

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO ALTO VALE DO ITAJAI – CEAVI
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

DIOGO FLORIANO

**DRIVEUP: SISTEMA DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA PARA AUXILIAR A CIRCULAÇÃO
SEGURA EM RODOVIAS**

IBIRAMA – SC

2015

DIOGO FLORIANO

**DRIVEUP: SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA AUXILIAR A
CIRCULAÇÃO SEGURA EM RODOVIAS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao
Curso de Sistemas de Informação, da
Universidade do Estado de Santa Catarina,
como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharelado em Sistemas de
Informação

Orientador: Pablo Schoeffel

IBIRAMA – SC

DIOGO FLORIANO

**DRIVEUP – SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA
NAVEGAÇÃO SEGURA EM RODOVIAS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Sistemas de Informação, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Banca Examinadora

Orientador (a)

Prof. Pablo Schoeffel

Membros:

Prof. Fernando dos Santos

Prof. Osmar Oliveira Braz Junior

Ibirama – SC, 12 de Junho de 2015

Dedico este trabalho a toda minha família que sempre me apoiou e me deu forças a continuar neste caminho, a todos meus amigos e envolvidos no trabalho como professores e órgãos responsáveis pela segurança do transporte brasileiro que me ajudaram com o trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), seu corpo docente, direção e administração, pelas oportunidades e qualidade de ensino que me proporcionaram nesses quatro anos. Ao professor Pablo Schoeffel pela orientação, apoio e correções na elaboração deste trabalho. Ao Batalhão da Polícia Rodovia Militar de Santa Catarina e ao Departamento Nacional de Trânsito por me ceder os dados necessários para que fosse possível apresentar dados reais na minha aplicação. Aos demais professores que de alguma forma estiveram disponíveis para sanar minhas dúvidas. A minha família que sempre me incentivou e me suportou em todas as decisões e escolhas.

"Todos morremos. O objetivo não é
vivermos para sempre. O objetivo é
criarmos algo que viverá."

Chuck Palahniuk

RESUMO

O trânsito sempre foi um fator importante para o desenvolvimento de um país, é por meio dele que pessoas e bens percorrem sua extensão, mas quando mal planejado se torna perigoso e pode trazer consequências ruins à sociedade, como é o caso dos acidentes. Mortes em acidentes de trânsito ocupam a sexta posição no ranking nacional em causas de morte, o que torna a situação crítica no Brasil. Os acidentes de trânsito continuam crescendo muito ainda hoje, principalmente em países em desenvolvimento, isso se deve as condições das estradas e bem como a imprudência dos motoristas como excesso de velocidade, embriaguês, não utilizar das medidas de segurança como o sinto de segurança e outros fatos. Um fator que se aplica é que os motoristas muitas vezes não reconhecem ou não buscam as áreas de riscos para saber quais regiões ele deve evitar ou deve andar com mais atenção e cuidado. E por isso o desenvolvimento deste trabalho procura contribuir para o aumento da segurança nas estradas e na atenção dos motoristas para as áreas de risco, bem como auxiliar os órgãos responsáveis na segurança e administração das rodovias a tomarem medidas preventivas no controle dos acidentes de trânsito. O objetivo foi desenvolver uma aplicação para plataforma web, baseada em SIG (Sistema de Informação Geográfico), para traçar rotas com parâmetros de entrada que indique aos usuários trechos de maior risco, ou até rotas alternativas mais seguras, com base na localização e gravidade dos acidentes nas rodovias, por meio dos dados adquiridos de órgãos responsáveis. Com esse objetivo foi possível alcançar um resultado positivo quanto ao funcionamento da ferramenta. Com a base de dados regularmente preenchida a aplicação é capaz de cruzar os dados de forma precisa, rápida e trazer com confiabilidade os dados das rotas para o usuário de uma forma visualmente agradável.

Palavras-chave: Trânsito. Rodovias. Segurança. Google Maps API.

ABSTRACT

The traffic was always a important factor for the development of a country, is through him people and property roam above your extension, but when bad planned becomes dangerous and can bring wrong consequences for society, as in case of accidents. Deaths in traffic accidents occupy the sixth position in the national ranking of causes of death, what makes a critical situation in Brazil. The traffic accidents still grow, particularly in development countries, that should conditions of roads and the recklessness of drivers how speeding, inebriation, not use security measures as the sit belt and other facts. Another factor is the drivers do not recognize or do not seek the risk areas to know which regions he should or shouldn't avoid or walking with more attention and care. This paper aims to help increasing the road safety and warning drivers the risk areas, as well help entities in security to take preventive measures to control the traffic accidents. The objective was to develop a web application based on GIS (Geographic Information System), to plot routes with input parameters which indicate stretch with lower risk, or safer alternative routes, based on the location and severity of the road accidents, through data provided by responsible entities. With that objectives was possible to achieve a positive result on the operation of the tool. With a data base regularly filled the application is able to cross the data quickly and reliably bring the routes data for users in a pleasant visually way.

Keywords: *Traffic. Highways. Security. Google Maps API.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mortes em acidentes de trânsito de 2001 a 2011.....	20
Figura 2 - Taxa de motorização e índice de mortos entre 2002 e 2010 em SC.....	22
Figura 3 - Tela de simulação do SIGMAOn.	24
Figura 4 - Aplicação do CrashMap.	26
Figura 5 - Detalhes dos acidentes no CrashMap.	27
Figura 6 - Fluxo para traçar rotas na aplicação.	30
Figura 7 - Diagrama de casos de uso.	32
Figura 8 - Painel principal com a opção de rotas.....	34
Figura 9 - Painel com uma rota detalhada e suas informações.....	35
Figura 10 - Diagrama de Entidades e Relacionamentos.	37
Figura 11 - Modelo de dados.....	39
Figura 12 - Diagrama de Classes.	41
Figura 13 - Diagrama de componentes.	42
Figura 14 - Transformação de integração das coordenadas.	44
Figura 15 - Transformação de integração das rodovias.	45
Figura 16 - Transformação de integração dos trechos.	45
Figura 17 - Transformação de integração das ocorrências.....	46
Figura 18 - Fórmula para cálculo do UPS.....	47
Figura 19 - Função <i>trigger</i> de atualização do UPS do trecho.	47
Figura 20 - Função <i>trigger</i> para atualização do UPS da rodovia.	48
Figura 21 - Código para utilização da API do Google Javascript API.	48
Figura 22 - Código Javascript para criação do mapa da Google.	49
Figura 23 - Código de representação do uso do geolocalização.....	49
Figura 24 - Código da representação do uso da Google <i>Directions</i> API pelo Java	51
Figura 25 - Chamada do Google <i>Directions</i> API pelo Javascript.....	51
Figura 26 - Função que retorna os trechos com ocorrências próximas à rota.	53
Figura 27 - Função para verificar se uma coordenada está dentro de um polígono.	53
Figura 28 - Função responsável por calcular a distância entre duas coordenadas	53
Figura 29 - Seleção de trechos com ocorrências próximos a rota.	54
Figura 30 - Acesso ao menu da aplicação	55
Figura 31 - Traçar rotas no menu com o <i>autocomplete</i>	56

Figura 32 - Painel de detalhes da rota e rotas alternativas	57
Figura 33 - Trechos com acidentes em uma rota.	58
Figura 34 - Painel com detalhe das ocorrências no trecho	58
Figura 35 - Painel de configurações do sistema	60
Figura 36 - Configuração da relação do UPS com a cor.....	61
Figura 37 - Cadastro de usuário.....	62
Figura 38 - Painel para alterar senha.....	62
Figura 39 - Tela para emissão do relatório de UPS.	63
Figura 40- Perguntas 1 e 2 do questionário.	64
Figura 41 - Perguntas 3 e 4 do questionário.	65
Figura 42 - Perguntas 5 e 6 do questionário.	65
Figura 43 - Perguntas 7 e 8 do questionário.	66
Figura 44 - Perguntas 9 e 10 do questionário.	66
Figura 45 - Perguntas 11 e 12 do questionário.	67
Figura 46 - Perguntas 13 e 14 do questionário.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre os trabalhos correlatos.	28
Tabela 2 - Requisitos funcionais do protótipo.....	31
Tabela 3 - Requisitos não funcionais do protótipo.	31
Tabela 4 - Regras de negócios do protótipo.	32
Tabela 5 - Análise geral dos resultados do questionário.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	<i>Application Programming Interface</i>
BPMRV	Batalhão de Polícia Militar Rodoviária - SC
DAO	Data Access Object
DEINFRA	Departamento Estadual de Infraestrutura
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
EA	<i>Enterprise Architect</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
JDBC	<i>Java DataBase Connection</i>
JSF	<i>JavaServer Faces</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MVC	<i>Model View Controller</i>
ONS	Organização Mundial da Saúde
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGMAOn	Sistema de Informação Geográfica para Monitoramento de Alagamentos Online
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UPS	Unidade Padrão de Severidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	PROBLEMA	9
1.2	OBJETIVOS	9
1.2.1	Objetivo geral.....	10
1.2.2	Objetivos específicos.....	10
1.3	JUSTIFICATIVA	10
1.4	HIPÓTESE.....	12
1.5	METODOLOGIA	12
1.5.1	Análise e desenvolvimento da ferramenta.....	13
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	BASE TEÓRICA	16
2.1	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	16
2.2	GOOGLE MAPS API.....	16
2.2.1	Serviço de Rotas.....	17
2.2.2	Serviço de Geocodificação	18
2.3	TRÂNSITO	18
2.3.1	Acidentes de Trânsito	18
2.3.2	Acidentes de trânsito no estado de Santa Catarina.....	21
2.4	TRABALHOS CORRELATOS	22
2.4.1	SIGMAOn.....	23
2.4.2	Mapeamento e análise dos acidentes de trânsito na cidade de Catanduva - SP com auxílio de sistema de informações geográficas	24
2.4.3	CrashMap.....	25
2.4.4	Relação dos trabalhos correlatos com o DriveUp	27
3	DESENVOLVIMENTO	29
3.1	ESPECIFICAÇÃO	29

3.1.1	Requisitos do Sistema.....	29
3.1.2	Casos de Uso.....	32
3.1.3	Protótipo	34
3.1.4	Diagrama de Entidade e Relacionamento.....	36
3.1.5	Modelo de dados	38
3.1.6	Diagrama de classes de domínio	40
3.1.7	Diagrama de Componentes.....	42
3.1.8	Escopo não contemplado	43
3.2	IMPLEMENTAÇÃO.....	43
3.2.1	Importação dos dados.....	43
3.2.2	Cálculo do UPS.....	46
3.2.3	Serviços da Google e outros serviços.....	48
3.2.4	Trabalhando com coordenadas geográficas.....	52
3.3	OPERACIONALIDADE	55
3.3.1	Traçar rotas	55
3.3.2	Configurar sistema	60
3.3.3	Cadastro e configuração de usuário	62
3.3.4	Relatórios.....	63
3.4	VALIDAÇÃO DA USABILIDADE E INTENÇÃO DE USO	63
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
	REFERÊNCIAS	71
	APENDICÊ A - ARTIGO RELACIONADO AO TRABALHO.....	72
	APENDICÊ B - FORMULÁRIO DE VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA.....	83

1 INTRODUÇÃO

O trânsito é essencial para qualquer país em desenvolvimento, pois é por meio dele que pessoas e bens se movimentam, possibilitando o giro da economia e o crescimento do desenvolvimento sócio-econômico. Já quando mal planejado, o trânsito pode trazer consequências ruins à sociedade, como é o caso dos acidentes (TEIXEIRA, 2012), sendo que todo ano aumenta o número de mortos em consequência de acidentes, e hoje está entre as principais causas de morte no mundo.

Mortes em acidentes de trânsito ocupam a nona posição no ranking mundial, o que preocupa a ONS (Organização Mundial da Saúde) a qual informa que, no ano de 2030, se não houver redução na tendência dos acidentes, as mortes chegarão a 2 milhões, igualando as mortes causadas pela AIDS, que é uma das principais causas de mortes em países em desenvolvimento (SANTOS; RAIA, 2006). Além disso, acidentes de trânsito ocupam a sexta posição no ranking nacional de causas de morte, o que torna essa situação mais crítica dentro do Brasil e preocupa os órgãos responsáveis que anualmente buscam programas para frear esses incidentes (BOTTESINI, 2010).

O aumento do número de acidentes ocasionou, como consequência, um aumento nos gastos para os cofres públicos, que além de causar o sofrimento aos familiares das vítimas, implicam em um custo elevado a sociedade. O IPEA, em 2012 estimou que os acidentes de trânsito nas rodovias nacionais tiveram um custo de R\$ 40 bilhões, valor equivalente a 0,91% do PIB nacional, considerando que o PIB brasileiro no ano de 2012 foi de R\$ 4,403 trilhões (VIAS SEGURAS, 2012).

Por meio do desenvolvimento deste trabalho, procura-se contribuir para o aumento da segurança nas estradas e na atenção dos motoristas, bem como auxiliar os órgãos responsáveis pela segurança e administração das rodovias a tomarem medidas preventivas no controle dos acidentes.

O objetivo foi desenvolver uma aplicação para plataforma web, baseada em SIG (Sistema de Informação Geográfico), para traçar rotas com uma origem e destino que indique aos usuários trechos de maior risco ou até rotas alternativas mais seguras, com

base na localização e gravidade dos acidentes nas rodovias, extraídos dos dados adquiridos de órgãos responsáveis.

Para cumprir com o objetivo utilizou-se a API do Google *Maps* já que suas ferramentas e serviços tornaram possível a representação dos dados no mapa junto com as rotas. Como fonte de dados sobre os acidentes foi utilizado o banco de dados do BPMRV (Batalhão da Polícia Militar Rodoviária), que contém dados sobre os acidentes das rodovias estaduais de cada mês/ano do estado de Santa Catarina, sendo que para o trabalho foram utilizados todos os dados do ano de 2014.

O trabalho está classificado como uma pesquisa qualitativa, já que seu desenvolvimento possui um caráter exploratório (GERHARDT, 2009). Durante o desenvolvimento o foco era a qualidade dos dados utilizados como fonte para preenchimento do banco de dados. Se fez necessário também o uso da pesquisa exploratória, para que fosse possível se familiarizar com o problema e torná-lo mais claro (SILVA, 2006).

1.1 PROBLEMA

Para desenvolver uma aplicação web capaz de traçar rotas entre rodovias federais e estaduais no Brasil, com o objetivo de ajudar na redução de acidentes, foi necessário o desenvolvimento de um sistema de informação geográfico. Desta forma será possível imprimir rotas em um mapa dinâmico. Nesse sentido, é possível desenvolver um SIG *web* para alertar motoristas dos trechos de riscos das rodovias, com o objetivo de diminuir o número de acidentes e mortes?

1.2 OBJETIVOS

Neste capítulo será abordado os objetivos gerais e específicos que acercam o desenvolvimento deste projeto e sua aplicação.

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma aplicação web capaz de traçar rotas detalhadas entre rodovias, indicando ao usuário localidades perigosas em sua rota e possíveis rotas alternativas mais seguras.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Utilizar dados reais de ocorrências com dados sobre os acidentes nas rodovias estaduais de Santa Catarina;
- b) Fornecer uma interface com informações de acidentes em ferramentas visuais já bem disseminadas na população;
- c) Estabelecer uma ou mais bases de dados com informações sobre as rodovias federais e estaduais para utilizar como entrada de dados para a aplicação; e
- d) Aplicar a ferramenta com usuários para avaliar a usabilidade e funcionalidade, utilizando rodovias estaduais como piloto, com dados referente ao ano de 2014.

1.3 JUSTIFICATIVA

O crescente número de acidentes em rodovias nacionais e a falta de investimento em segurança nas estradas impulsionam o desenvolvimento de ferramentas que possam auxiliar a população e os órgãos governamentais no controle e na prevenção de acidentes nas estradas.

Os acidentes de trânsito estão entre as principais causas de morte no mundo, ocupando a nona posição no ranking mundial (SANTOS; RAIA, 2006) e a sexta no ranking nacional (BOTTESINI, 2010). No Brasil é possível encontrar números e estatísticas no *site* da associação brasileira de prevenção dos acidentes de trânsito (VIAS SEGURAS, 2013).

Em 2011 o Brasil apresentou 43.250 óbitos e 179.000 feridos hospitalizados devido aos acidentes de trânsito em 2011, o DPVAT indenizou 54.800 famílias por

morte e 440.000 pessoas por invalidez no ano de 2012. Entre 2001 e 2011 houve um crescimento de 40% de casos de óbito em acidentes de trânsito (BOTTESINI, 2010).

Como consequência do aumento do número de acidentes, houve um aumento nos gastos com acidentes, que além de causar o sofrimento nos familiares das vítimas os acidentes implicam em um custo elevado ao país. O IPEA, em 2012, estimou que os acidentes de trânsito nas rodovias nacionais implicam em um gasto anual de R\$40 bilhões, valor equivalente a 0,91% do PIB nacional, considerando que o PIB brasileiro no ano de 2012 foi de R\$4,403 trilhões. Dentro desse valor estimado, existe uma divisão entre acidentes em rodovias e acidentes em área urbana, sendo que os da área urbana custaram mais de R\$9 bilhões e os das rodovias aproximadamente R\$30 bilhões (VIAS SEGURAS, 2012).

O BPMRV, Batalhão de Polícia Militar Rodoviária, possui uma base de dados completa com boletins de ocorrências em rodovias federais e estaduais de cada mês/ano do Estado de Santa Catarina (BPMRV, 2015). Além deste, outros órgãos governamentais e instituições disponibilizam dados estaduais e nacionais, mas a população não possui uma forma visual de utilizar estas informações e cruzar elas com suas viagens para garantir um passeio mais tranquilo e seguro por regiões de pouca incidência de acidentes. Foi deste princípio que se viu a possibilidade de desenvolver uma ferramenta que utilize os dados estatísticos sobre os acidentes em rodovias para apresentar de uma forma visual sua situação, com o objetivo de aumentar a atenção dos motoristas com destaque em áreas de riscos no percurso de sua viagem e, consequentemente, diminuir o risco e a ocorrência de acidentes. Outro benefício é servir de auxílio aos órgãos responsáveis para tomarem medidas preventivas sobre os incidentes que vem ocorrendo nas estradas.

Por meio deste trabalho procura-se contribuir para o aumento na segurança nas estradas brasileiras e na atenção dos motoristas, bem como auxiliar os órgãos responsáveis pela segurança e administração das rodovias nacionais e estaduais para tomarem medidas preventivas, com a finalidade de reduzir ainda mais os acidentes.

1.4 HIPÓTESE

Com a API do Google *Maps* é possível traçar e visualizar rotas no mapa direto no *web browser* do usuário. Com dos dados de acidentes do BPMRV e as coordenadas das rodovias do DEINFRA torna-se possível cruzar os dados de acidentes com as coordenadas das rotas traçadas na API do Google, o que possibilita indicar aos motoristas as rotas mais seguras para sua viagem. Uma aplicação com esta finalidade promove o interesse de uso na pessoas?

1.5 METODOLOGIA

O trabalho é classificado como uma pesquisa qualitativa, pois seu desenvolvimento possui um caráter exploratório (GERHARDT, 2009), sendo que ele foi elaborado a partir de padrões encontrados nos dados, ao invés de apenas coletar dados para comprovações. No desenvolvimento, o foco foi a qualidade dos dados utilizados como fonte para preenchimento do banco de dados, além de imprimi-los para o usuário de uma forma relevante. Para isso fez-se necessário encontrar uma boa fonte de dados e entender bem o funcionamento do Google *Maps Javascript* API e o Google *Directions* API.

Inicialmente, também se fez importante o uso da pesquisa exploratória, para se familiarizar com o problema e torná-lo mais claro (SILVA, 2006), pois a realização requer o uso de outras ferramentas, e com o conhecimento adquirido foi possível identificar as melhores opções existentes para resolver o problema proposto.

Para realização dos procedimentos técnicos, foi adotado a metodologia da pesquisa bibliográfica e documental, que consiste em utilizar materiais já publicados, como artigos de periódicos e livros além do material que não recebeu tratamento analítico como é o caso de documentações (GIL, 2010).

Todas as etapas foram concluídas com êxito e o desenvolvimento da ferramenta ocorreu dentro do tempo previsto. Os dados do BPMRV foram adquiridos no início do ano que coincidiu com o início da implementação da aplicação. Com os avanços no desenvolvimento fez-se necessária a importação dos dados obtidos para realização dos

testes, sendo que os dados são consistentes e apresentam uma boa noção da realidade das rodovias estaduais.

A metodologia adotada cumpriu com as expectativas e com ela foi possível alcançar todos os objetivos da pesquisa e desenvolvimento do trabalho proposto. Desta forma, os resultados alcançados são satisfatórios, entretanto a qualidade da aplicação é definida pela qualidade dos dados que ela possui, ou seja, a fonte de dados deve ser completa e coincidir com a realidade dos fatos.

1.5.1 Análise e desenvolvimento da ferramenta

Nesta seção serão abordadas as técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento da aplicação, desde a especificação até a implementação.

Primeiramente fez-se necessário o estudo do objeto principal do trabalho, o SIG. Foi preciso estudar o Google *Maps* API e seus serviços para que o sistema se torne eficiente e não prejudique o usuário final na sua manipulação. O próximo passo foi identificar quais recursos serão desenvolvidos e quais usuários serão atendidos, já que visão do usuário dependia do seu uso, como os órgãos responsáveis que possuem uma visão mais estratégica e organizacional da situação das estradas, diferente do motorista que se preocupa com o trecho que por ele será percorrido.

Também foi importante realizar uma reunião com órgãos responsáveis, e para isso foi realizado um encontro no corpo de bombeiros de Ascurra no dia 12 de Novembro de 2014, junto com o comandante dos bombeiros voluntários e com um policial rodoviário, também bombeiro voluntário. Nessa reunião foi possível definir qual banco de dados seria utilizado para preencher a base de dados da aplicação e estabelecer contato com ambas as entidades.

Após cumprir esses passos, foi realizada a especificação do sistema por meio da *Unified Modeling Language* (UML) e elaborado os diagramas necessários para o processo de desenvolvimento da aplicação. Foram identificados e elaborados os requisitos funcionais, não funcionais e as regras de negócio do sistema, os diagramas de caso de uso e os cenários, diagrama de atividades, de classes, de entidade e

relacionamento, o modelo de dados e a prototipação de algumas telas. Todos os diagramas foram feitos na ferramenta *Enterprise Architect 8* (Sparx System, 2015).

Com a finalização das especificações do projeto, fez-se necessária a busca por uma base de dados com as ocorrências de acidentes por quilômetro do Estado de Santa Catarina, que foi utilizada como piloto. Com os dados em mãos, foi criada uma transformação no *Pentaho Data Integration* (Pentaho Corporation, 2015) para realizar a integração dos dados em arquivos para a base de dados.

