008 o concurso^[55] “10^100” (Lê-se dez a centésima), um projeto que prometia pagar 10 milhões de dólares para uma grande ideia. O concurso já terminou e não tenho notícia de que tenha um outro vigente no momento.

A empresa está sempre aberta a novas ideias e disponibiliza inclusive formas^[56] de que as pessoas enviem suas sugestões online. Em resumo, existe a possibilidade de que seja feito um desenvolvimento próprio ou que essa ideia seja entregue para uma grande empresa ou para a comunidade. O importante é que se encontre um meio de que ela produza seus efeitos o mais rápido possível, pois estamos falando em melhorar substancialmente a qualidade de vida de milhões de pessoas e também em salvar vidas. Muitas vidas. Todos são motivos que fazem valer a pena o esforço de realização e a contribuição de todos.

Bibliografia

- [1] **TELECOM. Celular & SmartPhone:** Smartphones do Brasil . 2015. Disponível em: <http://goo.gl/4prm2>. Acesso em: 10/10/2015
- [2] **Mercado brasileiro:** Nokia Siemens Network. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/5DvpbK>. Acesso em: 21/10/2013
- [3] **Acesso à Internet e à Televisão e Posse de Telefone Móvel Celular para Uso Pessoal:** IBGE. 2013. PNAD - Tabela 2.4.7 Disponível em: <http://goo.gl/smBG8J>. Acesso em: 12/10/2015
- [4] **Smartphone OS sales market share:** KANTAR World Panel. 2015. Disponível em: <http://goo.gl/BxY564>. Acesso em: 01/08/2015
- [5] **App social de trânsito Waze alcança 2,1 milhões de usuários no Brasil:** MacWorldBrasil. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/eLw4uq>. Acesso em: 21/10/2013
- [6] **Cresce dependência por transporte rodoviário:** O Estado de São Paulo. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/UnZxNy>. Acesso em: 20/10/2013
- [7] **Cresce dependência por transporte rodoviário:** O Estado de São Paulo. 2013. Disponível em: <http://goo.gl/UnZxNy>. Acesso em: 20/10/2013
- [8] **Quais fatores afetam o frete rodoviário?:** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2013. Universidade de São Paulo Disponível em: <http://goo.gl/NLkQSu>. Acesso em: 20/10/2013
- [9] **Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas:** Associação Nacional do Transporte de Carga. 2001. Página 13 Disponível em: <http://goo.gl/zQee92>. Acesso em: 10/10/2015
- [10] **Custo logístico consome 11,2% da receita das empresas e transporte é o maior vilão:** Fundação Dom Cabral. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/5vef6Q>. Acesso em: 10/10/2015
- [11] **Dados do sistema viário atualizados em março de 2015:** DNIT - Sistema Nacional de Viação. 2015. SNV 2015 Completo - Excel Disponível em: <http://goo.gl/9bvXk4>. Acesso em: 10/10/2015
- [12] **CIA - Central Intelligence Agency:** The World Factbook. 2010. COUNTRY COMPARISON: ROADWAYS Disponível em: <https://goo.gl/N3XHGb>. Acesso em: 10/10/2015
- [13] **Boletim Estatístico DPVAT:** Seguradora Líder. 2013. DETRAN SP Disponível em: <http://goo.gl/YM2yRj>. Acesso em: 20/10/2013
- [14] **MS/SVS/DASIS - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM Frotas - Mapeamento das Mortes por Acidentes de Trânsito no Brasil:** DENATRAN. 2009. Página 14 Disponível em: <http://goo.gl/3fKbyH>. Acesso em: 20/10/2013
- [15] **MS/SVS/DASIS - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM Frotas - Mapeamento das Mortes por Acidentes de Trânsito no Brasil:** DENATRAN. 2009. Página 14 Disponível em: <http://goo.gl/3fKbyH>. Acesso em: 20/10/2013
- [16] Pereira & Miranda. **Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários:** Universidade do Minho, Braga. Portugal: Universidade do Minho, 1999.
- [17] Pereira & Miranda. **Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários:** Universidade do Minho, Braga. Portugal: Universidade do Minho, 1999.
- [18] BRANCO, F.; PEREIRA; SANTOS, P. **Pavimentos rodoviários.** Coimbra: Edições Almedina, 2006.
- [19] M.L, Antunes. **Modelação do comportamento de pavimentos rodoviários flexíveis:** Programa de Investigação e Pós-Graduação. Lisboa: LNEC, 2005.