Antes mesmo de ter a base de dados completa foi iniciado o desenvolvimento da aplicação. De início, foi criado um protótipo para os testes com o Google *Maps* API e o Google *Directions* API, como pintar as rotas de acordo com o UPS (Unidade Padrão de Severidade), buscar a localização do usuário, testar o *design* responsivo, dentre outros testes com o SIG.

A implementação foi feita na linguagem de programação Java, com apoio do ambiente integrado de desenvolvimento Netbeans (Oracle Corporation, 2015) e como SGBD foi utilizado o PostgreSQL (PostgreSQL Global Development Group, 2015). Para interface web foi utilizado o JSF (Java Server Faces) na versão 2.2 com o *framework* do Bootstrap (Bootstrap, 2015) inicialmente desenvolvido pela equipe do Twitter, através dele foi possível desenvolver o design responsivo¹ da aplicação para que fosse utilizado com a mesma eficiência em dispositivos móveis.

Para avaliar e validar a aplicação foram aplicados testes de usabilidade e intenção de uso com usuários que não tinham conhecimento prévio da aplicação, com o objetivo de registrar suas opiniões sobre o sistema, bem como identificar possíveis problemas e melhorias necessárias. Para isso, foi liberado o acesso da aplicação aos participantes e disponibilizado um questionário anexo ao *e-mail* enviado à todos. O questionário foi dividido em duas partes, onde na primeira estão questões sobre usabilidade, feito com base no livro de Fred D. Davis (1989) e, na segunda parte questões sobre a intenção de uso baseados no trabalho de Bekir Cakar (2011).

¹ Design responsivo é a capacidade de uma aplicação para a plataforma web se adaptar ao browser e limitações de tela do usuário sem precisar definir diversas folhas de estilo para cada resolução (GARONE, 2012).

No trabalho de Davis (1989), são tratados questões de usabilidade e facilidade de uso, e deste foram retirados questões apenas de facilidade de uso, pois as questões de usabilidade tratam da eficiência e produtividade dos processos, como tempo de resposta e performance das tarefas, e estas não se encaixam na proposta do trabalho.

No trabalho de Bekir Cakar (2011), foram retiradas questões referente a intenção de uso, seu trabalho trata diretamente questões de usabilidade em SIG (Sistemas de Informação Geográfica). Neste trabalho também contém questões para diversas áreas dentro da usabilidade, e para o trabalho foi utilizado a seção de influência social, que busca ressaltar a relevância e importância do trabalho para a sociedade.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 5 capítulos. O capítulo (1) aborda tens introdutórios que, juntos, relatam a importância deste trabalho. Em seguida, no capítulo (2), está a fundamentação teórica e os trabalhos correlatos, que buscam criar a base dos conceitos que envolvem a aplicação. A seção (2.1 e 2.2) formam os conceitos sobre Sistemas de Informação Geográficos e o Google *Maps* Javascript API assim como os serviços que são utilizados no trabalho. A Seção (2.3) apresenta conceitos sobre o trânsito brasileiro, bem como dados e informações sobre acidentes e suas influências a nível Estadual e Nacional.

Após a introdução ao trabalho e sua contextualização, no capítulo (3), descreve-se a parte do desenvolvimento da aplicação. A seção (3.1) aborda as especificações do trabalho, como diagramas e requisitos. Em seguida, na seção (3.2) está descrita a implementação da aplicação, com código e termos mais técnicos, na seção (3.3) está a operacionalidade a nível de usuário e no final deste capítulo, na seção (3.4) está o escopo não contemplado na aplicação desenvolvida. Por fim no capítulo (5) apresentam-se as conclusões e os trabalhos futuros.

2 BASE TEÓRICA

Nesta seção serão abordados os assuntos referentes à pesquisa realizada, que envolvem sistemas de informação geográfica, acidentes de trânsito, rodovias brasileiras, georreferenciamento, Google *Maps* API e outros conceitos que implicam no desenvolvimento da aplicação ou tem alguma ligação com o projeto.

2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Um SIG é um sistema que tem por finalidade o armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Esses dados representam um fato, objeto ou fenômeno associado à localização (qualquer coordenada geográfica) do mesmo sobre a superfície da Terra em um período de tempo (CÂMARA et al. 1996).

Segundo Casanova et al. (2005), o diferencial que um SIG possui sobre os outros sistemas de informações existentes, é a capacidade de armazenar aspectos geométricos de diferentes dados geográficos.

Um SIG pode ser classificado como um composto de componentes, dentre eles: a interface com o usuário; a entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação dos dados. Mas isso pode variar de acordo com os objetivos e a necessidade do sistema (CÂMARA et al. 1996).

Para o desenvolvimento do projeto foi escolhido como plataforma o Google Maps, de livre acesso e de fácil utilização pelo usuário final, que conta com uma API de integração em *web sites*. Além de contar com serviços necessários para a aplicação, como o serviço de rotas e geocodificação.

2.2 GOOGLE MAPS API

A Google *Maps* API (Application Programming Interface, em português Interface de Programação de Aplicações) é uma ferramenta que permite ao desenvolvedor

incorporar o Google *Maps* em uma página web ou aplicação. A última versão disponível também pode ser aplicada em dispositivos móveis bem como em navegadores padrões para computadores. A ferramenta disponibiliza diversos utilitários para manipulação de mapas e também a adição de recursos ao mapa por meio de serviço disponibilizados pela Google (GOOGLE, 2014).

Apenas com uma conta da Google é possível utilizar esta API para desenvolvimento, a qual possui uma licença gratuita com limite de requisições aos serviços e outra para empresas sem nenhuma restrição de uso, mas que requer um registro diferenciado (GOOGLE, 2014).

A API permite o desenvolvimento na linguagem *javascript* e junto com o mapa e seus recursos, estão disponíveis os serviços, como o de rotas e o de geocodificação que serão utilizados no desenvolvimento do projeto, além de outros como a matriz de distância, elevação e o Google *Places*. Estes serviços são requisições para os servidores da Google, que utilizam solicitações via HTTP ou HTTPS à URLs específicas para cada serviço e retornam os dados em JSON² ou XML³ (GOOGLE, 2014).

2.2.1 Serviço de Rotas

A Google *Directions* API retorna as coordenadas referentes a uma rota informada com origem e destino e é possível imprimir digitalmente esta rota no mapa por meio do *javascript* alterando componentes direto no mapa.

As rotas são calculadas conforme o modo de transporte, que são transporte público, vias, caminhos para andar a pé ou ciclovias. São aceitos pontos de referência, endereços ou coordenadas como entrada para o serviço (GOOGLE, 2014). O Driveup utiliza o modo de rotas a carro e a partir da origem e destino informado pelo usuário, são exibidas as rotas e suas informações que foram importadas para a base de dados da aplicação.

² JSON é uma linguagem de notação de formatação leve para troca de dados (JSON, 2015).

³ XML também é uma linguagem de notação feita para troca de dados de diversas formas na web. (W3, 2015).

2.2.2 Serviço de Geocodificação

Geocodificação é o processo para conversão de endereços, como a descrição de uma localidade para suas coordenadas geográficas e vice e versa, com a finalidade de posicionar o mapa (GOOGLE, 2014). Neste projeto o serviço é utilizado nos filtros de busca por locais específicos, sendo que o endereço informado na aplicação é adicionado no parâmetro da solicitação ao serviço da Google e com a resposta, o mapa é centralizado.

2.3 TRÂNSITO

O ser humano, os veículos e as vias, inseridos em um só fator chamado meio-ambiente, podem ser considerados a composição do trânsito de uma forma geral, sendo que estes fatores possuem uma interação entre si. A via interage com o veículo pelo seu pavimento e geometria, o veículo interage com o ser humano por meio de seus controles e instrumentos de direção e por fim, o motorista interage com o veículo e com a via pelos meios físicos (visão, percepção, força, etc), psicológicos (emoções) e cognitivos (tomada de decisão, reflexos) (BOTTESINI, 2010).

Estes fatores são responsáveis por manter o equilíbrio no sistema de trânsito. O motorista sobre o controle do veículo extrai informações deste sistema, interpreta e toma decisões que se tornam ações no veículo, esta é uma fórmula segura e eficiente. Um acidente de trânsito pode ser considerado uma falha neste sistema, uma falha em um ou mais fatores que o compõem (BOTTESINI, 2010).

2.3.1 Acidentes de Trânsito

Um acidente de trânsito aborda diversas variáveis que compõem o seu cálculo, entre elas: danos pessoais e familiares; danos materiais; atendimentos públicos; gastos da previdência em pensões, auxílio e reabilitações; processos jurídicos; seguros; perda de produção; gastos com combustíveis em congestionamentos; e custo funerário, se for

o caso. Estes fatores variam com o grau do acidente, sua localidade, quantidade de vítimas e a extensão dos ferimentos (TEIXEIRA, 2012).

O trânsito é essencial para qualquer nação, pois é através dele que tudo se movimenta, seja pessoas ou bens, permitindo que a economia circule e que o desenvolvimento sócio-econômico cresça. Porém, quando mal planejado, pode trazer más consequências a sociedade, como o aumento da poluição do ar, aumento do índice de ruído, transformação degradante da paisagem urbana, congestionamentos e acidentes (TEIXEIRA, 2012).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014) classifica os acidentes de trânsito para desenvolvimento de pesquisas e estatísticas pelas normas técnicas NBR 10697 e NBR 6067, junto com o Código de Trânsito Brasileiro como:

- a) Atropelamento: acidente em que o pedestre (s) ou animal (is) sofre (m) o impacto de um veículo, estando pelo menos uma das partes em movimento.
- b) Capotamento: acidente em que veículo giro sobre si mesmo em qualquer sentido, chegando a ficar com as rodas para cima, imobilizando-se em qualquer posição.
- c) Choque: acidente em que há impacto de um veículo contra qualquer objeto fixo ou móvel, mas sem movimento.
- d) Colisão: acidente em que um veículo em movimento sofre impacto de outro veículo, também em movimento.
- e) Colisão Frontal: colisão que ocorre frente a frente, quando os veículos transitam pela mesma via, em sentidos opostos.
- f) Colisão Lateral: colisão que ocorre lateralmente, quando os veículos transitam na mesma via, podendo ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos.
- g) Colisão Transversal: ocorre transversalmente, quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente.
- h) Colisão Traseira: ocorre frente com traseira ou traseira contra traseira, quando os veículos transitam no mesmo sentido ou em sentidos contrários, podendo pelo menos um deles estar em marcha-ré. (BRASIL, 1997).

A ABNT também define acidente de trânsito como:

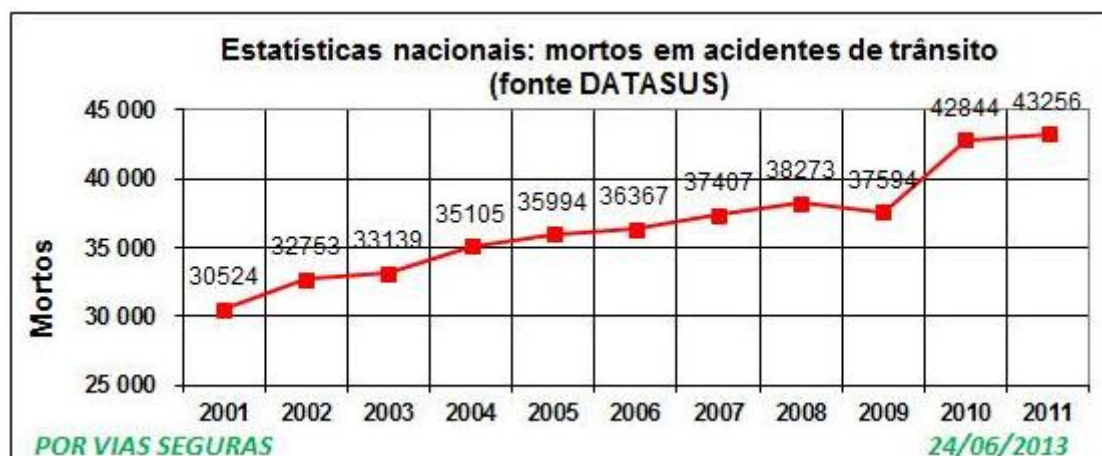
“todo evento não premeditado de que resulte dano em veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes esteja em movimento nas vias

terrestres ou áreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública.” (NBR n. 10697/89, da ABNT).

Desta forma, é possível perceber que os acidentes de trânsito não são acontecimentos aleatórios e de fácil prevenção, dentre os quais, todos estão sujeitos à falha, ou seja, se não houver um equilíbrio neste sistema a chance de ocorrer um acidente aumenta. Para diminuir os danos causados pelos acidentes, o Código de Trânsito Brasileiro obriga por lei a utilização de equipamentos de segurança dentro do veículo, como o cinto de segurança, extintor de incêndio, capacete e óculos no caso de motocicletas. O CONTRAN também obriga por lei a instalação de freio ABS 27 e o equipamento suplementar de retenção (*AIR BAG*) em veículos automotores. Contudo os danos causados por acidentes tem sua gravidade reduzida, mas a quantidade dos acidentes continua subindo (TEIXEIRA, 2012).

No Brasil, os números de acidentes e acidentes com mortos nas rodovias são altos, e implicam em um grande custo para o governo, tanto na reabilitação como na indenização das famílias das vítimas (BOTTESINI, 2010). Na figura 1 é possível visualizar em nível nacional, a evolução das mortes em acidentes de trânsito entre os anos de 2001 e 2011.

Figura 1 - Mortes em acidentes de trânsito de 2001 a 2011.



Fonte: Associação brasileira de prevenção dos acidentes de trânsito (2013).

Esse aumento de 13 mil acidentes em 10 anos pode assustar a população, mas se for considerar o aumento no número de automóveis nas estradas, o número pode não ser tão impactante. Em 2013, o INCT - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia, registrou mais de 76 milhões de veículos rodando no Brasil, relacionando um

crescimento de 138% em comparação com o ano de 2001 (INCT, 2013). O crescimento tão expressivo no número de veículos em um período curto de tempo, pode estar relacionado com o aumento no número de acidentes nas rodovias, o que acarreta em soluções preventivas de maneira urgente dos órgãos responsáveis.

No estado de Santa Catarina, os acidentes também possuem números elevados, principalmente nas duas rodovias federais que cortam o estado, a BR 101 e a BR 470. Informações, dados e estatísticas podem ser vistos na próxima seção com mais detalhes.

2.3.2 Acidentes de trânsito no estado de Santa Catarina

Em Santa Catarina, o último censo realizado pelo IBGE, em 2010, registrou aproximadamente 6,3 milhões de habitantes e uma frota de 3,4 milhões de veículos, o que equivale a 1 (um) automóvel para cada 1,85 habitantes. Esses números representam uma média bem alta de automóveis por habitante, podendo-se considerar que quase todo habitante do estado possui um veículo e considerando a dimensão do Estado, mais as condições das rodovias, os riscos de acidentes são eminentes (VIAS SEGURAS, 2013).

O Estado de Santa Catarina possui duas rodovias federais que passam por boa parte de sua extensão, a BR 101 e a BR 470. A BR 101 inicia na cidade de Touros no Rio Grande do Sul e termina em São José do Norte no Rio Grande do Norte, ou seja, cruza todo o país no sentido longitudinal. Já a BR 470, se inicia em Navegantes no estado de Santa Catarina e termina em Camaquã no Rio Grande do Sul, contemplando 472,3 km de extensão (DNIT, 2015).

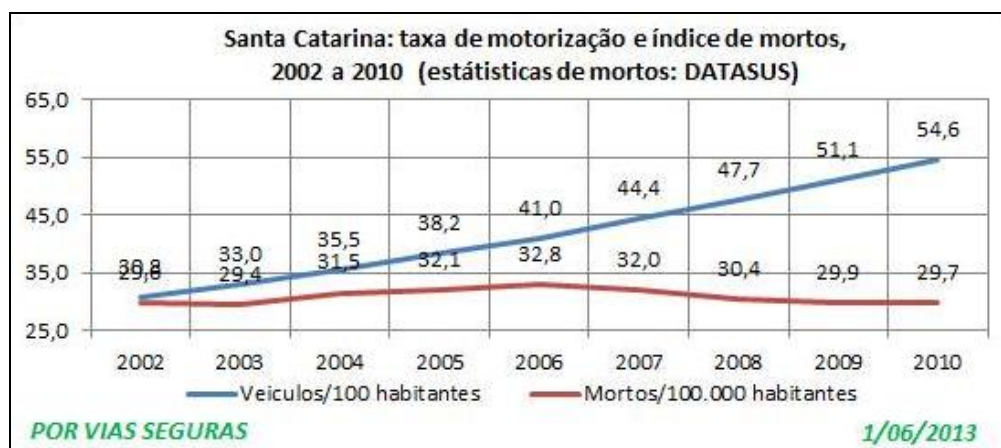
De uma maneira geral, o Estado de Santa Catarina contempla índices baixos em relação aos outros estados do sul e ao resto do país, entre os anos de 2002 e 2011 o total de mortos em acidentes foi de aproximadamente 1840. Mesmo desta forma, a população cobra o Estado para a duplicação da BR 470, que diariamente é palco de diversas fatalidades (VIAS SEGURAS, 2013).

Entre 2010 e 2012 foi registrado um aumento nos casos de mortes em acidentes nas rodovias estaduais. Segundo o BPMRv-SC, em 2010 foram 287 mortes e, em 2012, 414 pessoas foram a óbito em rodovias estaduais só em Santa Catarina. Já nas rodovias

federais que cortam o Estado, em 2010 foram 567 e em 2012, 612 pessoas não sobreviveram aos acidentes (VIAS SEGURAS, 2013). Com isso, pode-se concluir que não houve sucesso nas metodologias adotadas pelos órgãos responsáveis por administrar o trânsito das rodovias. Talvez não só a duplicação e as reformas das estradas não sejam o suficiente, mas a conscientização dos motoristas também é muito importante para a diminuição desses números.

Entre os anos de 2002 e 2010 houve um forte aumento no número de automóveis, que passou de 31 veículos para cada 100 mil habitantes para 35, mas houve uma estabilidade no número de mortos neste mesmo período, sendo que em 2002 era de 30 para cada 100 mil habitantes e em 2010 foi de 32 (VIAS SEGURAS, 2013), conforme pode ser visto na figura 2.

Figura 2 - Taxa de motorização e índice de mortos entre 2002 e 2010 em SC.



Fonte: Associação brasileira de prevenção dos acidentes de trânsito (2013).

A partir da figura 2, é possível ver que o aumento no número de automóveis não afetou diretamente o número de mortos, que se manteve na mesma média e até diminuiu o índice nos últimos 2 anos da pesquisa (VIAS SEGURAS, 2013).

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Foram encontrados trabalhos com ideias relacionadas com a solução do problema abordado. Nesta seção serão apresentadas as três propostas mais relacionadas que foram encontradas.

2.4.1 SIGMAOn

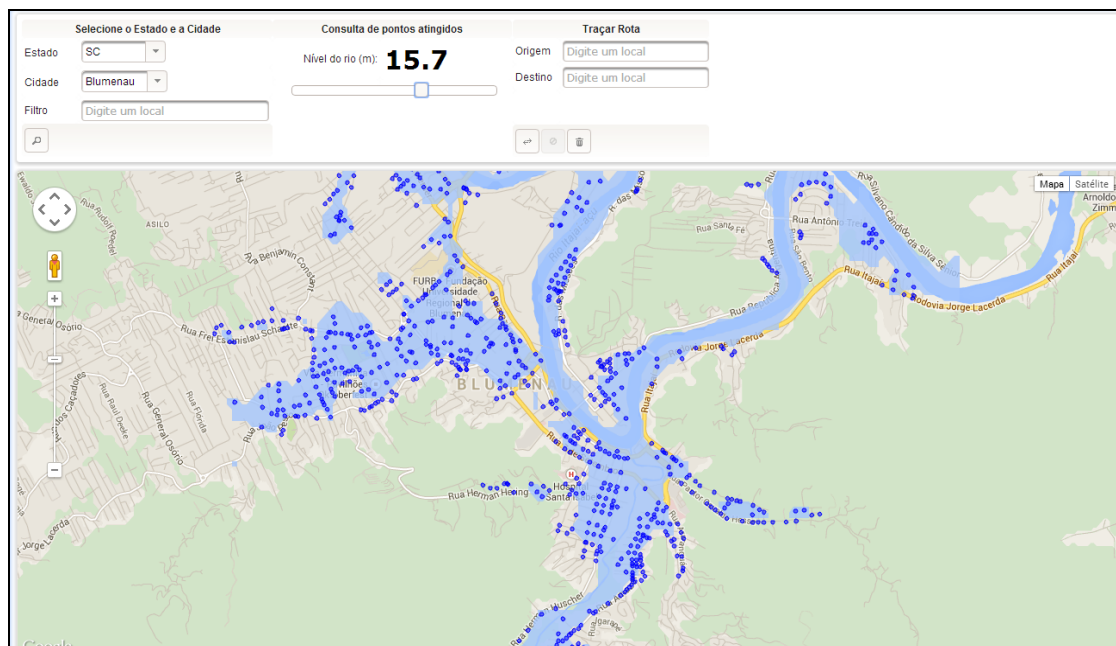
O SIGMAOn⁴ (Sistema de Informação Geográfico para Monitoramento de Alagamentos Online) é um projeto de pesquisa desenvolvido por bolsistas da UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina), no campus de Ibirama. Esse projeto tem como objetivo simular alagamentos em cidades pré-cadastradas baseado no nível do rio (FLORIANO et al. 2014).

Ele utiliza do Google *Maps* como SIG, e os serviços de rotas, geocodificação e elevação. O preenchimento do banco é baseado em dados extraídos a campo pela defesa civil de cada cidade, com informações sobre os pontos de alagamento baseados no nível do rio. Por meio destes pontos é relacionado uma área de abrangência de 1 km², onde é recuperada a elevação de cada coordenada para desenhar as áreas de alagamento em relação ao relevo da área atingida pelo rio (FLORIANO et al. 2014).

Na figura 1 está um exemplo da visão da simulação da aplicação, que contém a entrada dos dados como filtro, que é o estado, a cidade e o nível do rio, Ao informar estes dados é feita uma busca na base de dados e se tem como resposta os pontos de alagamentos e o desenho das áreas alagadas.

⁴ Disponível em: <http://bsi.ceavi.udesc.br:8080/sigmaon/>

Figura 3 - Tela de simulação do SIGMAOn.



Fonte: SIGMAOn (2014).

A partir da imagem representada na figura 3, é possível identificar a situação da cidade de Blumenau em Santa Catarina com o nível do rio em 15,7 metros. Além do recurso de simulação de alagamentos é também há a possibilidade de traçar rotas dentro da cidade e saber se esta rota passa por áreas alagadas e a aplicação também sugere rotas alternativas para tentar desviar do alagamento.

2.4.2 Mapeamento e análise dos acidentes de trânsito na cidade de Catanduva - SP com auxílio de sistema de informações geográficas

Esse trabalho é uma dissertação de mestrado apresentada por João Francisco Othon Teixeira e orientador pelo professor Dr. Leonardo Rios, para o mestrado de Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente no Centro Universitário de Araraquara – UNIARA. O mesmo tem como objetivo fazer uma análise estatística espacial e mapear os principais pontos de acidentes na cidade de Catanduva, São Paulo, do ano de 2007 a 2009, utilizando como plataforma um SIG.

Para o seu desenvolvimento foram utilizados ferramentas de análise exploratória por áreas e de padrões pontuais, para que fosse possível caracterizar áreas de críticas e

identificar regiões em que se encontra a maior parte dos acidentes, com a finalidade de orientar e auxiliar as tomadas de decisões dos órgãos responsáveis (TEIXEIRA, 2012).

Como resultado do trabalho, foi identificado que a maior conglomerado de acidentes na cidade se encontra na área urbana, onde o fluxo de pessoas e automóveis é mais intenso. Como fonte de dados foi utilizada a base de dados do DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito) e os boletins de ocorrência do Trigésimo Batalhão de Polícia Militar do Interior, que é responsável pelo policiamento da cidade foco da pesquisa (TEIXEIRA, 2012).

2.4.3 CrashMap

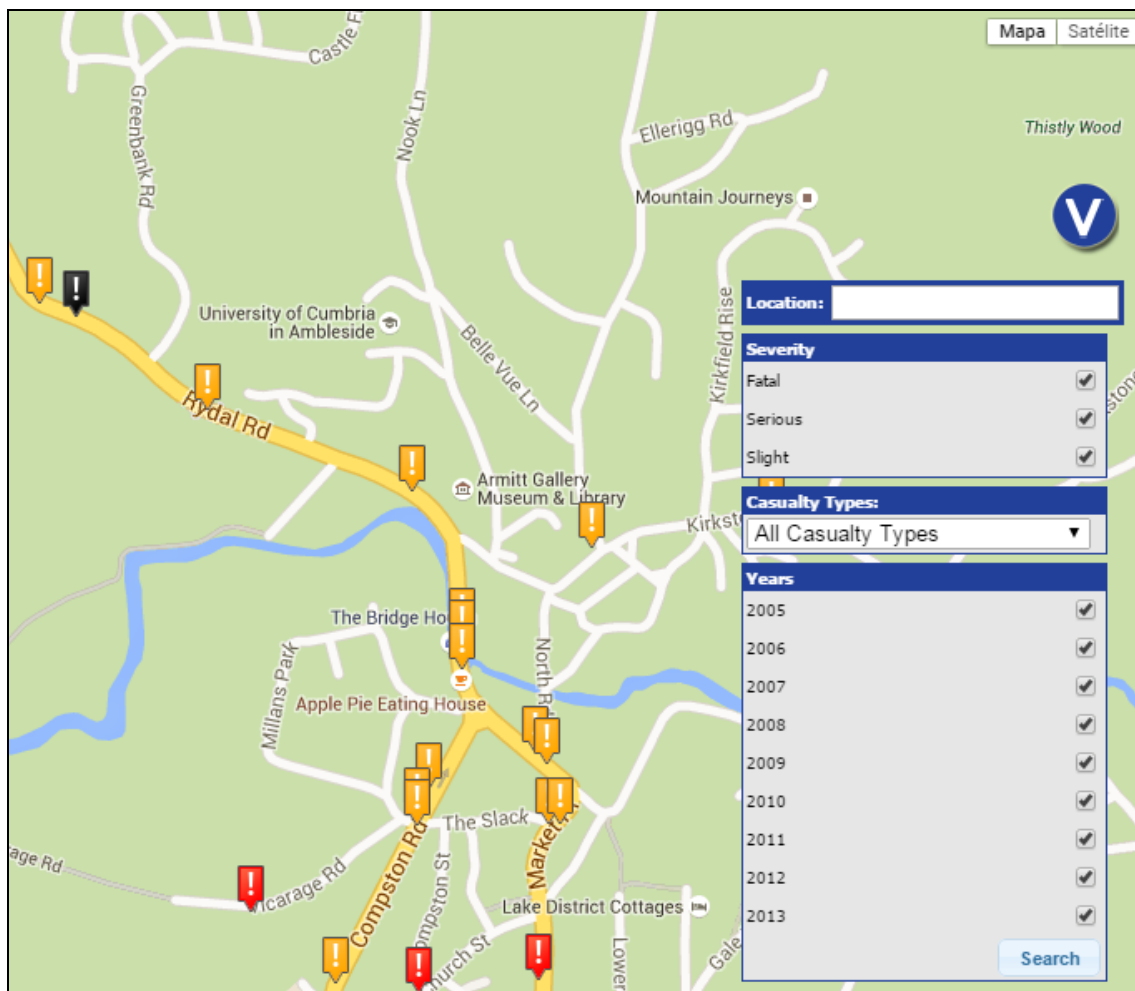
O CrashMap⁵ foi criado por uma equipe de analistas de colisão de dados e especialistas em segurança de rodovias e é uma aplicação também desenvolvida em cima do Google *Maps* Javascript API. Ela tem por objetivo disponibilizar para o público leigo dados válidos sobre a segurança das rodovias, como informações sobre os acidentes e ocorrências nas rodovias, baseados em dados da polícia britânica. A ferramenta ganhou no ano de 2013 um prêmio da *Prince Michael International Road Safety Awards* em reconhecimento da inovação e contribuição para segurança nas estradas (CRASHMAP, 2011).

O funcionamento da ferramenta é bem prático, basta informar a localidade desejada que é feito a carga dados sobre todos os acidentes que estão dentro da visão do mapa naquele momento. Entretanto, a aplicação só contém dados de alguns pontos específicos do Reino Unido e para relatórios mais específicos e detalhados é necessário realizar cadastro no *site*.

Os pontos de acidentes são demarcados no mapa pela sua coordenada, para cada nível de severidade existe um marcador específico. Para acidentes leves o marcador é um marcador amarelo, para acidentes graves o marcador é vermelho e para acidentes fatais o marcador é preto, como pode ser visto na figura 4.

⁵ Disponível em: <http://www.crashmap.co.uk/>

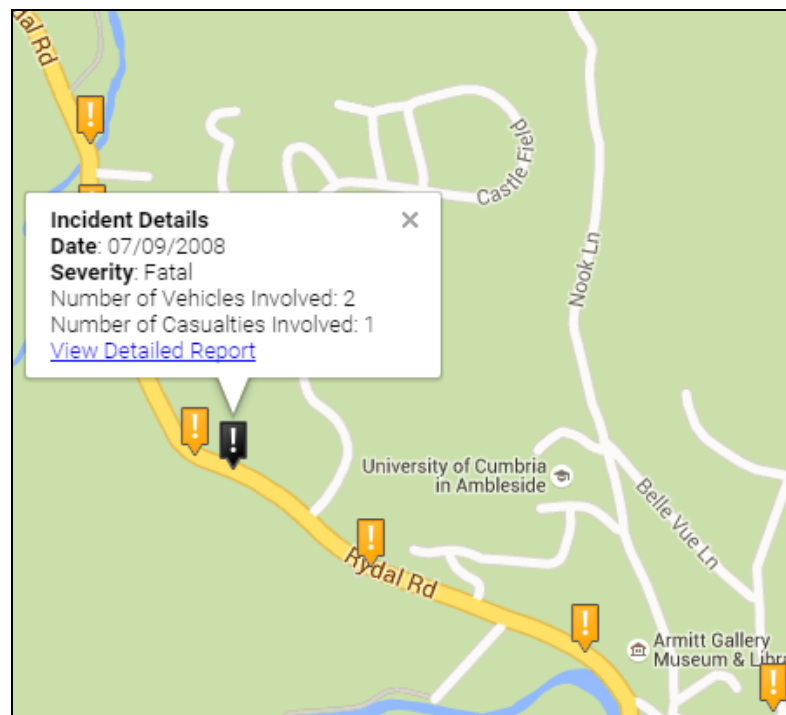
Figura 4 - Aplicação do CrashMap.



Fonte: CrashMap, 2011.

A aplicação também fornece alguns filtros de dados para buscas mais específicas, como o filtro por localidade, ano, severidade, o tipo das vítimas e o ano que os dados pertencem. Ao clicar sobre um acidente, o sistema retorna mais detalhes sobre o mesmo, como pode ser visto na figura 5.

Figura 5 - Detalhes dos acidentes no CrashMap.



Fonte: CrashMap, 2011.

Nos detalhes do acidente é indicada a quantidade de veículos envolvidos, o número de vítimas, a data e a severidade do acidente. Para ver um relatório mais detalhado é necessário realizar cadastro na aplicação.

Portanto, o CrashMap pode ser utilizado livremente por usuários interessados em saber a situação das rodovias de sua localidade, caso ela contenha dados importados na base de dados da aplicação. Os dados são visualizados com marcadores coloridos e clicando sobre os mesmos é exibido informações mais detalhadas sobre os acidentes daquele ponto.

2.4.4 Relação dos trabalhos correlatos com o DriveUp

Todos os trabalhos apresentam ideias relacionadas com a proposta deste trabalho. Entretanto possuem escopos diferentes, mas não deixam de lado o uso do SIG (Sistema de Informação Geográfico) para auxiliar alguma parcela da população com informações relevantes para determinados fenômenos, que possuem ou não dados disponibilizados livremente na *Internet* por órgãos responsáveis.

O trabalho que mais se assemelha ao DriveUp é o CrashMap (CrashMap, 2011), que também é feito sobre a API do Google *Maps* e apresenta dados sobre acidentes retirados de boletins da polícia local. A diferença está em que o DriveUp cruza esses dados com as rotas traçadas pelos usuários, indicando os trechos mais perigosos no trajeto que será percorrido, além de disponibilizar rotas alternativas. Porém, inicialmente não será implementado na aplicação a possibilidade de ver a situação de todas as rodovias de uma localidade, como pode ser visto no CrashMap, mas isso ainda pode fazer parte do escopo e está relatado nos trabalhos futuros.

O SIGMAOn (FLORIANO et al. 2014) possui uma ideia parecida, onde ele permite traçar rotas dentro das cidades, mas ao invés de evitar acidentes e trechos perigosos baseado em ocorrências, o mesmo faz as rotas em cima pontos alagados das cidades baseado no nível do rio, ajudando o motorista a evitar ficar preso e conseguir sair de onde ele está sem pegar pontos alagados, além de apresentar visualmente a situação dos alagamentos por cidade como referência o nível dos rios cadastrados.

O trabalho sobre o mapeamento e análise dos acidentes de trânsito na cidade de Catanduva - SP (TEIXEIRA, 2012) não há nenhum sistema implementado para apresentar os resultados graficamente, apenas números e resultados sobre a pesquisa realizada sobre a ocorrência de acidentes na cidade. O trabalho é completo, entretanto não é feito para a área de tecnologia da informação e sim para desenvolvimento regional e o meio ambiente, que é a diferencial deste projeto.

Para expressar melhor as diferenças entre os trabalhos correlatos e o Driveup, foi feito a tabela onde está a comparação entre eles baseados em alguns parâmetros considerados importantes para este trabalho:

Tabela 1 - Comparação entre os trabalhos correlatos.

	SIGMAOn	Catanduva-SP	CrasMap	Driveup
Utiliza SIG	X	X	X	X
Permite traçar rotas	X			X
Aplicação Web	X		X	X
Design Responsivo				X
Base de dados reais	X	X	X	X
Origem dos dados	Brasil	Brasil	Reino Unido	Brasil

Fonte: criação do autor.

3 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção do trabalho estão todas as especificações de desenvolvimento do sistema, desde o protótipo, diagramas, requisitos, até o código fonte e detalhes da implementação envolvida no sistema.

3.1 ESPECIFICAÇÃO

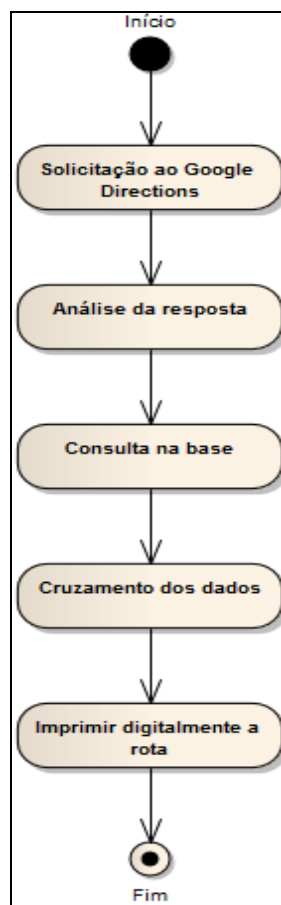
Nesta seção do trabalho estão os protótipos de algumas visões da aplicação, entre elas o painel de rotas e o detalhamento da rota e outros diagramas que envolvem o desenvolvimento da aplicação.

3.1.1 Requisitos do Sistema

Nesta seção do trabalho estão relacionados os requisitos funcionais, não funcionais e regras de negócios que envolvem esse desenvolvimento.

A aplicação consiste em permitir que o usuário visualize rotas informando uma origem e um destino, acessando informações mais detalhadas sobre os riscos e a incidência de acidentes, alertando o motorista em trechos perigosos e se possível sugerir rotas alternativas mais seguras. Desta forma, basta o usuário informar uma origem e destino para que o sistema faça uma solicitação ao serviço de rotas da Google e cruze as coordenadas da resposta com as informações contidas na base de dados e imprima digitalmente a rota. A figura 6 representa o fluxo descrito.

Figura 6 - Fluxo para traçar rotas na aplicação.



Fonte: criação do autor.

Para cumprir com o fluxo de funcionamento visto na figura 4, foram identificados e elaborados alguns requisitos e regras que pertencem ao sistema, bem como definir a execução e funcionalidades que serão desenvolvidas.

3.1.1.1 Requisitos Funcionais

A aplicação deve satisfazer os requisitos listados na tabela 2 para cumprir com os objetivos propostos pelo trabalho.

Tabela 2 - Requisitos funcionais do protótipo.

Identificação	Descrição
RF01	A aplicação deve permitir que o usuário informe uma origem e destino para a rota.
RF02	A aplicação deve traçar rotas a partir dos dados de entrada.
RF03	A aplicação deve relatar ao motorista em áreas de maior risco.
RF04	A aplicação deve sugerir rotas alternativas, baseado nos critérios de risco para indicar rotas mais seguras.
RF05	A aplicação deve gerar uma visão geral da situação das rotas.
RF06	A aplicação deve permitir o usuário visualizar a rota com cores representando sua periculosidade

Fonte: criação do autor.

3.1.1.2 Requisitos não Funcionais

Na tabela 3 estão relacionados os requisitos não funcionais do sistema, apontando quais serão as tecnologias utilizadas no desenvolvimento.

Tabela 3 - Requisitos não funcionais do protótipo.

Identificação	Descrição
RNF01	A aplicação deve ser desenvolvida em Java para plataforma Web, utilizando o <i>framework</i> JSF.
RNF02	O plataforma de geolocalização utilizada deverá ser o Google <i>Maps</i> .
RNF03	O serviço para traçar rotas será o Google <i>Directions</i> disponibilizado pela Google <i>Maps</i> API.
RNF04	A aplicação deve ser acessada tanto em navegadores <i>desktop</i> quando em dispositivos móveis.

Fonte: criação do autor.

3.1.1.3 Regras de Negócio

A Tabela 4 apresenta as regras de negócios que envolvem o sistema, também relacionando elas com seus respectivos requisitos funcionais.

Tabela 4 - Regras de negócios do protótipo.

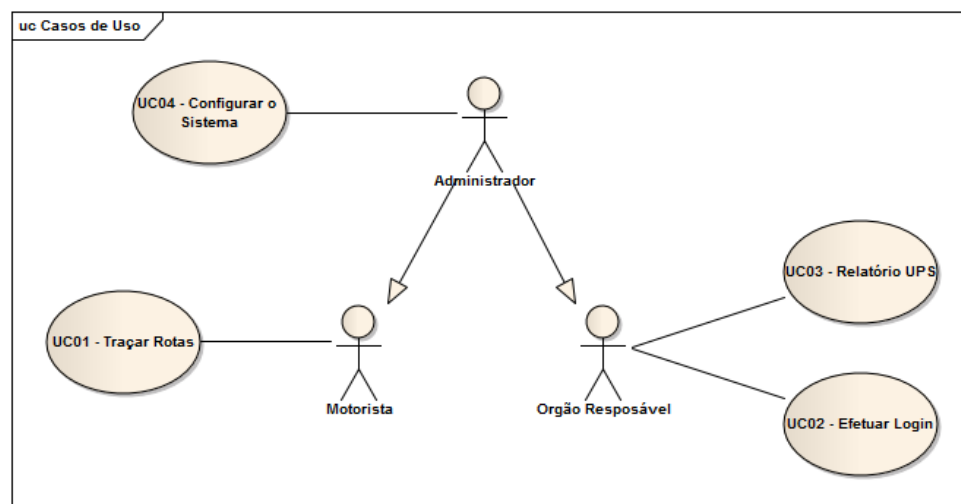
Identificação	Descrição	Rastreabilidade
RN01	A origem e o destino deverá ser um ponto de referência, endereço ou coordenada.	RF01, RF02
RN02	As informações e alertas serão limitadas pelas rodovias contidas na base de dados.	RF03, RF04
RN04	Os critérios de risco a serem utilizados serão: número de acidentes, número de mortes e número de feridos.	RF04, RF05
RN05	As informações de risco serão exibidas graficamente sobre o mapa	RF03
RN06	O calculo do UPS é definidor por: $(DM \times 1) + (F \times 5) + (VF \times 13)$. Onde DM: Acidentes com Danos Materiais; F: Acidentes com Feridos e; VF: Acidentes com Vitimas Fatais.	RF06
RN07	A cor da rota é definido pela relação definida nas configurações do sistema.	RF06

Fonte: criação do autor.

3.1.2 Casos de Uso

Os casos de uso representam cada ator que possui um relacionamento com o sistema e seus possíveis casos de uso e qual seria o cenário para essas interações (GUEDES, 2009). A partir dele é possível elencar melhor as funcionalidades do sistema e dividir o desenvolvimento.

Figura 7 - Diagrama de casos de uso.



Fonte: criação do autor.

Analisando as funcionalidades do sistema é possível identificar que o motorista possuirá apenas a opção de traçar rotas para que seja feito o cruzamento dos dados e a apresentação das ocorrências, sendo que as outras funcionalidades não são relevantes aos motoristas. O administrador pode realizar a autenticação no sistema pelo seu usuário e alterar as configurações do sistema, como a relação do UPS e cor, o *link* do *webservice* da Google *Directions* e outras configurações referentes a comparação das coordenadas de ocorrências com as coordenadas das rotas. No projeto atual o órgão responsável apenas poderá efetuar a autenticação do sistema, entretanto nos trabalhos futuros é destacado que o mesmo poderá ver a situação geral das rodovias com relação ao UPS e outros relatórios com os dados que estão na base de dados.

Desta forma o "UC01", é para fazer a navegação pelo SIG e traçar as rotas, e para isso o usuário não precisa necessariamente estar autenticado, basta acessar a aplicação no navegador padrão e informar no menu de rotas sua origem e destino da viagem, que o sistema fica encarregado de cruzar as coordenadas da viagem com as ocorrências no banco de dados e imprime a mesma para o usuário. Após isso ele pode manipular as informações de retorno conforme desejado.

O "UC02" especifica que os usuários administradores e órgãos responsáveis podem autenticar-se no sistema para habilitar mais opções, para isso também basta acessar o menu principal da aplicação, ir no submenu de autenticação e informar seu usuário e senha, o sistema então se encarrega de validar a autenticação e fazer os filtros de acesso.

O "UC03" é referente a emissão do relatório de UPS, onde um usuário administrador ou do tipo órgão responsável, ao estar autenticado pode acessar pelo menu esta tela e emitir um relatório com a relação de todas as rodovias, filtradas por estado, com seu UPS.

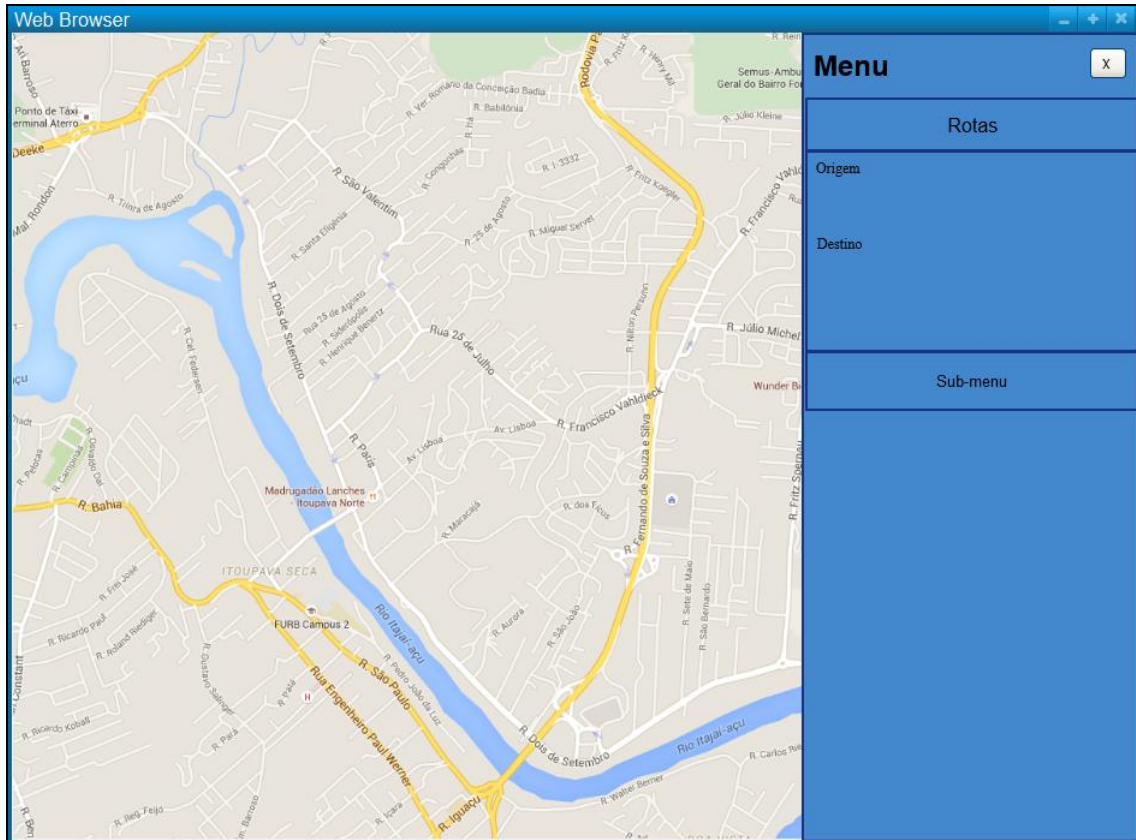
O "UC04" se refere especificamente aos usuários do tipo administrador que também pode alterar as configurações do sistema, para isso ele precisa estar cadastrado e se autenticar no menu. Após isso basta acessar o submenu de configurações, realizar as alterações necessárias e salvar sua ação, que depois de salvas a aplicação trabalhará da forma que foi definida.