Bibliografia

- [20] Yoder, E. J.; Witezak, M. W.; **Principles of Pavement Design**: Programa de Investigação e Pós-Graduação. 2. ed. Nova York: John Willey, 1975.
- [21] Yoder, E. J.; Witezak, M. W.; **Principles of Pavement Design**: Programa de Investigação e Pós-Graduação. 2. ed. Nova York: John Willey, 1975.
- [22] PINTO, Isabel Batista Rua; **Caracterização superficial de pavimentos rodoviários**: Tese de mestrado. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.
- [23] Pereira & Miranda. **Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários**: Universidade do Minho, Braga. Portugal: Universidade do Minho, 1999.
- [24] M.L., Antunes. **Identificação de defeitos em vias não pavimentadas** : USP - Universidade de São Paulo. 1995. Disponível em: <http://goo.gl/d54M5T>. Acesso em: 10/11/2015
- [25] NACIONAL, Congresso. **Lei de criação do DNIT**: Congresso Nacional. 2001. Disponível em: <http://goo.gl/BemGFD>. Acesso em: 10/11/2015
- [26] DNIT. **Relação de Normas Vigentes e Normas Substituídas**. 2015. Disponível em: <http://goo.gl/4PsBA2>. Acesso em: 10/11/2015
- [27] DNIT; IPR, Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. 2003. Disponível em: <http://goo.gl/SxRsZq>. Acesso em: 10/11/2015
- [28] FAHRNER; **Infrared Asphalt Repair & Patching**: <http://www.fahrnerasphalt.com/>. Disponível em: <http://goo.gl/w74Gjr>. Acesso em: 10/11/2015
- [29] COATING, Bourne Seal; **ASPHALT REPAIR**: <http://www.bournesealcoating.com/>. 2015. Disponível em: <http://goo.gl/UqnWbB>. Acesso em: 10/11/2015
- [30] Benevides, S. A. S. (2006) **Modelos de desempenho de pavimentos asfálticos para um sistema de gestão de rodovias estaduais do Ceará**. Tese (Doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [31] American Society for Testing and Materials (1982), **Standard Definitions of Terms Relating to Traveled Surface Characteristics**. ASTM Standard E867-82A. Philadelphia.
- [32] VECTRA-ESTEIO; **DEFLECTÓGRAFO LACROIX**: <http://www.vectra-esteio.com.br/>. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/144tBB>. Acesso em: 10/11/2015
- [33] VECTRA-ESTEIO; **EQUIPAMENTO MULTIFUNCIONAL DE INSPEÇÃO DE PAVIMENTOS**: <http://www.vectra-esteio.com.br/>. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/26KNoA>. Acesso em: 10/11/2015
- [34] DYNATEST. **Pavement Scanner**: 2014. Disponível em: <http://goo.gl/JeiTKp>. Acesso em: 10/11/2015
- [35] ASTEC, . **IRI – Irregularidade Longitudinal**: <Http://astec.eng.br/>. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/IMSk2G>. Acesso em: 10/11/2015
- [36] Pereira, Aziz Alfredo Da Costa; Silva, João Fernando Custódio. **Quantificação de Irregularidades no Pavimento de Ruas Utilizando a Unidade Móvel de Mapeamento Digital**: 2010. Disponível em: <https://goo.gl/q3ZExm>. Acesso em: 10/11/2015
- [37] BENZ, Mercedes; **MAGIC BODY CONTROL**: 2015. Disponível em: <http://goo.gl/iDT1LE>. Acesso em: 10/11/2015
- [38] ROVER, Land; **POTHOLE DETECTION TECHNOLOGY RESEARCH ANNOUNCED BY JAGUAR LAND ROVER**: 2015. Disponível em: <http://goo.gl/nmxqNL>. Acesso em: 10/11/2015