3.1.3 Protótipo

O protótipo refere-se a uma visão parcial do que será realizado na implementação do projeto, na questão visual e interação com o usuário, desde uma forma mais simbólica ou bem próxima do que ele será na realidade. Com a prototipação do Driveup o objetivo foi relatar de uma forma simples como ficará sua visão ao usuário, para identificar se sua usabilidade está clara e significativa ao mesmo (GUEDES, 2009).

O visual básico do projeto é o Google *Maps* ocupando toda a extensão da página com menus ocultos que quando ativos sobrepõem o mapa e, ao selecionar a opção desejada eles se ocultam novamente. Já no mapa, com uma rota traçada, como na figura 6, as cores representam o nível de periculosidade do trecho, onde quanto mais quente a cor, mais crítica é a situação do trecho. As ocorrências de acidentes ficarão marcadas no mapa e ao posicionar o mouse sobre o mesmo, é aberto um painel com informações sobre a ocorrência, como pode ser visto na figura 8.

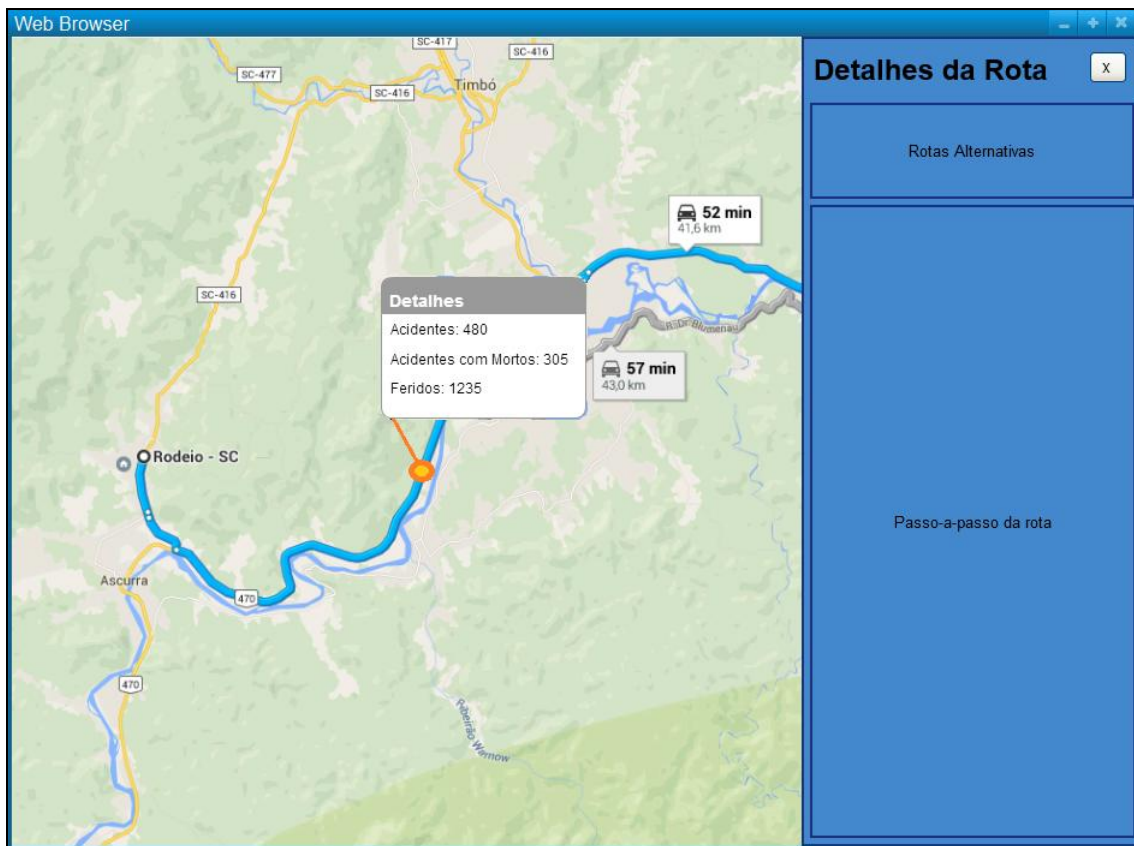
Figura 8 - Painel principal com a opção de rotas.



Fonte: criação do autor.

No painel da figura 8, é onde o usuário deve informar a origem e o destino da sua rota. Após isso o painel se oculta e a rotina para traçar rotas é executada, sendo que após o seu processamento, que é feito como mencionado na seção 3 dos requisitos, será exibida a tela representada na figura 9.

Figura 9 - Painel com uma rota detalhada e suas informações.



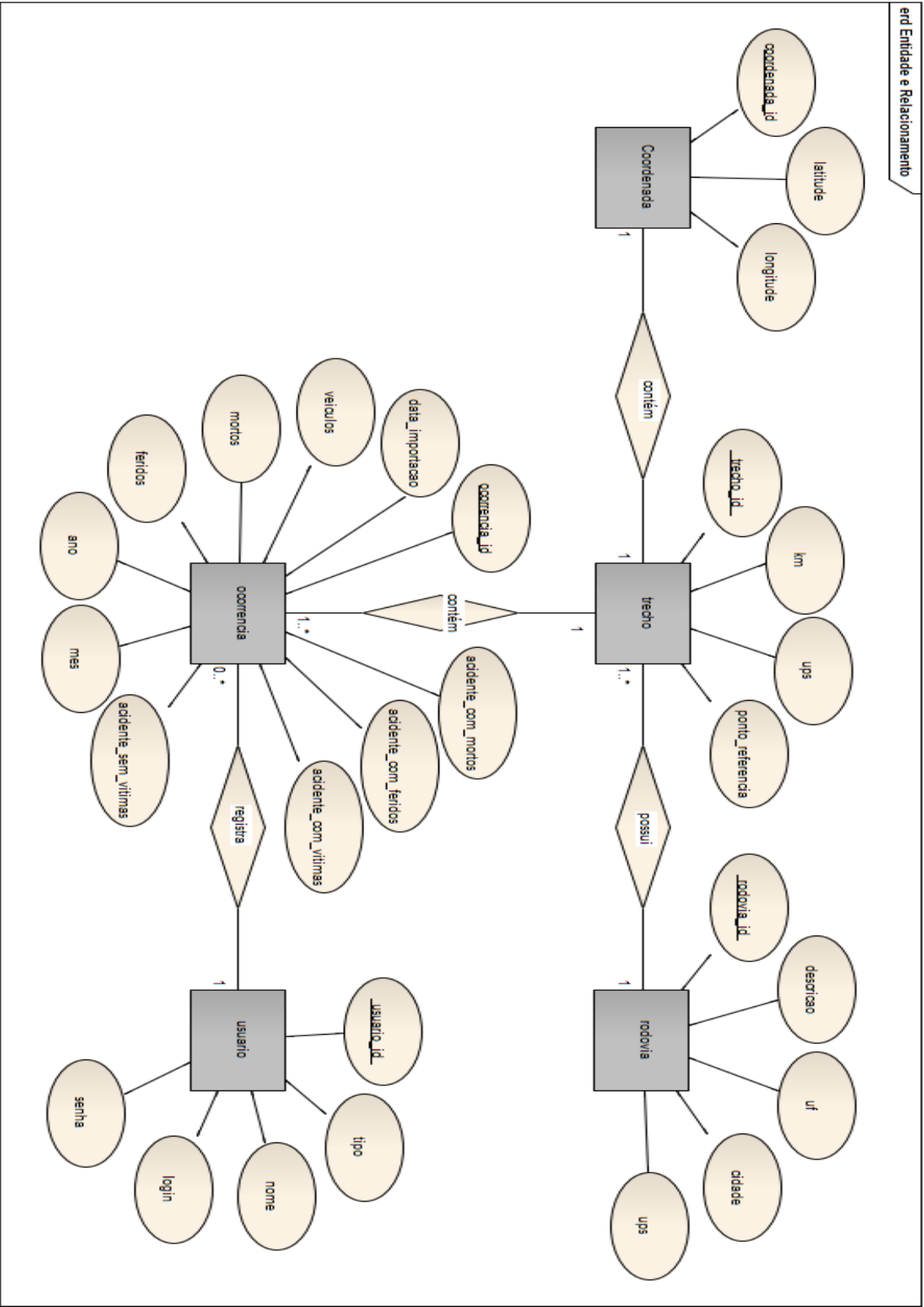
Fonte: criação do autor.

Na figura 9 é possível perceber que a rota contém uma coloração diferente das outras alternativas, essas cores representam o nível de periculosidade da rota representada. As ocorrências ficam marcadas no mapa e conforme o usuário posiciona o mouse sobre elas, é exibido um painel com mais informações, que são extraídas de alguma base de dados do BPMRV. Os dados apresentados na figura 9 são fictícios, apenas para exemplo.

3.1.4 Diagrama de Entidade e Relacionamento

A estrutura do projeto foi baseada no relatório da BPMRV, que relacionava as ocorrências de acidentes por quilômetro das rodovias, além de conter as informações necessárias para realizar o cálculo do UPS de cada trecho. Analisando os relatórios, foi possível identificar que o mesmo encontrava-se dentro de uma estrutura ideal para ser utilizado pelo sistema, como pode ser visto na figura 10.

Figura 10 - Diagrama de Entidades e Relacionamentos.



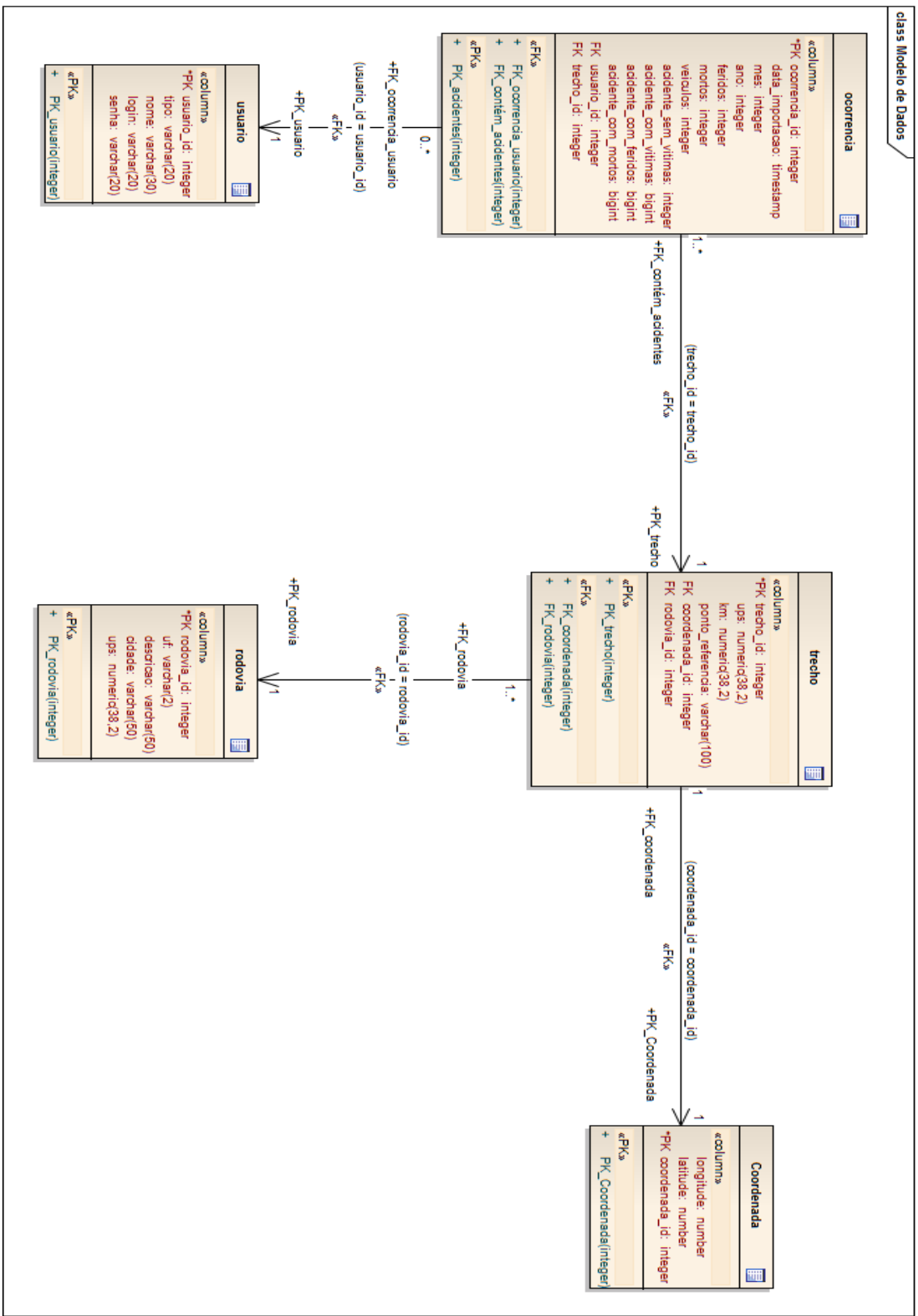
Fonte: criação do autor.

Com esta estrutura no banco de dados foi possível criar todas as funções e gatilhos necessários para manter a base atualizada, conforme fossem feitas as importações de dados e também fazer o cruzamento dos dados das rotas com as ocorrências que estão na base. A entidade "trecho" indica um quilômetro ou um trecho de uma rua, e possui três relacionamentos: i) o relacionamento com "coordenada", que armazena as coordenadas de cada trecho especificado; ii) com "rodovia", que indica uma estrada, rodovia ou qualquer via onde se localiza o trecho e; iii) com "ocorrência" onde ficam os dados de cada acidente registrado com as informações necessárias para realizar o cálculo do UPS (Unidade Padrão de Severidade). Existe também a entidade de "usuário", onde ficam os dados referentes aos usuários que possuem acesso ao sistema e indica quem realiza as importações de dados no sistema.

3.1.5 Modelo de dados

O modelo de dados é criado baseado na estrutura do banco de dados, ele representa os relacionamentos entre as tabelas, indica as chaves estrangeiras e primárias de cada tabela além dos tipos de cada atributo (GUEDES, 2009).

Figura 11 - Modelo de dados.



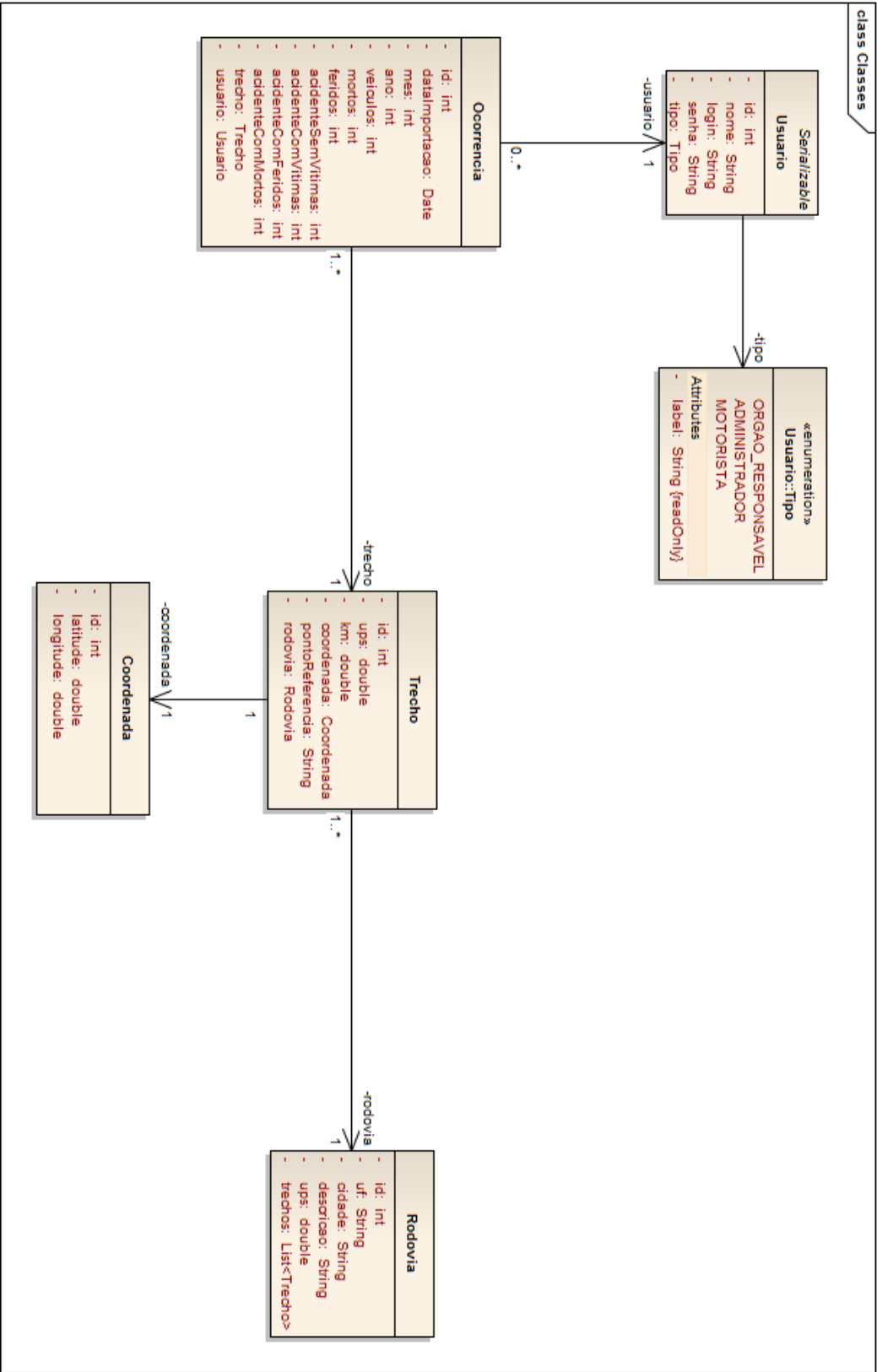
Fonte: criação do autor.

Como este diagrama é apenas a representação dos relacionamentos do banco de dados, segue a mesma estrutura já explicada na seção 3.1.2, porém aqui existe uma visão mais detalha de cada relacionamento, onde há a orientação dos relacionamentos e suas chaves estrangeiras e primárias de cada tabela.

3.1.6 Diagrama de classes de domínio

O diagrama de classes de domínio representa como é a estrutura das entidades da aplicação, ou seja, a camada de modelo (GUEDES, 2009). A partir dela é possível identificar os relacionamentos e é de onde parte a criação das outras camadas do sistema, como o controle, a visão e o DAO.

Figura 12 - Diagrama de Classes.



Fonte: criação do autor.

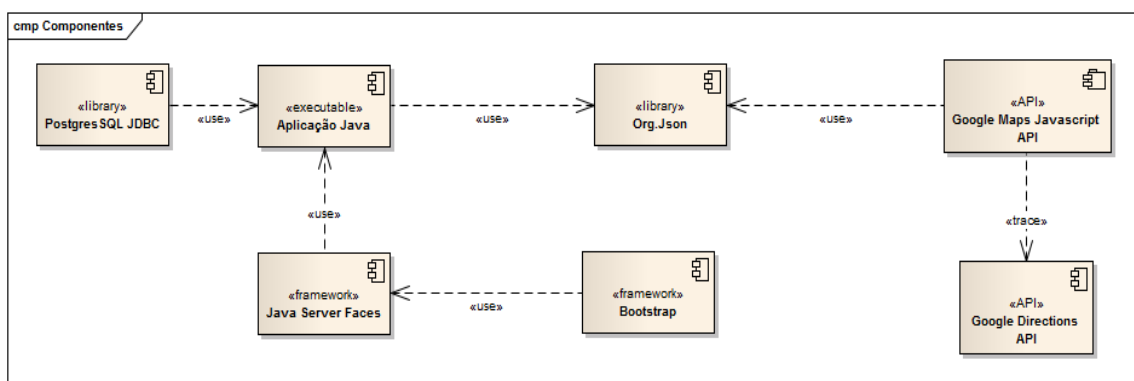
Como não há relacionamentos complexos na aplicação, o diagrama de classes se assemelha muito aos diagramas que representam a estrutura do banco de dados. O trecho, que é a classe intermediária do sistema, identifica o trecho ou quilômetro de uma via, possui uma coordenada (latitude e longitude) e pertence a uma rodovia. Toda ocorrência pertence a um trecho, e através de seus dados é possível calcular o UPS de cada trecho e consequentemente de cada rodovia. O usuário faz a limitação de acesso ao sistema, dentre as configurações e identificar quem realizou a importação dos dados.

3.1.7 Diagrama de Componentes

O diagrama de componentes busca relacionar os componentes e interfaces existentes no sistema. Esses componentes podem ser bibliotecas, *frameworks*, APIs, outros sistemas, documentos, tabelas, ficheiros e entre outros. Uma interface é um conjunto de operações que pode ser usada para especificar serviços de alguma classe ou componente (GUEDES, 2009).

Para o DriveUp, foi criado este diagrama para especificar a relação que as APIs do Google têm com a aplicação, como pode ser visto na figura 13.

Figura 13 - Diagrama de componentes.



Fonte: criação do autor.

Desta forma, o componente "Aplicação Java" é o núcleo do desenvolvimento, integra os outros componentes, como a biblioteca JDBC do banco de dados, o *framework* do JSF (Java Server Faces) e o Bootstrap (contém os componentes visuais). Além disso, atua junto com a API do Google *Maps* que por si utiliza os serviços do Google *Directions*, responsável por traçar as rotas, e no intermédio entre a "Aplicação

Java" e o "Google Maps Javascript API" está a biblioteca "org.json", que permite a troca de mensagens entre os dois de uma forma limpa e prática.

3.1.8 Escopo não contemplado

O projeto contempla apenas a visão do motorista com a aplicação, sendo que não será desenvolvida nenhuma ferramenta para inclusão dos dados de acidentes, apenas a integração com o *Pentaho Data Integration*.

Não será desenvolvida a integração com algum outro sistema ou GPS, ou do próprio Android, que possibilitaria a emissão de alertas aos motoristas baseados na sua localização. A aplicação apenas será responsiva, o que possibilita o acesso dos motoristas também pelo navegador do seu dispositivo móvel com a mesma performance de dispositivos *desktop*. Também não será desenvolvida a ferramenta para análise das áreas de riscos, com o objetivo de auxiliar órgãos responsáveis a administrar as rodovias.

Todas as funcionalidades não contempladas são sugestões para trabalhos futuros.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção será abordado o desenvolvimento da aplicação, questões mais técnicas que envolvem código fonte e detalhes sobre o uso das ferramentas, cálculos matemáticos e outras especificações que acercam o desenvolvimento da aplicação de uma forma geral.

3.2.1 Importação dos dados

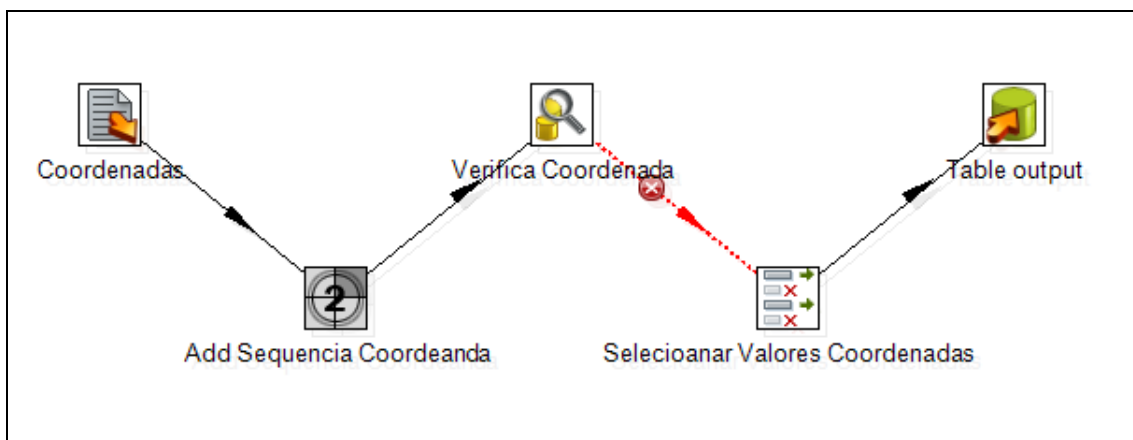
A importação foi desenvolvida com o auxílio do *Pentaho Data Integration*, uma ferramenta desenvolvida pela Apache Software Foundation. Ela é desenvolvida na linguagem Java, de código aberto, completamente gratuita e está protegida pela *General Public License* (GPL). Esta ferramenta é utilizada para fazer integração entre base de

dados, independente da sua plataforma ou tipo de arquivo (Pentaho Coorporaion, 2015).

A integração foi feita sobre os arquivos enviados pelo BPMRV⁶, entretanto foram necessárias algumas alterações na sua formatação. Com o arquivo de cada mês do ano de 2014 e as coordenadas enviadas pelo DEINFRA mescladas, foi possível criar quatro rotinas, uma para cada tabela onde seriam gravados os dados.

A primeira rotina foi a de coordenadas, na qual as coordenadas são lidas e gravadas na base de dados, apenas garantindo que não houvesse duplicação dos dados com o passo *database lookup* chamado "Verificar Coordenada", como pode ser visto na figura 14.

Figura 14 - Transformação de integração das coordenadas.



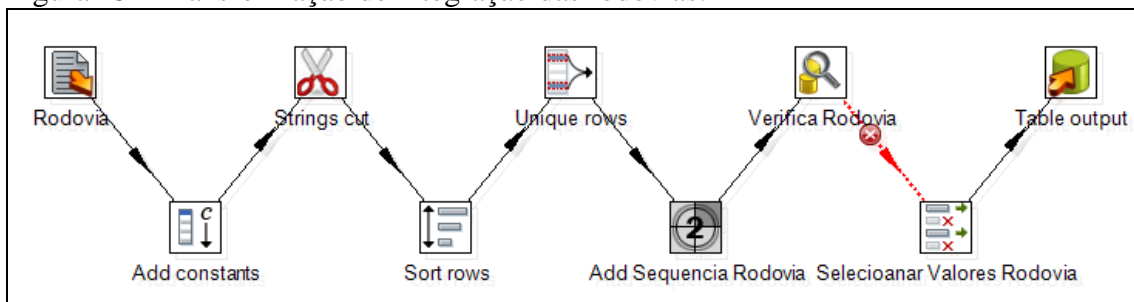
Fonte: criação do autor.

Como pode ser visto na figura 14, são poucos passos utilizados nessa integração, o primeiro passo lê o arquivo, o segundo adiciona um valor a chave primária da tabela coordenada buscando em sua *sequence* no SGBD. O terceiro passo verifica se não há uma coordenada igual na base de dados, caso exista ele utiliza a mesma, caso contrário ele grava uma nova, o passo seguinte seleciona os valores que serão gravados no banco e o último passo faz a persistência dos dados.

Na segunda transformação é feita a integração das rodovias, onde todas as rodovias distintas do arquivo são cadastradas, como pode ser visto na figura 15.

⁶ Disponível em: <http://www.pmr.v.sc.gov.br/dadosEstatisticos.do>

Figura 15 - Transformação de integração das rodovias.

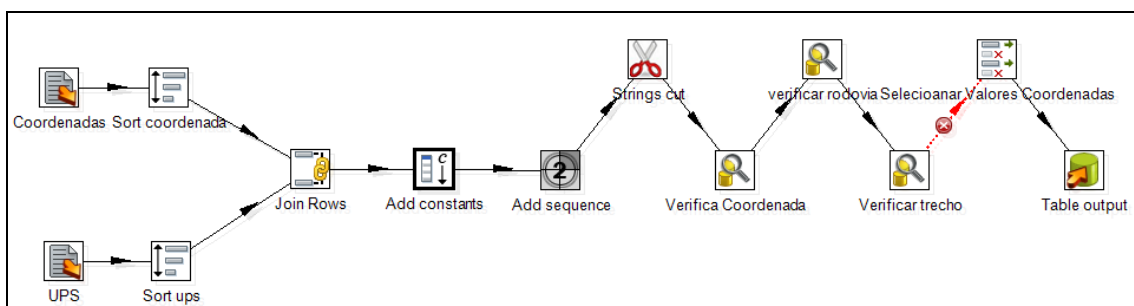


Fonte: criação do autor.

Na integração, apresentada na figura 15, é realizada a leitura do arquivo de ocorrências, o corte da descrição da rodovia para pegar apenas sua sigla, por exemplo "SC282", esses valores são ordenados pelo nome para que seja possível buscar apenas as rodovias distintas do arquivo, depois é realizada a comparação se a rodovia já existe na base e armazena-se ou não o registro.

A terceira transformação é dos trechos, na qual é realizada a leitura dos dois arquivos, onde se busca a coordenada do trecho e o trecho em si no arquivo do BPMRV, como pode ser visto na figura 16.

Figura 16 - Transformação de integração dos trechos.

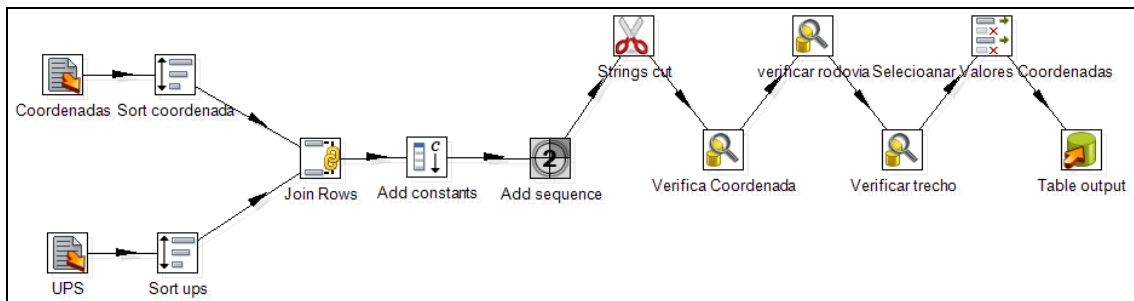


Fonte: criação do autor.

Na integração do trecho é feita a leitura dos dois arquivos: i) o de coordenadas e; ii) o que corresponde às ocorrências. Esses dois arquivos são mesclados com o *join*, onde há um número de identificação de cada coordenada para cada ocorrência. Após isso, é adicionada a chave primária com a sequência do banco, é realizado o corte da descrição da rodovia para compará-la com as que estão na base de dados, após isso é realizada a busca no banco pela devida rodovia e coordenada deste trecho e, ao final, a persistência do registro é realizado.

Por último é feita a importação das ocorrências, que são apenas os dados sobre os acidentes, como número de feridos, mortes, vítimas, veículos e entre outros. Essa integração também conta com os dois arquivos, como pode ser visto na figura 17.

Figura 17 - Transformação de integração das ocorrências.



Fonte: criação do autor.

A transformação da figura 17 é muito parecida com a apresentada na figura 16, que é do trecho, sendo que ambas buscam as mesmas informações porém os dados que serão persistidos são distintos. Na transformação das ocorrências são apenas salvos os registros referente às ocorrências, como número de vítimas, feridos, veículos, mês, ano e entre outros dados.

Para calcular e atualizar o UPS das rodovias e dos trechos, foram criado gatilhos (*triggers*) no banco de dados. Para toda inserção, exclusão ou atualização de dados na tabela de ocorrência é feito o cálculo do UPS para aquele trecho e atualizado seu valor conforme a ação no banco.

3.2.2 Cálculo do UPS

O cálculo do UPS definido pelo DENATRAN em 1987, considera a frequência e a gravidade dos acidentes, determinando um peso para cada nível de intensidade (BRANDÃO, 2007). O DENATRAN utiliza esse cálculo para determinar a periculosidade dos locais de acidentes e o mesmo é definido como a soma do número de acidentes com danos materiais (DM), de acidentes com feridos (F) e acidentes com vítimas fatais (VF), ponderados da seguinte forma:

- a) DM: Fator de ponderação 1.
- b) F: Fator de ponderação 5.
- c) VF: Fator de ponderação 13.

A partir disso, a severidade de cada local de acidente é expressa com a seguinte fórmula:

Figura 18 - Fórmula para cálculo do UPS.

$$UPS = (DM \times 1) + (F \times 5) + (VF \times 13)$$

Fonte: BRANDÃO, 2007.

Desta forma, foi possível utilizar esta fórmula nas *triggers* do banco de dados para atualizar o UPS dos trechos e das rodovias conforme a inserção, alteração ou exclusão dos dados é feita durante a importação. Inicialmente, não houve implementação de uma rotina específica para realizar as importações, foi apenas criado as transformações no *Data Integration* da Pentaho.

Figura 19 - Função *trigger* de atualização do UPS do trecho.

```
Begin
  if (tg_op = 'INSERT') then
    ups_novo = (new.acidente_sem_vitimas * 1) + (new.acidente_com_feridos * 5) + (new.acidente_com_mortos * 13);

    update trecho t
      set ups = ups + ups_novo
      where t.trecho_id = new.trecho_id;
  else
    if (tg_op = 'UPDATE') then
      select ups
        into ups_atual
        from trecho
        where trecho_id = new.trecho_id;

      ups_antigo = (old.acidente_sem_vitimas * 1) + (old.acidente_com_feridos * 5) + (old.acidente_com_mortos * 13);

      ups_novo = (new.acidente_sem_vitimas * 1) + (new.acidente_com_feridos * 5) + (new.acidente_com_mortos * 13);

      update trecho t
        set ups = (ups - ups_antigo) + ups_novo
        where t.trecho_id = new.trecho_id;
    else
      ups_antigo = (old.acidente_sem_vitimas * 1) + (old.acidente_com_feridos * 5) + (old.acidente_com_mortos * 13);

      update trecho t
        set ups = ups - ups_antigo
        where t.trecho_id = old.trecho_id;
    end if;
  end if;
return new;
End;
```

Fonte: criação do autor.

Em caso de inserção na tabela de "ocorrência", é feito o cálculo do novo UPS, e atualizado na tabela "trecho" acrescentando o novo valor no antigo. Na atualização de valor na ocorrência, caso exista alteração, é feito o cálculo do valor antigo deste UPS, removido da tabela "trecho" e acrescentado o novo valor somado no antigo. E na exclusão é apenas feito a diminuição do UPS desta ocorrência do trecho.

A *trigger* que está na tabela "trecho", atualiza em toda atualização a tabela de rodovia, onde é atualizado o UPS de todos os trechos que pertencem a essa rodovia, como pode ser visto na figura 20.

Figura 20 - Função *trigger* para atualização do UPS da rodovia.

```
Begin
    if (tg_op = 'UPDATE') then
        select sum(ups)
            into ups_novo
            from trecho
            where rodovia_id = new.rodovia_id;

        update rodovia r
            set ups = ups_novo
            where r.rodovia_id = new.rodovia_id;
    end if;
return new;
End;
```

Fonte: criação do autor.

A *trigger* apresentada na figura 20 é mais simples, sendo que em toda atualização existente na tabela de trecho, é feito a soma do UPS de todos os trechos que pertencem a essa rodovia. Desta forma, será mais fácil utilizar relatórios ou apresentar informações no mapa, evitando muita leitura e cálculos em tempo de execução.

3.2.3 Serviços da Google e outros serviços

Para o desenvolvimento do DriveUp foi necessário a utilização de APIs e serviços de manipulação de mapas. A Google *Maps* Javascript API v3 foi escolhida por ser gratuita e dispor de ferramentas que atendem as necessidades do sistema, foi utilizado o serviço de rotas que operam através de solicitações assíncronas a um servidor externo, e o serviço de geolocalização foi utilizado o do próprio HTML 5, apenas com uma chamada no Javascript.

A utilização do Google *Maps* Javascript API exige a criação de uma chave de acesso no Google *Developers Console*. É necessário liberar a ferramenta na conta da Google e adquirir a chave que pode ser solicitada na hora. Com a chave pronta para uso basta adicionar na página HTML o código que está na figura 21.

Figura 21 - Código para utilização da API do Google Javascript API.

```
<html>
  <head>
    <script type="text/javascript"
      src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=API_KEY">
    </script>
```

Fonte: Google, 2015.

Após importar a ferramenta, é necessário criar uma *div* na página e adicionar no código Javascript a chamada do *maps* com seus parâmetros, informando o painel que ela deve estar localizada, da mesma forma que está na figura 22.

Figura 22 - Código Javascript para criação do mapa da Google.

```
function initialize() {  
    var mapOptions = {  
        zoom: 8,  
        center: new google.maps.LatLng(-34.397, 150.644)  
    };  
  
    var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map-canvas'),  
        mapOptions);  
}
```

Fonte: Google, 2015.

Na aplicação, antes da inicialização do mapa, é utilizado o serviço de geolocalização para posicionar o centro do mapa na localização atual do usuário e, para isso, o próprio HTML 5 fornece uma ferramenta que auxilia na busca da posição, como pode ser visto na seção seguinte.

3.2.3.1 Geolocalização

Este serviço é utilizado para buscar a localização do usuário e reposicionar o mapa neste local específico. Para acesso via computadores a busca é feita pelo IP do usuário, já em acesso de dispositivos móveis com disponibilidade de GPS, a busca utiliza para fazer uma localização mais precisa. A figura 23 representa um exemplo de código da utilização da geolocalização, que por sua vez busca em texto a posição do usuário e converte o mesmo para um coordenada geográfica.

Figura 23 - Código de representação do uso do geolocalização.

```
function getLocation() {  
    if (navigator.geolocation) {  
        navigator.geolocation.getCurrentPosition(initialize, showError, {enableHighAccuracy: true});  
    } else {  
        alert("Seu navegador não suporta a Geolocalização.");  
    }  
}
```

Fonte: criação do autor.

Primeiro, é necessário saber se o navegador fornece suporte a geolocalização, após isso ele chama o função responsável por retornar a localização. O primeiro

parâmetro é a função que será chamada em caso de sucesso no retorno, segundo parâmetro é a função que será chamada em caso de falha e o terceiro é um objeto de propriedades. Para aplicação desenvolvida o único atributo utilizado é o que habilita a busca por GPS em caso de dispositivos móveis.

3.2.3.2 Serviço de rotas

A Google Directions API calcula e imprime digitalmente rotas entre uma origem e destino informados por meio de solicitações HTTP e responde em JSON ou XML. As rotas variam conforme o modo de transporte, incluindo transporte público, vias, caminhos para andar a pé ou ciclovias (GOOGLE, 2015). Nos atributos origem e destino são aceitos pontos de referência, endereços ou coordenadas. O Driveup emprega rotas no modo carro, a partir de uma origem e destino informados pelo usuário, junto com a biblioteca do Google *Places* que é um *autocomplete*⁷ de localizações da própria Google.

O serviço de rotas é o ponto principal da aplicação, é através das informações que ele retorna que é possível realizar o cruzamento dos dados com as coordenadas dos quilômetros das rodovias. Este serviço é utilizado de duas formas dentro da aplicação: i) a primeira forma é pela solicitação HTTP dentro do servidor, em código Java. Nessa chamada a aplicação busca do JSON de retorno e processa todas as informações da rota principal e das rotas alternativas, cruza os dados de acidentes de todas as rotas e calcula sua severidade através do UPS, como pode ser visto na figura 24; ii) na segunda forma é usado na parte do cliente, onde é a chamada da função que desenha rota com a cor definida pelo processamento feito no servidor.

⁷ *Autocomplete* é uma função de auto completar de um componente para entrada de texto. Em outras palavras, ele é responsável por auxiliar o usuário a completar a escrita baseado nos registros que existem em uma base de dados.

Figura 24 - Código da representação do uso da Google *Directions* API pelo Java

```
JSONObject json = JSONFromURL.readJsonFromUrl(this.URL_DIRECTIONS);

if (json.getString("status").equals("OK")) {
    JSONArray routes = json.getJSONArray("routes");
    for (int i = 0; i < routes.length(); i++) {

    }

    this.script = "$(document).ready(function() { calcularRota(" + this.cores + "]); });";
    FacesContext.getCurrentInstance().getPartialViewContext().getRenderIds().add("script");
}
```

Fonte: criação do autor.

Com a biblioteca da *Json.org* foi possível criar um método que interpreta o JSON de retorno da chamada aos serviços da Google. Após recuperá-lo, é possível navegar pelo mesmo chamando as classes da biblioteca, dependendo do tipo do dado, como: arrays, objetos, tipos primários como *double*, inteiro e entre outros.

A primeira coisa a ser feita é verificar se o status da solicitação é positivo, depois disso é feito a navegação pelo JSON. Inicialmente é buscado pelo array de rotas e feita a iteração dentro dele buscando todas as rotas possíveis e chamando as funções necessárias para o cruzamento dos dados, que será relatado mais adiante. Ao finalizar os cálculos, é criado o *script* em *Jquery* com a chamada da função responsável por chamar o Google *Directions* pelo *Javascript*, passando por parâmetro a cor de cada rota, que é encontrada através dos cálculos realizados nessa parte do sistema, como pode ser visto na figura 25.

Figura 25 - Chamada do Google Directions API pelo Javascript

```
var request = {
    origin: start,
    destination: end,
    provideRouteAlternatives: true,
    travelMode: google.maps.TravelMode.DRIVING
};

directionsService.route(request, function(result, status) {
    if (status == google.maps.DirectionsStatus.OK) {
        directionsDisplay.setDirections(result);
        pintarRota();
    }
});
```

Fonte: criação do autor.

Na chamada dessa função é passado por parâmetro o vetor de cores referente a cada rota a ser desenhada, o *request* é o objeto utilizado pelo Google *Directions* como

requisição, onde é passado os atributos da solicitação como origem, destino e outras opções da API. Por fim, é chamado a função de rota com o objeto de requisição e a função que será chamada após realizar o *request* ao *webservice*. Nessa função é desenhada digitalmente a rota no mapa e pintada sua cor.

Para melhor desempenho e diminuição da quantidade de memória utilizada pela aplicação, foi optado por adicionar todas as funções com coordenadas no SGBD, pois já que a maior parte das coordenadas utilizadas estão no banco de dados, fica mais fácil apenas mandar as coordenadas da rota para uma rotina no banco e retornar apenas o necessário para apresentar os dados ao motorista e pintar as rotas conforme o UPS.

Desta forma, foram criados três funções para trabalhar com as coordenadas e ocorrências, como pode ser visto na próxima seção.

3.2.4 Trabalhando com coordenadas geográficas

Coordenadas geográficas identificam exatamente qualquer posição na superfície terrestre em graus. A Terra é dividida em latitudes que vão de 0° à 90° a partir da linha do Equador, separando Norte e Sul, e as longitudes vão de 0° a 180° a partir do meridiano de Greenwich, separando Leste e Oeste (MADEIRA, 2009). Elas podem ser notadas em sexagesimal (grau, minuto, segundo) ou em decimal, como é utilizado pelo Google.

Ao considerar que o sistema possa conter coordenadas de um estado inteiro, ou país inteiro, foi necessário pensar em uma solução que diminuísse a quantidade de coordenadas a serem comparadas pelo sistema. Deste modo, no momento que é gerado uma rota é adquirido os pontos mais ao sul e mais ao norte da mesma e desenhado um polígono que abrange todos os extremos, com isso é possível apenas comparar todas as coordenadas que estão dentro deste polígono, diminuindo muito a área de busca.

Assim, foram criados três funções para facilitar os cálculos com as coordenadas: i) esta função recebe por parâmetro quatro listas de numéricos que contém a latitudes da rota, longitudes da rota, latitudes do polígono, longitudes do polígono e um número que indica a distância de comparação das coordenadas. Essa função retorna uma lista de identificadores dos trechos com ocorrências próximo a rota, como pode ser visto na figura 26.

Figura 26 - Função que retorna os trechos com ocorrências próximas à rota.

```
BEGIN
  FOR _rcoordenada IN
    select coo.coordenada_id
           ,coo.latitude
           ,coo.longitude
    from coordenada coo
  LOOP
    _inrota := verificarcoordenada(_rcoordenada.latitude,_rcoordenada.longitude,poligono_lat,poligono_lng);
    IF _inrota THEN
      FOR i IN 1..N LOOP
        _distancia := (fu_distancia(rota_lat[i],rota_lng[i],_rcoordenada.latitude,_rcoordenada.longitude)*1000);
        IF _distancia <= distancia THEN
          _retorno := array_append(_retorno, _rcoordenada.coordenada_id);
          EXIT;
        END IF;
      END LOOP;
    END IF;
  END LOOP;

  RETURN _retorno;
END;
```

Fonte: criação do autor.

Essa função, faz uma busca na tabela de coordenadas e chama; ii) a função responsável por identificar se uma coordenada da base de dados está dentro do polígono da rota, como pode ser visto na figura 27.

Figura 27 - Função para verificar se uma coordenada está dentro de um polígono.

```
BEGIN
  FOR i IN 1..(N) LOOP
    point1_lat := latitudes[i] - latitude;
    point1_long := longitudes[i] - longitude;
    point2_lat := latitudes[(i % n)+1] - latitude;
    point2_long := longitudes[(i % n)+1] - longitude;
    angle := angle + Angle2D(point1_lat, point1_long, point2_lat, point2_long);
  END LOOP;

  IF (abs(angle) < PI) THEN
    _return := false;
  ELSE
    _return := true;
  END IF;

  RETURN _return;
END;
```

Fonte: criação do autor.