Bibliografia

- [39] ROVER, Land; **Land Rover Pothole Alert Technology VIDEO**: 2015. Disponível em: <https://goo.gl/qn6mp0>. Acesso em: 10/11/2015
- [40] DNIT; **DNIT MÓVEL no Google Play**: 2015. Disponível em: <https://goo.gl/TufH5M>. Acesso em: 10/11/2015
- [41] TECNOLOGIA, EM; **Vai viajar? Conheça o aplicativo do Dnit que mostra buracos e barreiras nas estradas**: 2014. Disponível em: <http://goo.gl/IJ5ZTk>. Acesso em: 10/11/2015
- [42] DNIT; **DNIT Móvel: mais de 60% de ocorrências resolvidas**: 2015. Disponível em: <http://goo.gl/iVUc6j>. Acesso em: 10/11/2015
- [43] PERKONS; **Código de Trânsito Brasileiro**: 2015. Disponível em: <http://goo.gl/qpW2JR>. Acesso em: 10/11/2015
- [44] PATENTS, Google; **Patente US6044698: A technique for monitoring anomalies in a railway system**. 2000. Disponível em: <https://goo.gl/J1Yr3a>. Acesso em: 10/11/2015
- [45] PATENTS, Google; **Patente WO 2010045539: Street quality supervision using gps and accelerometer**. 2010. Disponível em: <http://goo.gl/vhlalt>. Acesso em: 10/11/2015
- [46] PATENTS, Google; **Patente US 20130339489: Street quality supervision using gps and accelerometer**. 2013. Disponível em: <https://goo.gl/l1z9g6>. Acesso em: 10/11/2015
- [47] PATENTS, Google; **Patente US 20130339489: Street quality supervision using gps and accelerometer**. 2013. Disponível em: <https://goo.gl/l1z9g6>. Acesso em: 10/11/2015
- [48] ESCOLA, Brasil. **SEGUNDA LEI DE NEWTON**. 2015. Disponível em: <http://goo.gl/WClw5>. Acesso em: 10/11/2015
- [49] HAMMACK, Bill. **How a Smartphone Knows Up from Down (accelerometer)**. 2012. Disponível em: <https://goo.gl/5zN1u>. Acesso em: 10/11/2015
- [50] WIKIPÉDIA, . **Acelerômetro**. 2014. Disponível em: <https://goo.gl/09hdRh>. Acesso em: 10/11/2015
- [51] WEISBERG, Herbert F.. **Central Tendency and Variability**. 1992. ISBN 0-8039-4007-6p.2 Disponível em: <https://goo.gl/phZcXb>. Acesso em: 10/11/2015
- [52] ICAMP, . **MARCAS E PATENTES NA HISTÓRIA – A ORIGEM DO CLIP DE PAPEL**: [Http://www.icamp.com.br/](http://www.icamp.com.br/). 2015. Disponível em: <http://goo.gl/SP2BCb>. Acesso em: 10/11/2015
- [53] WIKIPÉDIA, **IPVA - Imposto sobre a propriedade de veículos automotores**. 2010. Disponível em: <https://goo.gl/M2SWOD>. Acesso em: 10/11/2015
- [54] NAVIGANDI, JUS -. **Responsabilidade civil do Estado por omissão da função administrativa em casos de acidentes de trânsito provocados pela má conservação das rodovias**. 2014. Disponível em: <https://goo.gl/KgGdEg>. Acesso em: 10/11/2015
- [55] GOOGLE, . **Project 10^100**. 2008. Disponível em: <https://goo.gl/eBvTHV>. Acesso em: 10/11/2015
- [56] GOOGLE, . **Thanks for your interest in Google. We'd like to learn more about your interest in working with us..** 2008. Disponível em: <https://goo.gl/r5WUVc>. Acesso em: 10/11/2015