Se uma ocorrência está dentro da área a mesma já passa por um *loop* das coordenadas da rota, onde é chamado; iii) a função que retorna distância que essa coordenada está de cada ponto da rota, como pode ser visto na figura 28.

Figura 28 - Função responsável por calcular a distância entre duas coordenadas .

```
BEGIN
  v_delta := cos( radians(p_lng2 - p_lng1) );
  distancia := (acos(cos(radians(p_lat1)) * cos(radians(p_lat2)) * v_delta + sin(radians(p_lat1)) * sin(radians(p_lat2))))*6371);
  distancia := trunc(distancia,2);

  Return distancia;
END;
```

Fonte: criação do autor.

Esta função recebe por parâmetro duas coordenadas e por meio da conversão das coordenadas para radianos e da fórmula representada na figura acima é possível encontrar a distância entre as duas coordenadas. Esse cálculo é baseado na lei dos cossenos da trigonometria esférica e a distância segue a linha geodésica, que é a curva de menor comprimento unindo dois pontos. Como o sistema de coordenadas geográficas do globo terrestre é dividido em hemisférios, é necessário fazer o ajuste desses ângulos limítrofes (MADEIRA, 2009).

Se a distância retornada na função da figura 28, for menor que a distância recebida por parâmetro na primeira função, da figura 26, significa que esta coordenada está próxima a rota e então ela é adicionada a lista que é o retorno da função principal.

Todas essas funções citadas acima são responsáveis por retornar a lista de coordenadas próximas a rota, toda coordenada na base de dados é referente a um trecho. Desta forma, é possível obter todos trechos com ocorrências existentes no caminho. Para que isso seja feito, é necessário fazer uma busca dentro da tabela trecho onde as coordenadas são iguais as que retornam da função da figura 26, como pode ser visto na figura 29.

Figura 29 - Seleção de trechos com ocorrências próximos a rota.

```
SELECT *  
FROM trecho t  
WHERE t.coordenada_id IN (SELECT UNNEST(retornaocorrencias(Array[latitudes_poligono],  
Array[longitudes_poligono],  
Array[latitudes_rota],  
Array[longitudes_rota],  
250)))
```

Fonte: criação do autor.

Com o retorno realizado na busca da figura 29, se tem todos os trechos com ocorrências próximos a rota, com isso é possível calcular o UPS geral da rota baseado na soma do UPS de cada trecho e assim definir a cor que rota será pintada. Além disso, têm-se todas as ocorrências, que torna possível desenhar os marcadores com as informações de todas ocorrências de cada trecho próximo a rota.

3.3 OPERACIONALIDADE

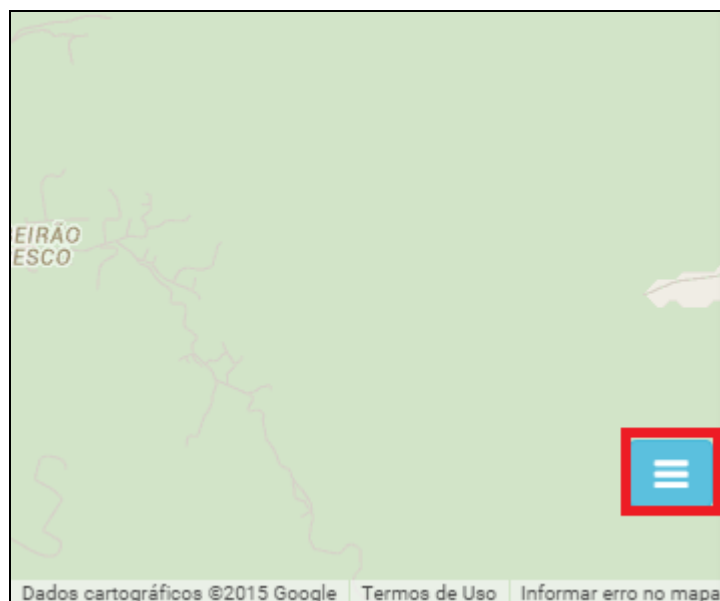
Nesta seção será abordado a operacionalidade da aplicação, questões sobre utilização e manuseio do sistema a nível de usuário. O Driveup pode ser utilizado tanto em navegadores *desktops* como em dispositivos móveis, com acesso a mesma aplicação sem perda de desempenho ou funcionalidade.

3.3.1 Traçar rotas

Ao acessar a URL da aplicação pelo navegador, o sistema apresenta o mapa do Google em toda sua extensão. A centralização do mapa é feita conforme a localização do usuário, caso o mesmo esteja com a geolocalização ativada em seu dispositivo.

Para acessar o menu, onde podem ser realizadas todas as ações do sistema, basta posicionar o mouse sobre o botão com ícone de navegação no canto inferior direito da página, e em dispositivos móveis, basta clicar sobre o mesmo, como pode ser visto na figura 30.

Figura 30 - Acesso ao menu da aplicação

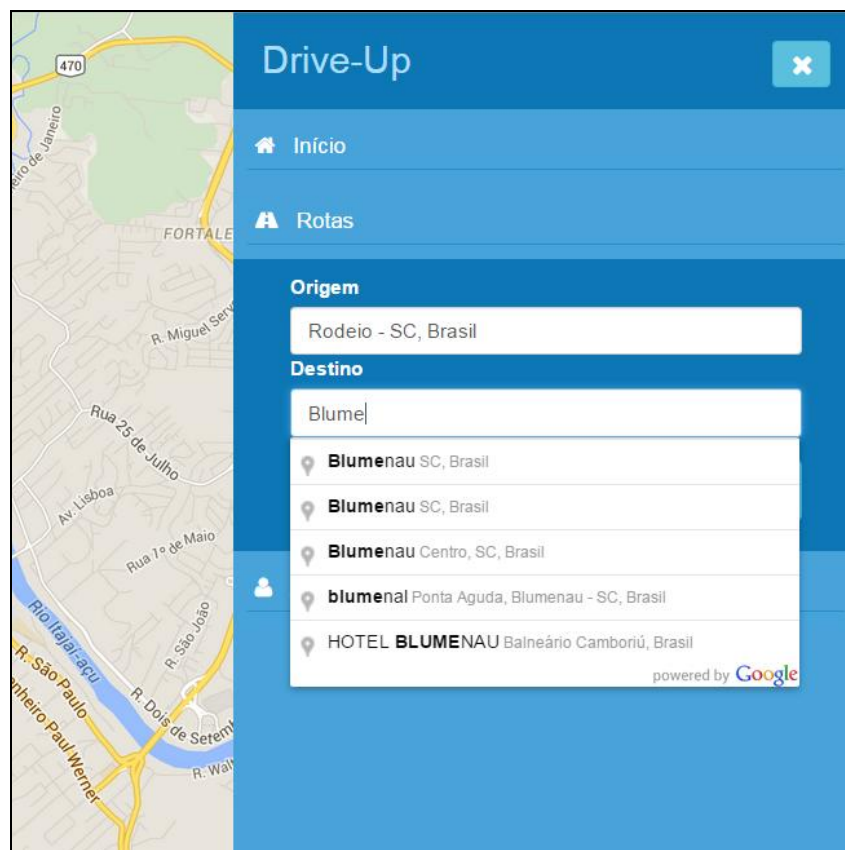


Fonte: criação do autor.

No menu é onde o motorista interage com a aplicação fora o mapa, nele contém o submenu chamado "Rotas", que sempre está aberto ao iniciar o menu. Dentro desse

submenu existe um formulário para informar uma origem e um destino, no qual utiliza a biblioteca do Google *Places*, que funciona como um *autocomplete* dos locais existentes na ferramenta, representado na figura 31.

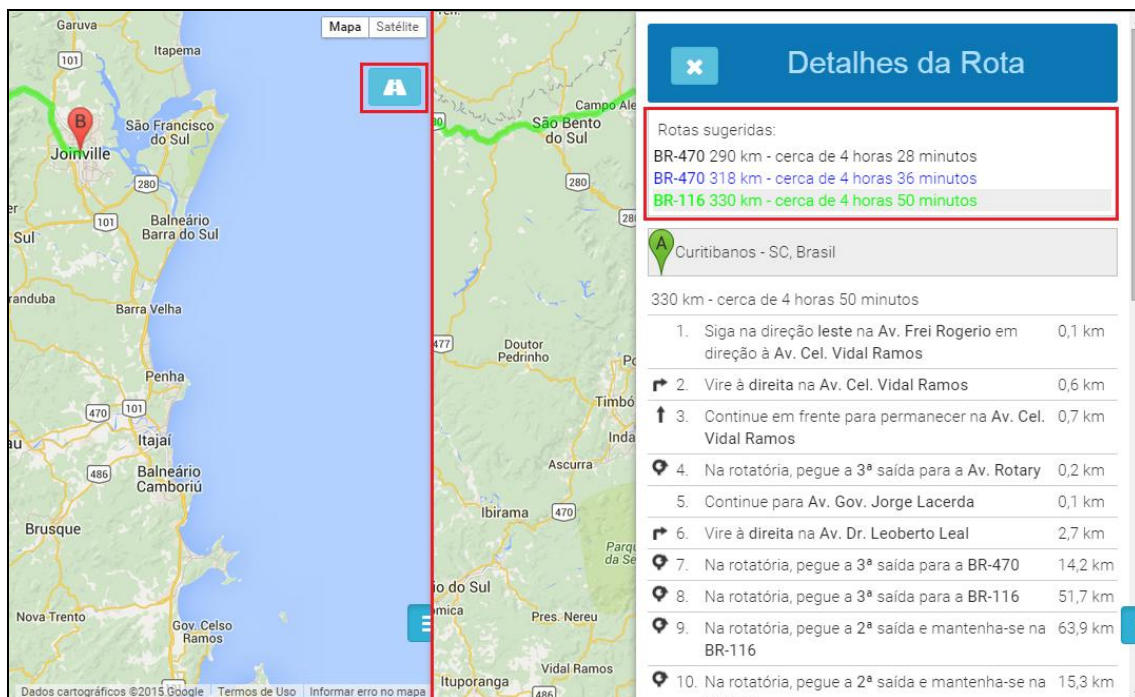
Figura 31 - Traçar rotas no menu com o *autocomplete*



Fonte: criação do autor.

Ao informar a origem e o destino e confirmar a geração da rota, o usuário deve aguardar o processamento do servidor. Após finalizar e trazer a resposta o usuário pode interagir com o Google *Maps*, no canto superior direito é habilitado um botão que apresenta as rotas alternativas e os detalhes da rota, que facilitam a navegação do motorista, como pode ser visto na figura 32.

Figura 32 - Painel de detalhes da rota e rotas alternativas



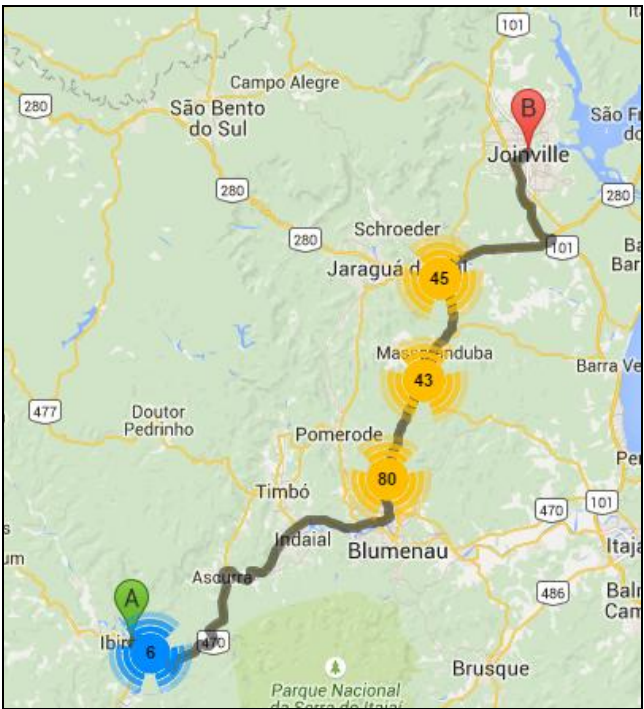
Fonte: criação do autor.

No painel de detalhes da rota, existe também as rotas alternativas, as quais são pintadas conforme a sua periculosidade. Assim o motorista saberá qual delas é a mais segura, como pode ser visto na figura 32. Para visualizar quais trechos de cada rota é mais crítico, basta clicar sobre a rota na lista que o mapa carrega a nova rota com todos os seus detalhes.

Além de poder identificar a periculosidade de todas as rotas disponíveis e saber qual é a mais segura, o usuário também pode visualizar os trechos mais perigosos de cada rota, pois mesmo que a rota seja mais segura que as outras, nada impede que a mesma contenha pontos perigosos em sua extensão.

Ao visualizar uma rota no mapa com o zoom muito distante, é feito o agrupamento dos trechos com pontos de acidentes, para não sobrecarregar o mapa com marcadores. Quanto mais trechos com acidentes, mais quente é a cor do marcador com numeração indicando a quantidade de trechos nesta rota, como pode ser visto na figura 33.

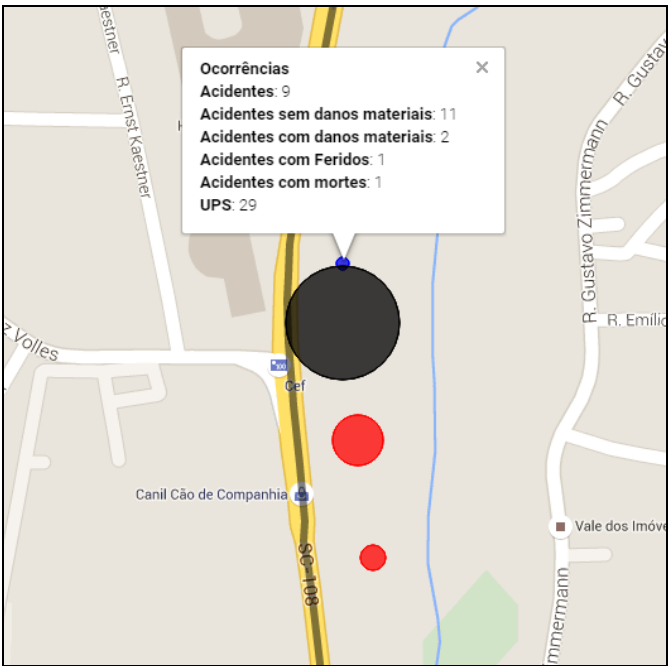
Figura 33 - Trechos com acidentes em uma rota.



Fonte: criação do autor.

Conforme o usuário for aproximando a imagem o agrupamento vai diminuindo até restar apenas os trechos com acidentes, onde é possível clicar sobre o marcador e ver informações sobre as ocorrências do local, conforme a figura 34.

Figura 34 - Painel com detalhe das ocorrências no trecho .



Fonte: criação do autor.

O tamanho do círculo significa a frequência que ocorrem os acidentes e a cor representa o nível de periculosidade dos acidentes naquele trecho é baseado no UPS. A regra para pintar os pontos foi definido da seguinte forma:

- a) UPS menor ou igual a um é azul;
- b) UPS maior que um e menor ou igual a cinco é amarelo;
- c) UPS maior que cinco e menor ou igual a treze é vermelho; e
- d) UPS maior que treze é preto.

Essas regras são baseadas no cálculo do UPS, onde acidentes apenas com danos materiais contém fator 1, acidentes com feridos fator 5 e acidentes fatais fator 13. Desta forma, foram definidos cores mais quentes para trechos mais perigosos e mais frias para trechos menos perigosos.

No painel com detalhes sobre os acidentes que ocorreram no trecho, representado na figura 34, estão informações sobre a quantidade dos acidentes, quantidade de acidentes com danos materiais, sem danos materiais, com feridos e com mortos e, por último, há o cálculo do UPS do trecho, que define sua cor. Com essas informações, o usuário pode visualizar com facilidade os pontos de maior risco de cada rota, além de ter uma visão geral da rota apenas pela sua cor.

Na figura 34 é possível notar que há uma margem de erro entre o ponto e a rota, isso ocorre pois as coordenadas dos trechos são referência do DENATRAN e pode haver uma diferença na quantidade de casas decimais que afetam a precisão desses pontos. Porém, é possível notar essa diferença quando o *zoom* está próximo ao máximo.

Ainda no menu é possível realizar a autenticação de usuários cadastrados e com permissão de acesso no sistema. O acesso aos cadastros e configurações do sistema pode ser feito após a autenticação, onde é liberado mais opções de submenus. Um deles é a tela de configurações do sistema, que apenas pode ser acessada por um usuário administrador. Nesta tela poderá ser alteradas as configurações de comparações de coordenadas e acesso ao *webservice* do Google.

3.3.2 Configurar sistema

As configurações do sistema consistem em definir a URL de acesso ao *webservice* do Google *Directions* API, os parâmetros de comparação das coordenadas e a relação das cores por UPS, como pode ser visto na figura 35.

Figura 35 - Painel de configurações do sistema

Configurações do Sistema

Google Directions URL ⓘ

Comparação Coordenadas **Raio das Coordenadas**

Relação UPS e Cor ⓘ

Severidade	Cor	
50	<div style="background-color: blue; width: 20px; height: 10px;"></div>	<input type="text" value="✎"/> <input type="text" value="✕"/>
250	<div style="background-color: green; width: 20px; height: 10px;"></div>	<input type="text" value="✎"/> <input type="text" value="✕"/>
500	<div style="background-color: red; width: 20px; height: 10px;"></div>	<input type="text" value="✎"/> <input type="text" value="✕"/>
1000	<div style="background-color: black; width: 20px; height: 10px;"></div>	<input type="text" value="✎"/> <input type="text" value="✕"/>





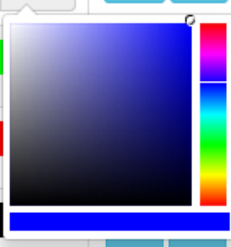

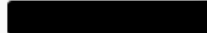
Fonte: criação do autor.

Entre os parâmetros de comparação das rotas está a configuração da intensidade de pontos que serão comparados por rota, que podem ser alto, médio ou baixo. A comparação alta significa que a cada 2 (duas) coordenadas da extensão da rota será usada para cruzar com os dados das ocorrências. A média faz a verificação cada 5 (cinco) coordenadas e a baixa a cada 10 (dez). A segunda configuração é referente ao raio das coordenadas, que implica na extensão das buscas por ocorrências ao redor de cada ponto da rota. Desta forma, se o raio for definido como 100 metros, quando uma coordenada for enviada para cruzamento dos dados, será feito uma busca por todas as ocorrências que estão dentro do raio de 100 metros de cada ponto da rota.

Esta configuração do raio é utilizada para garantir que se houver erro na precisão entre as coordenadas do DENATRAN com as do Google *Maps*, essas coordenadas também sejam retornadas. Além de, garantir que toda a extensão da rota seja atendida, pois nem todos os seus pontos são enviados para comparação.

A relação de cores por UPS serve para que o usuário indique em qual cor a rota vai ser representada no mapa em decorrência da sua periculosidade. Assim, como exemplo que pode ser visto na figura 36, se o UPS da rota, que é a soma do UPS de todas as ocorrências encontradas próximas a rota, for menor ou igual a 50 a rota será pintada de azul. Caso seja menor ou igual a 250 será pintada de verde, caso seja menor ou igual a 500 de vermelho e menor ou igual a 1000 será pintada de preto.

Figura 36 - Configuração da relação do UPS com a cor

Severidade	Cor	
≤ 50	#0000FF	  
250		
500		
1000		

Fonte: criação do autor.

A comparação das relações é feita na ordem crescente, desta forma, a cor da rota será definida na primeira relação que bater os valores. Isso foi feito para evitar cadastro de faixa de valores, o que torna um pouco mais complexo tanto para o usuário quanto para implementação de validações de dados.

Para editar a severidade e a cor basta o usuário clicar sobre o botão com o ícone de um lápis. Para salvar sua alteração basta clicar sobre o botão com o ícone de *check* e caso for necessário cancelar a alteração é só clicar sobre o botão cancelar. Para excluir a relação basta clicar sobre o botão excluir, ao lado do botão editar, e confirmar a ação.

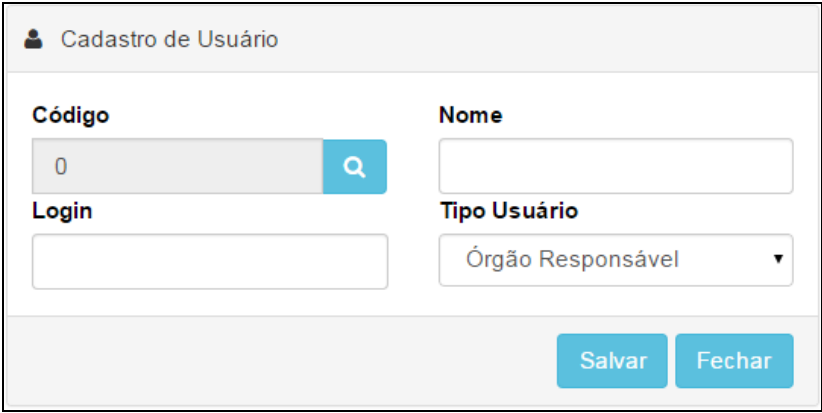
A aplicação conta também um cadastro de usuário e configuração da conta do usuário, um serviço mais limitado que, devido a restrição de tempo, no momento conta apenas com alteração de senha.

3.3.3 Cadastro e configuração de usuário

Um usuário administrador tem a possibilidade de cadastrar novos usuários para utilização do sistema, que pode ser outros usuários administradores, órgãos responsáveis e motorista. Entretanto, usuários do tipo motorista ainda não possuem acesso permitido, e usuários do tipo órgão responsável pode apenas emitir o relatório de UPS por rodovia e estado.

Nesta página é necessário informar um nome de identificação do usuário, seu *login* de acesso e a senha é sempre salva uma padrão, como pode ser visto na figura 37, após isso o usuário poderá entrar em seu perfil e alterar sua senha.

Figura 37 - Cadastro de usuário

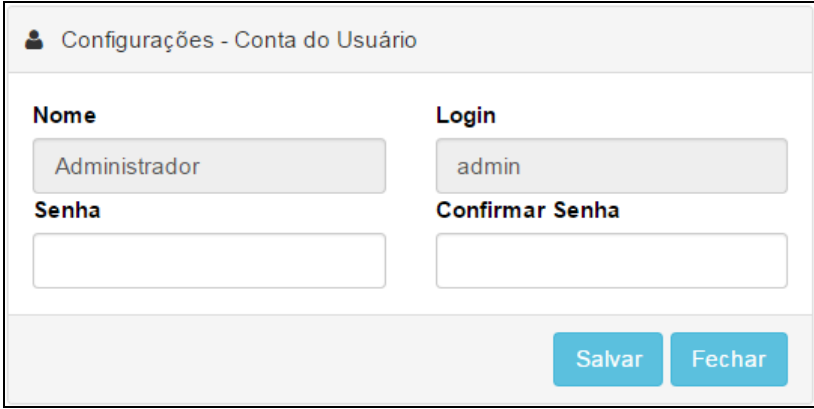


O formulário 'Cadastro de Usuário' possui os seguintes campos: 'Código' com o valor '0' e um ícone de lupa; 'Nome' com um campo de texto vazio; 'Login' com um campo de texto vazio; 'Tipo Usuário' com um menu suspenso selecionando 'Órgão Responsável'; e dois botões 'Salvar' e 'Fechar' na base direita.

Fonte: criação do autor.

Ainda no cadastro de usuário é necessário informar o tipo deste usuário, o que determina os seus privilégios na aplicação, como pode ser visto na figura 38. Nas configurações da conta, o usuário poderá apenas alterar sua senha atual.

Figura 38 - Painel para alterar senha



O formulário 'Configurações - Conta do Usuário' mostra os dados atuais: 'Nome' como 'Administrador' e 'Login' como 'admin'. Abaixo, há campos para 'Senha' e 'Confirmar Senha', ambos vazios. Na base direita, há os botões 'Salvar' e 'Fechar'.

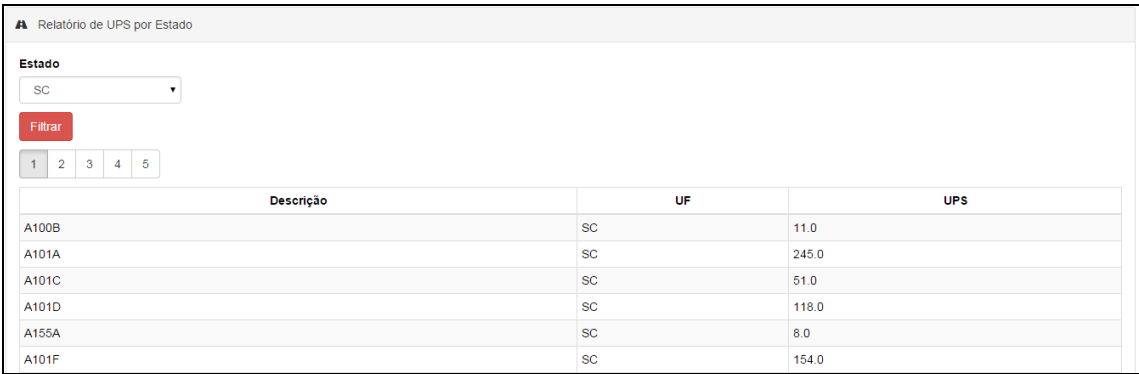
Fonte: criação do autor.

No menu também há opções para emissão de relatórios, atualmente existe o relatório de UPS por rodovia de cada estado e pode apenas ser acessado por órgãos responsáveis e por administradores.

3.3.4 Relatórios

Um usuário administrador ou órgão responsável pode emitir relatórios detalhados no sistema. Atualmente existe a opção para emitir o relatório sobre o UPS de todas as rodovias dos estados cadastrados. Para isso basta o usuário autenticado acessar o submenu de relatórios e selecionar o relatório desejado, que no caso é o relatório de UPS. Nesta página o usuário deve selecionar o Estado de onde ele quer saber os dados e clicar sobre o botão "Realizar busca", que o sistema se encarrega de trazer as informações, como pode ser visto na figura 39.

Figura 39 - Tela para emissão do relatório de UPS.



Estado
SC

Filtrar

1 2 3 4 5

Descrição	UF	UPS
A100B	SC	11.0
A101A	SC	245.0
A101C	SC	51.0
A101D	SC	118.0
A155A	SC	8.0
A101F	SC	154.0

Fonte: criação do autor.

Como todo Estado possui muitas rodovias, foi adicionado a opção de paginação da tabela que apresenta os dados, desta forma, cada página apresenta 20 registros, o que pode facilitar a visualização para o usuário.

3.4 VALIDAÇÃO DA USABILIDADE E INTENÇÃO DE USO

Teste de usabilidade é uma técnica utilizada para avaliar produtos ou serviços, sendo o teste realizado com usuários representantes de um público-alvo da aplicação. Todo participante tenta realizar tarefas típicas no sistema e responde um formulário ou

utiliza a ferramenta enquanto um analista avalia e anota as dificuldades de cada usuário (DAVIS, 1989).

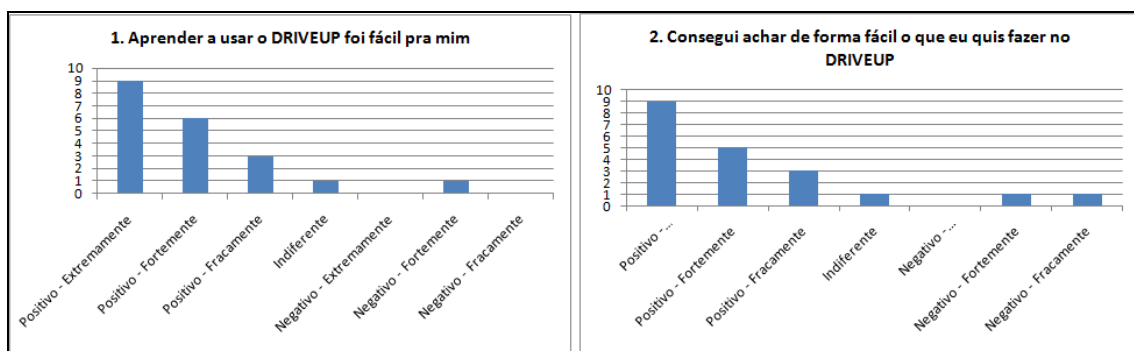
A intenção de uso também faz parte do teste de usabilidade e identifica o potencial e a necessidade de uso da ferramenta na população ou no público-alvo da aplicação desenvolvida (DAVIS, 1989). Esse teste pode ser aplicado em conjunto com o teste de usabilidade, como é o caso do teste realizado para o DriveUp, no qual todos os usuários receberam um formulário com 14 perguntas, dentre elas 10 de usabilidade e 4 sobre a intenção de uso.

O teste não teve um público-alvo específico, foi aplicado com diversas pessoas, dentre elas pessoas da área de tecnologia da informação, professores de ensino fundamental, professores universitários, crianças. No total, foram respondidos 20 formulários e, apesar de não ser um número significativo, foi possível perceber alguns pontos fracos de usabilidade, bem como saber a atratividade da aplicação.

Foram distribuídos por e-mail aos participantes, nos dias 11 e 12 de Junho de 2015, o *link* de acesso à aplicação e o questionário para avaliação. Foi solicitado aos usuários que utilizassem o sistema e respondessem o questionário enviado, que pode ser visualizado no apêndice B.

O resultado da avaliação foi positivo, sendo a aplicação foi bem aceita pelos usuários. Entretanto, alguns problemas de usabilidade foram relatados, nem todos os usuários conseguiram se localizar e tiveram dificuldades iniciais com a aplicação, como pode ser visto nos gráficos da figura 40.

Figura 40- Perguntas 1 e 2 do questionário.

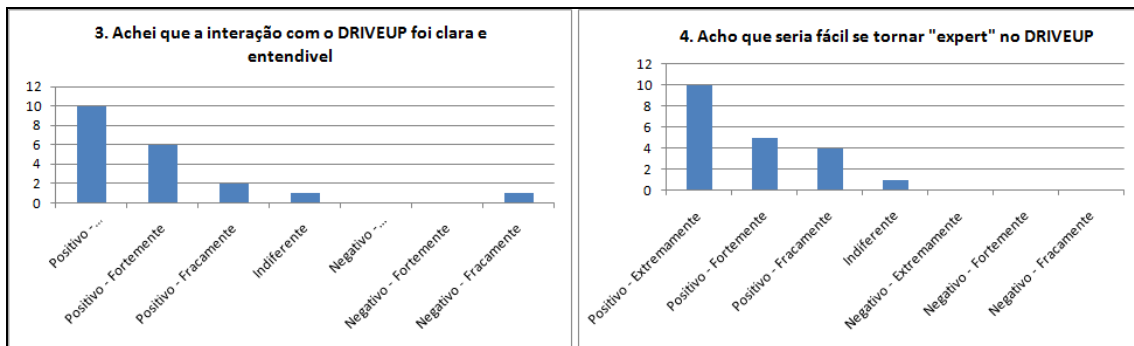


Fonte: criação do autor.

Os resultados da figura 40 representam a dificuldade de uso, e com os números apresentados, é possível verificar que nem todos conseguiram interagir de maneira fácil

com a aplicação. Entretanto, os gráficos da figura 41 indicam que, após uma primeira interação, o sistema se apresenta simples e seria fácil se tornar experiente na utilização do mesmo.

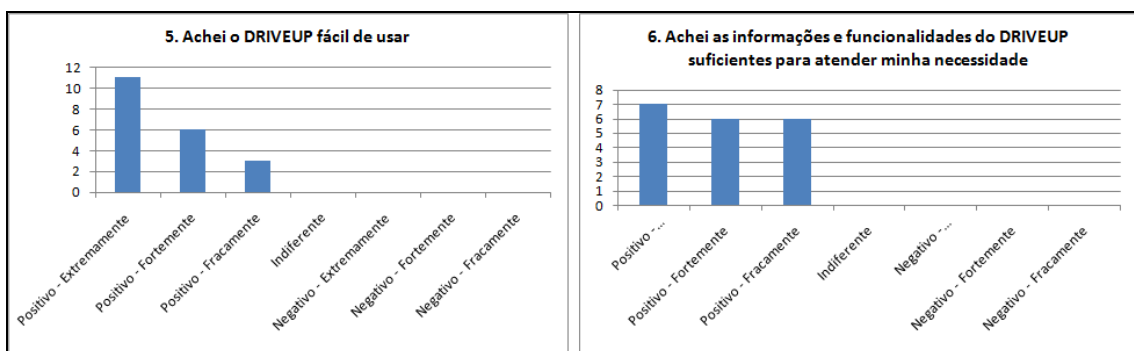
Figura 41 - Perguntas 3 e 4 do questionário.



Fonte: criação do autor.

Como o sistema é pequeno e não possui diversas funcionalidades, fica claro que as pessoas aprenderam rapidamente como utilizá-lo e que não esqueceriam facilmente como ele funciona. A figura 42 representa isso, especificamente no gráfico que representa a pergunta número 5.

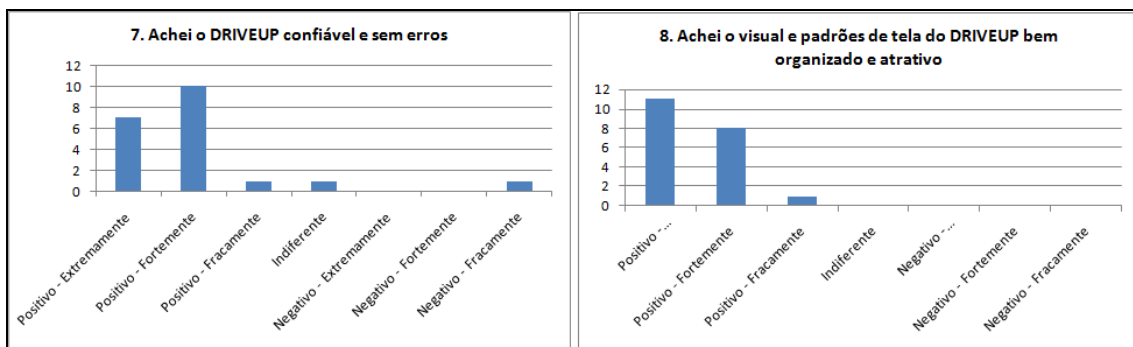
Figura 42 - Perguntas 5 e 6 do questionário.



Fonte: criação do autor.

A pergunta número 6, na figura 42, indica que o objetivo do DriveUp atende a necessidade das pessoas que buscam as informações de acidentes por onde elas vão viajar. Na questão 7, apresentada na figura 43, indica que, para o grupo de participantes, a fonte dos dados pode ser duvidosa, ou talvez apenas não há segurança nos dados apresentados.

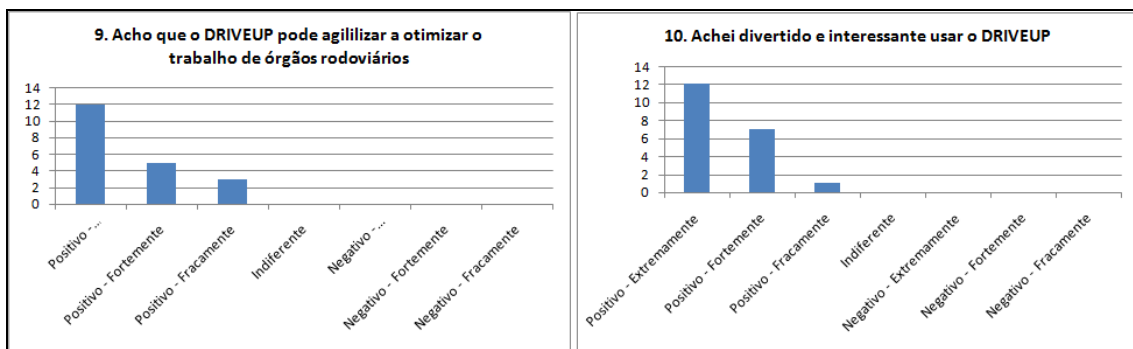
Figura 43 - Perguntas 7 e 8 do questionário.



Fonte: criação do autor.

A questão 8, na figura 43, indica que o *layout* da aplicação está de uma forma agradável ao usuário, porém, como visto nas questões 1 e 2, em um primeiro momento o visual acaba discordando dos padrões que os usuários conheciam. A questão 9, na figura 44, indica que o DriveUp, pode auxiliar os órgãos rodoviários e responsáveis a otimizar seu trabalho e cuidar da segurança da população.

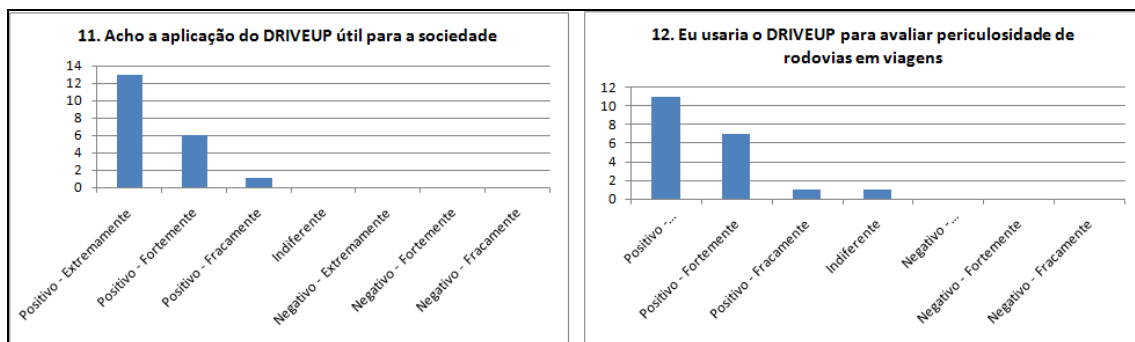
Figura 44 - Perguntas 9 e 10 do questionário.



Fonte: criação do autor.

A questão 10, na figura 44, é relacionada a interação do usuário com a ferramenta, para saber se a utilização do mesmo é agradável, e segundo os resultados é possível identificar que a aplicação atende satisfatoriamente os usuários nesse quesito. As próximas questões do questionário são referentes a intenção de uso, figura 45, contém as perguntas 11 e 12, que tentam ressaltar a importância da aplicação para os participantes e o resto da população.

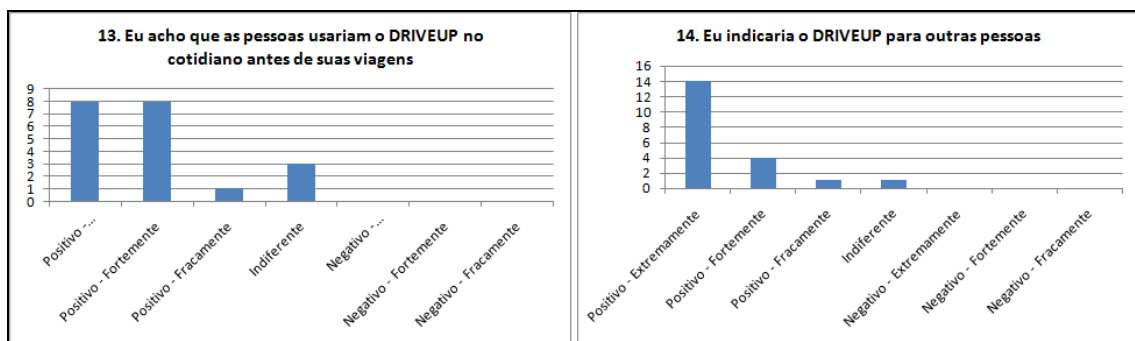
Figura 45 - Perguntas 11 e 12 do questionário.



Fonte: criação do autor.

As perguntas 13 e 14, na figura 46, também ressaltam a importância do DriveUp, e é possível identificar que a aplicação, para os participantes, é útil para a sociedade e os órgãos responsáveis.

Figura 46 - Perguntas 13 e 14 do questionário.



Fonte: criação do autor.

Para fazer uma análise geral dos resultados, é possível dizer que o DriveUp é uma ferramenta útil para a sociedade e, além disso, é uma ferramenta agradável de se usar e não apresenta dificuldades em sua utilização, apenas alguns problemas nos padrões de ergonomia, o que dificulta a usabilidade em um primeiro momento. Na tabela 5, está uma relação geral da avaliação para identificar numericamente os resultados.

Tabela 5 - Análise geral dos resultados do questionário.

Qualidade Resposta	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Quantidade	144	89	31	10	3	2	0
Proporção	51,61%	31,90%	11,11%	3,58%	1,08%	0,72%	0%

Fonte: criação do autor.

Com os dados da tabela 5, podemos notar que a maioria das opiniões estão localizadas no lado mais positivo, onde 51,61% das pessoas que participaram do teste

de usabilidade, consideram a aplicação extremamente positiva, e 0% delas consideram algum ponto da aplicação extremamente negativo. Outra informação relevante é que 94,62% das pessoas consideram a aplicação positiva e apenas 1,8% consideram algum ponto negativo e 3,58% são neutros ou indiferentes em alguns pontos da aplicação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi proposto desenvolver uma aplicação para plataforma web capaz de traçar rotas e cruzá-los com as coordenadas referentes aos acidentes ocorridos em toda sua extensão, apresentando o índice e a gravidade dos acidentes, indicando ao usuário rotas perigosas e alternativas mais seguras, se possível. Essa aplicação pode contribuir para o aumento da segurança nas estradas e na atenção dos motoristas, bem como auxiliar os órgãos responsáveis pela segurança e administração das rodovias a tomarem medidas preventivas no controle dos acidentes com maior precisão identificando os pontos mais críticos.

Para desenvolvê-lo, foram utilizados recursos de mapas da Google *Maps* Javascript API para interagir com o mapa e os serviços do Google *Directions*, utilizado para traçar as rotas. Também foi utilizado o *framework* JSF 2.2 para o desenvolvimento web na linguagem Java, com auxílio do *Bootstrap* para desenvolver o design responsivo. O SGBD foi o *PostgreSQL* e a interação com o banco de dados foi feita com o JDBC. A integração dos dados do BPMRV das rodovias Estaduais foi feita com o *Pentaho Data Integration*.

Essa aplicação web se destaca por mostrar visualmente e graficamente a situação das rodovias, colaborando para o bem social em auxiliar os órgãos responsáveis pela administração das rodovias, além de ajudar o motorista a detectar trechos de perigo e rotas perigosas, aumentar sua atenção nas ruas e garantir um passeio mais seguro.

Os dados utilizados na versão piloto foram fornecidos pelo BPMRV de Santa Catarina, que possui dados dos acidentes por quilômetro de todas as rodovias estaduais e alguns dados da BR101. Os dados integrados foram referente a todo o ano de 2014 e, junto com o auxílio do DEINFRA, foi possível recuperar as coordenadas das rodovias por quilômetro, o que facilitou as buscas pelo Google.

A partir desta aplicação, apareceram diversos trabalhos futuros interessantes e que, dependendo do reconhecimento do projeto, poderão ser implementados. Entre eles: o desenvolvimento para plataforma móvel; a integração com algum sistema de GPS, talvez o próprio do Android, para emitir alertas ao motorista; e desenvolver uma área de

análise para servir de auxílio à Polícia Rodoviária Federal ou outros órgãos responsáveis.

Com a avaliação de usabilidade foi possível identificar que aplicação obteve resultado positivo quanto a sua utilização e relevância social, onde 94,62% das pessoas consideram a aplicação positiva e apenas 1,8% consideram algum ponto negativo e 3,58% são neutros ou indiferentes em alguns pontos da aplicação. Em uma outra análise teórica, pode-se dizer que a aplicação atingiu seus objetivos positivamente, mas ainda contém pontos para melhorar e se tornar abrangente e atingir toda a população.

Ao finalizar o desenvolvimento da aplicação DriveUp, foi possível identificar que os objetivos foram alcançados, já que é possível traçar rotas e indicar aos usuários localidades mais perigosas e trazer possíveis rotas alternativas que o Google *Maps* API disponibiliza. Além disso, graças aos dados fornecidos pelo BPMRV e do DENATRAN, todos os dados disponíveis são reais e referentes ao ano de 2014, porém foi apenas possível definir uma fonte de dados com informações das rodovias estaduais de Santa Catarina. E segundo ao teste de usabilidade, a aplicação é bem organizada, tem visual atrativo e é fácil de utilizar, de certa forma o teste se mostrou positivo quanto a análise da interface do usuário e impacto de uso, ou seja, a ferramenta de potencial para se disseminar pela população.

REFERÊNCIAS

- ABNT - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 10697 e NBR 6067. Disponível em <<http://www.abntcatalogo.com.br/>>. Acesso em: 22 de Outubro de 2014.
- CAKAR, B.; et al. **Factors Affecting Police Officers' Acceptance Of Gis Technologies: A Study Of The Turkish National Police**. University of North Texas, Dissertation prepared for degree of Doctor of Philosophy, 2011.
- BOOTSTRAP, **Bootstrap**, v3.3.4. São Francisco, Califórnia, Estados Unidos: Twitter, 2015.
- BOTTESINI, G. **Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas**. Porto Alegre, 2010. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BRANDÃO, L. M. **Discussão sobre métodos para identificação de locais críticos em acidentes de trânsito no Brasil**. Campinas, São Paulo, 2007. Trabalho de apresentação na disciplina de Infraestrutura Viária.
- BRASIL. **Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1997.
- BPMRV, Batalhão da Polícia Militar Rodoviária - SC. **Dados estatísticos do ano de 2015**. Disponível em < <http://www.pmr.v.sc.gov.br/dadosEstatisticos.do> > Acesso em 03 de Fevereiro de 2015.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. (1996). **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos: INPE.
- CÂMARA, G.; Davis, C.; MONTEIRO, A. M. V. (2001) **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE.
- CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUIROZ, G. R. (2005). **Bancos de Dados Geográficos**. MundoGeo. 506 p.
- CRASHMAP, **Crashmap** - Public Access to Road Safety Data. Grã-Bretanha: Crashmap, 2011. Disponível em < <http://www.crashmap.co.uk/> > Acesso em 15 de Junho de 2015.

DAVIS, F. D. **Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology**. MIS Quarterly, Vol. 3, No. 3, pg. 319-340. Management Information System Research Center, University of Minnesota, 1989.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Estatísticas de Acidentes** - 2015. Disponível em < <http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes>> Acesso em 05 de Fevereiro de 2015.

SPARX SYSTEMS, **Enterprise Architect**, v8.0.3. Austrália: Sparx Systems, 2010.

FLORIANO, D.; SANTOS, F.; MELO, D. K. R.; SCOZ, D. P.; SEVEGNANI, J. A. **SIGMAOn - Sistema de Informação Geográfica para Monitoramento de Alagamentos On-line**. In: 5º Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA), 2014, Brasília. Anais do 5º Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA), 2014.

GARONE, E. **O que é Design Responsivo**. PrinciWeb, 2012. Categoria Front-End. Disponível em < <http://www.princiweb.com.br/blog/front-end/css/o-que-e-design-responsivo.html>> Acesso em 06 de Junho de 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 2009. EAD-UFRGS. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em 03 de abril de 2014.

GOOGLE. **Google Maps API** – 2014. Disponível em <<https://developers.google.com/maps/>> Acesso em 18 de outubro de 2014.

GUEDES, G. T. A. **UML 2: Uma abordagem prática**. São Paulo: Novatec, 2009.

GOOGLE. **Google Maps API** - 2015. Disponível em <<https://developers.google.com/maps/>> Acesso em 03 de Fevereiro de 2015.

INCT, Observatório de Metrôpoles. **Crise da mobilidade urbana: motorização sem fim?** – 2013. Disponível em < http://www.observatoriodasmetropoles.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=685%3Abrasil-atinge-a-marca-de-70-milh%C3%B5es-de-ve%C3%ADculos> Acesso em 29 de Outubro de 2014.

JSON, **Introdução ao JSON**. Disponível em < <http://json.org/json-pt.html>> Acesso em 05 de Junho de 2015.

MADEIRA, D. **Distância entre coordenadas geográficas**. Dan Scientia, 2009. Disponível em < <http://dan-scientia.blogspot.com.br/2009/05/distancia-entre-coordenadas-geograficas.html>> Acesso em 27 de Maio de 2015.

ORACLE, **NetBeans**, v8.0. Califórnia, Estados Unidos: Oracle Corporation, 2015.

PENTAH0, **Pentaho**, v4.4.0. Orlando, Flórida, Estados Unidos: Pentaho, 2012.
POSTGRESSQL, **PostgresSQL**, v9.4. Berkeley, Califórnia Estados Unidos: PostgreSQL Global Development Group, 2015.

SANTOS, L.; RAIA, A. A. **Análise Espacial De Dados Geográficos: A Utilização Da Exploratory Spatial Data Analysis - Esda Para Identificação De Áreas Críticas De Acidentes De Trânsito No Município De São Carlos (SP)**. Uberlândia - SP, 2006. Sociedade & Natureza, Uberlândia.

SIGMAOn. **Sistema de Informação Geográfica para Monitoramento de Alagamentos Online** – 2014. Disponível em <<http://bsi.ceavi.udesc.br:8080/sigmaon>> Acesso em 21 de Outubro de 2014.

SILVA, A. C. R. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade**: orientações de estudos, projetos, artigos, relatórios, monografias, dissertações, teses. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

TEIXEIRA, J. F.O. **Mapeamento e análise dos acidentes de trânsito na cidade de Catanduva, SP com auxílio de sistema de informações geográficas – SIG**. Araraquara, 2012. Dissertação para Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – Centro Universitário de Araraquara.

VIAS SEGURAS, **IPEA estima custo anual com acidentes em R\$ 40 bilhões** – 2012. Disponível em <http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/custo_dos_acidentes_de_transito/ipea_estima_custo_anual_com_acidentes_em_r_40_bilhoes> Acesso em 21 de Outubro de 2014.

VIAS SEGURAS, **Estatísticas de acidentes no estado de Santa Catarina** – 2013, Disponível em <http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_estaduais/estatisticas_de_acidentes_no_estado_de_santa_catarina> Acesso em 26 de Outubro de 2014.

W3C. **Extensible Markup Language (XML)**, 2015. Disponível em <<http://www.w3.org/XML/>> Acesso em 05 de Junho de 2015.

APÊNDICE A - ARTIGO RELACIONADO AO TRABALHO

DRIVEUP - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA AUXILIAR A CIRCULAÇÃO SEGURA EM RODOVIAS

Diogo Floriano¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina

diiogofloriano@gmail.com

Resumo

O trânsito é essencial para qualquer país em desenvolvimento, é por meio dele que pessoas e bens se movimentam. Entretanto quando mal planejado, pode trazer consequências ruins à sociedade, como é o caso dos acidentes. O desenvolvimento deste trabalho procura contribuir na atenção dos motoristas para as áreas de risco, bem como auxiliar os órgãos responsáveis na segurança e administração das rodovias. O objetivo foi desenvolver uma aplicação para plataforma web, baseada em SIG (Sistema de Informação Geográfico), para traçar rotas com parâmetros de entrada que indique aos usuários trechos de maior risco, ou até rotas alternativas mais seguras caso existam, com base na localização e gravidade dos acidentes nas rodovias, por meio dos dados adquiridos de órgãos responsáveis. Com esse objetivo foi possível alcançar um resultado positivo quanto ao funcionamento da ferramenta, com a base de dados regularmente preenchida a aplicação é capaz de cruzar os dados de forma precisa, rápida e trazer com confiabilidade os dados das rotas para o usuário de uma forma visualmente agradável. O desenvolvimento iniciou-se na busca dos dados, após isso foi feito o desenvolvimento do aplicativo, onde a ideia foi possibilitar o uso em todos os aplicativos, então foi implementado uma aplicação na plataforma web responsiva, onde todo o processamento de dados é feito no lado do servidor e o cliente apenas desenha os dados no mapa.

Palavras-chave: Trânsito. Rodovias. Segurança. Google Maps.

Abstract

The traffic is essential for any country in development, it is through him that people and property move. However when poorly designed, can bring bad consequences to society, as in the case of accidents. This paper seeks to contribute to the attention of drivers in the areas of risk and assist the entities for security and administration of highways. The objective was to develop an application for web platform based on GIS (Geographic Information System) to map routes with input parameters that indicate users greater risk snippets, or even more secure alternative routes if any, based on location and severity of accidents on the roads, through the data acquired from responsible entities. With this objective was possible to achieve a positive result on the operation of the tool, with the regularly filled database the application is able to cross the data accurately, quickly and reliably bring the data routes to the user in a pleasant visually way. The development started in search of the data and after this the develop of application begins, where the idea was to allow use in all devices, so it was implementing a responsive web application where all the data was process on the server side and the client side just draw on the map.

Keywords: Traffic. Highways. Security. Google Maps.

1. Introdução

O trânsito é essencial para qualquer país em desenvolvimento, pois é por meio dele que pessoas e bens se movimentam, possibilitando o giro da economia e o crescimento do desenvolvimento sócio-econômico. Já quando mal planejado, o trânsito pode trazer consequências ruins à sociedade, como é o caso dos acidentes (TEIXEIRA, 2012), todo ano aumenta o número de mortos em consequência de acidentes, e hoje está entre as principais causas de morte no mundo.

Mortes em acidentes de trânsito ocupam a nona posição no ranking mundial, o que preocupa a ONS (Organização Mundial da Saúde) a qual informa que, no ano de 2030, se não houver redução na tendência dos acidentes, as mortes chegarão a 2 milhões, igualando as mortes causadas pela AIDS, que é uma das principais causas de mortes em países em desenvolvimento (SANTOS, RAIA, 2006). Além disso, acidentes de trânsito ocupam a sexta posição no ranking nacional de causas de morte, o que torna essa situação mais crítica dentro do Brasil e preocupa os órgãos responsáveis que anualmente buscam programas para frear esses incidentes (BOTTESINI, 2010).

O aumento do número de acidentes ocasionou, como consequência, um aumento nos gastos para os cofres públicos, que além de causar o sofrimento aos familiares das vítimas os acidentes implicam em um custo elevado a sociedade. O IPEA em 2012 estimou que os acidentes de trânsito nas rodovias nacionais tiveram um custo anual de R\$40 bilhões, valor equivalente a 0,91% do PIB nacional, considerando que o PIB brasileiro no ano de 2012 foi de R\$4,403 trilhões (VIAS SEGURAS, 2012).

Por meio do desenvolvimento deste trabalho procura-se contribuir para o aumento da segurança nas estradas e na atenção dos motoristas, bem como auxiliar os órgãos responsáveis pela segurança e administração das rodovias a tomarem medidas preventivas no controle dos acidentes.

O objetivo foi desenvolver uma aplicação para plataforma web, baseada em SIG (Sistema de Informação Geográfico), para traçar rotas com uma origem e destino que indique aos usuários trechos de maior risco, ou até rotas alternativas mais seguras, com base na localização e gravidade dos acidentes nas rodovias, por meio dos dados adquiridos de órgãos responsáveis.

Para cumprir com o objetivo utilizou-se a API do Google Maps como SIG já que suas ferramentas e serviços tornaram possível a representação dos dados no mapa junto com as rotas. Como fonte de dados sobre os acidentes foi utilizado o banco de dados do BPMRV (Batalhão da Polícia Militar Rodoviária), que contém dados sobre os acidentes das rodovias estaduais de cada mês/ano do estado de Santa Catarina, sendo que para o trabalho foram utilizados todos os dados do ano de 2014.

O trabalho está classificado como uma pesquisa qualitativa, já que seu desenvolvimento possui um caráter exploratório (GERHARDT, 2009). Durante o desenvolvimento o foco era a qualidade dos dados utilizados como fonte para preenchimento do banco de dados. Se fez necessário também o uso da pesquisa exploratória, para que fosse possível se familiarizar com o problema e torná-lo mais claro (SILVA, 2006), portanto, o conhecimento adquirido durante sua produção foi importante para eleger as melhores opções de desenvolvimento.

2. DRIVEUP - Navegação segura em rodovias

Para desenvolvimento do DriveUp foi necessário a utilização do Google Maps API e seus serviços, dentre eles o Google Directions. Essa API é um SIG (Sistema de Informação Geográfico) e disponibiliza recursos para manipulação e tratamento de dados em sua plataforma.

Então, para utilizo se fez necessário um estudo sobre esse tipo de ferramenta e especificamente a documentação do Google.

2.1.Sistema de Informação Geográfico

Um SIG é um sistema que tem por finalidade o armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Esses dados representam um fato, objeto ou fenômeno associado à localização (qualquer coordenada geográfica) do mesmo sobre a superfície da Terra em um período de tempo (CÂMARA et al. 1996).

Segundo (CASANOVA et al., 2005), o diferencial que um SIG possui sobre os outros sistemas de informações existentes, é a capacidade de armazenar aspectos geométricos de diferentes dados geográficos.

Um SIG pode ser classificado como um composto de componentes, dentre eles a interface com o usuário; a entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação dos dados. Mas isso pode variar de acordo com os objetivos e a necessidade do sistema (CÂMARA et al. 1996).

Para o desenvolvimento do projeto foi escolhido como plataforma o Google Maps, um SIG completo, de livre acesso e de fácil utilização pelo usuário final, que conta com uma API de integração em web sites. Além de contar com serviços necessários para a aplicação, como o serviço de rotas e geocodificação.

2.2.Google Maps API

A *Google Maps API (Application Programming Interface*, em português Interface de Programação de Aplicações) é uma ferramenta que permite o desenvolvedor incorporar o Google Maps em uma página web. A última versão disponível também pode ser aplicada em dispositivos móveis bem como em navegadores padrões para desktop. A ferramenta disponibiliza diversos utilitários para manipulação de mapas e também a adição de recursos ao mapa por meio de serviço disponibilizados pela Google (GOOGLE, 2015).

Apenas com uma conta da Google é possível utilizar esta API para desenvolvimento, a qual possui uma licença gratuita com limite de requisições aos serviços e outro para empresas sem nenhuma restrição de uso, mas requer um registro diferenciado (GOOGLE, 2015).

A API permite o desenvolvimento na linguagem javascript e junto com o mapa e seus recursos, estão disponíveis os serviços, como o de rotas e o de geocodificação que serão utilizados no desenvolvimento do projeto, além de outros como o a matriz de distância, o de elevação e o Google Places. Estes serviços são requisições para os servidores da Google, utilizam solicitações via HTTP ou HTTPS para URLs específicas para cada serviço e retornam os dados em JSON ou XML (GOOGLE, 2015).

2.2.1.Serviço de Rotas

A *Google Directions API* retorna as coordenadas referentes a uma rota informada com origem e destino informado e é possível imprimir digitalmente esta rota no mapa por meio do javascript alterando componentes direto no mapa.

As rotas são calculadas conforme o modo de transporte, que são transporte público, vias, caminhos para andar a pé ou ciclovias. São aceitos pontos de referência, endereços ou coordenadas como entrada para o serviço (GOOGLE, 2014). O Driveup utiliza o modo de rotas a carro e a partir da origem e destino informado pelo usuário, são exibidas as rotas e suas informações que foram importadas para a base de dados da aplicação.

Este serviço então é responsável por tudo o que é relacionado ao trânsito, rodovias, trajetos e estradas de toda a API do Google, desta forma ela se faz essencial para o trabalho desenvolvido, já que o seu foco está nesses pontos citados.

3. Trânsito

O ser humano, os veículos e as vias, inseridos em um só fator chamado meio-ambiente, podem ser considerados a composição do trânsito de uma forma geral, e estes fatores possuem uma interação entre si. A via interage com o veículo pelo seu pavimento e geometria, o veículo interage com o ser humano por meio de seus controles e instrumentos de direção e por fim, o motorista interage com o veículo e com a via pelos meios físicos (visão, percepção, força, etc), psicológicos (emoções) e cognitivos (tomada de decisão, reflexos) (BOTTESINI, 2010).

Estes fatores são responsáveis por manter o equilíbrio no sistema de trânsito. O motorista sobre o controle do veículo extrai informações deste sistema, interpreta e toma decisões que se tornam ações no veículo, esta é uma fórmula segura e eficiente. Um acidente de trânsito pode ser considerado uma falha neste sistema, uma falha em um ou mais fatores que o compõem (BOTTESINI, 2010).

4. Acidentes de trânsito

Um acidente de trânsito aborda diversas variáveis que compõem o seu cálculo, entre elas: danos pessoais e familiares; danos materiais; atendimentos públicos; gastos da previdência em pensões, auxílio e reabilitações; processos jurídicos; seguros; perda de produção; gastos com combustíveis em congestionamentos; e custo funerário, se for o caso. Estes fatores variam com o grau do acidente, sua localidade, quantidade de vítimas e a extensão dos ferimentos (TEIXEIRA, 2012).

O trânsito é essencial para qualquer nação em desenvolvimento, ou não, pois é através dele que tudo se movimenta, seja pessoas ou bens, permitindo que a economia circule e que o desenvolvimento sócio-econômico cresça. Porém, quando mal planejado, pode trazer más consequências a sociedade, como o aumento da poluição do ar, aumento do índice de ruído, transformação degradante da paisagem urbana, congestionamentos e acidentes (TEIXEIRA, 2012).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014) classifica os acidentes de trânsito para desenvolvimento de pesquisas e estatísticas pelas normas técnicas NBR 10697 e NBR 6067, junto com o Código de Trânsito Brasileiro como:

- a) Atropelamento: Acidente em que o pedestre (s) ou animal (is) sofre (m) o impacto de um veículo, estando pelo menos uma das partes em movimento.
- b) Capotamento: Acidente em que veículo giro sobre si mesmo em qualquer sentido, chegando a ficar com as rodas para cima, imobilizando-se em qualquer posição.
- c) Choque: Acidente em que há impacto de um veículo contra qualquer objeto fixo ou móvel, mas sem movimento.
- d) Colisão: Acidente em que um veículo em movimento sofre impacto de outro veículo, também em movimento.
- e) Colisão Frontal: Colisão que ocorre frente a frente, quando os veículos transitam pela mesma via, em sentidos opostos.
- f) Colisão Lateral: Colisão que ocorre lateralmente, quando os veículos transitam na mesma via, podendo ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos.
- g) Colisão Transversal: Ocorre transversalmente, quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente.

- h) Colisão Traseira: Ocorre frente com traseira ou traseira contra traseira, quando os veículos transitam no mesmo sentido ou em sentidos contrários, podendo pelo menos um deles estar em marcha-ré. (BRASIL, 1997).

A ABNT também define acidentes de trânsito como:

“todo evento não premeditado de que resulte dano em veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes esteja em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública.” (NBR n. 10697/89, da ABNT).

Desta forma, é possível perceber que os acidentes de trânsito não são acontecimentos aleatórios e de fácil prevenção, dentre os fatores citados, todos estão sujeitos à falha, ou seja, se não houver um equilíbrio neste sistema a chance de ocorrer um acidente aumenta. Para diminuir os danos causados pelos acidentes o Código de Trânsito Brasileiro obriga por lei a utilização de equipamentos de segurança dentro do veículo, como o cinto de segurança, extintor de incêndio, capacete e óculos no caso de motocicletas. O CONTRAN também obriga por lei a instalação de freio ABS 27 e o equipamento suplementar de retenção (AIR BAG) em veículos automotores, contudo os danos causados por acidentes tem sua gravidade reduzida, mas a quantidade dos acidentes continua subindo (TEIXEIRA, 2012).

No Brasil os números de acidentes e acidentes com mortos nas rodovias são altos, e implicam em um grande custo para o governo, tanto para a reabilitação como na indenização das famílias das vítimas (BOTTESINI, 2010). Na figura 1 é possível visualizar dados a nível nacional a evolução das mortes em acidentes de trânsito entre os anos de 2001 e 2011.

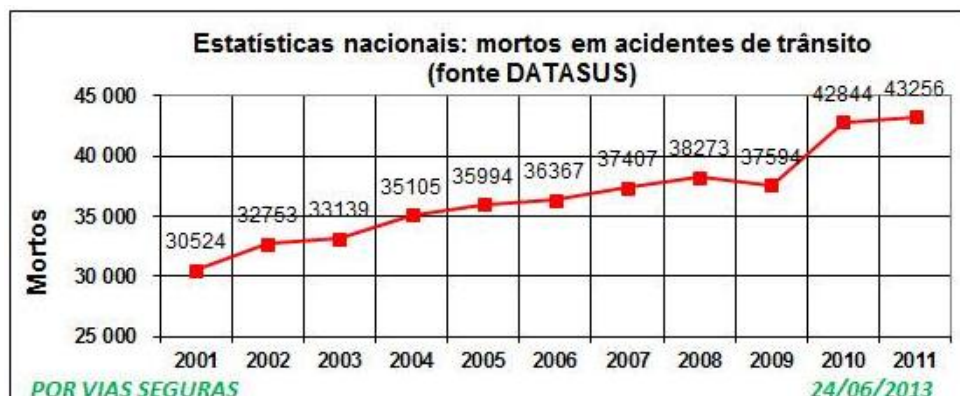


Figura 1 - Mortes em acidentes de trânsito de 2001 a 2011 (Vias Seguras, 2013)

Esse aumento de 13 mil acidentes em 10 anos pode assustar a população, mas se for considerado o aumento no número de automóveis nas estradas, o número não pode não ser tão impactante. Em 2013 o INCT, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia, registrou mais de 76 milhões de veículos rodando no Brasil, relacionando um crescimento de 138% em comparação com o ano de 2001 (INCT, 2013). Com um crescimento tão expressivo no número de veículos em um período curto de tempo pode estar relacionado com o aumento no número de acidentes nas rodovias, o que acarreta em soluções preventivas de maneira urgente dos órgãos responsáveis.

5. Desenvolvimento da ferramenta

O desenvolvimento da ferramenta foi dividido em partes, onde inicialmente foi feita a busca pela base de dados de um órgão responsável que fosse confiável, após isso foi feito as especificações do sistemas e seus diagramas para auxiliar no desenvolvimento, depois da análise iniciou efetivamente o desenvolvimento da aplicação *web* em Java e no meio do

desenvolvimento foi realizado a importação dos dados para o banco de dados com auxílio do Pentaho *Data Integration*, uma ferramenta para integração de dados desenvolvida pela comunidade da *Apache Foundation*, ou seja, é livre e de código aberto.

5.1. Especificação do Sistema

Foram desenvolvidos diversos diagramas e outras especificações que acercam a engenharia de software para documentar o projeto e torná-lo mais compreensível na visão de outros desenvolvedores e interessados no projeto.

A aplicação consiste em permitir que o usuário informe trace rotas por meio de uma origem e um destino, previamente informados, onde essas rotas possuem informações mais detalhadas sobre os riscos e a incidência de acidentes, alertando o motorista em trechos perigosos e se possível sugerir rotas alternativas mais seguras. Desta forma, basta o usuário informar uma origem e destino para que o sistema faça uma solicitação ao serviço de rotas da Google e cruze as coordenadas da resposta com as informações contidas na base de dados e imprima digitalmente a rota no mapa.

Para cumprir com o fluxo de funcionamento citado no parágrafo acima, foram elaborados requisitos e regras que pertencem ao sistema, que definem a execução e as funcionalidades que serão desenvolvidas, isso pode ser visto na tabela 1.

<i>Requisitos Funcionais</i>		
<i>Identificação</i>	<i>Descrição</i>	
RF01	A aplicação deve permitir que o usuário informe uma origem e destino para a rota.	
RF02	A aplicação deve traçar rotas a partir dos dados de entrada.	
RF03	A aplicação deve alertar o motorista em áreas de maior risco.	
RF04	A aplicação deve sugerir rotas alternativas, baseado nos critérios de risco para indicar rotas mais seguras.	
RF05	A aplicação deve gerar uma visão geral da situação das rotas.	
RF06	A aplicação deve permitir configurar a relação do UPS com uma cor de referência que será pintada a rota.	
<i>Requisitos não Funcionais</i>		
<i>Identificação</i>	<i>Descrição</i>	
RNF01	A aplicação deve ser desenvolvida em Java para plataforma Web, utilizando o <i>framework</i> JSF.	
RNF02	O plataforma de geolocalização utilizado deverá ser o <i>Google Maps</i> .	
RNF03	O serviço para traçar rotas será o disponibilizado pela <i>Google Maps API</i> , <i>Google Directions</i> .	
RNF04	A aplicação deve ser acessada tanto em navegadores <i>desktop</i> quando em dispositivos móveis.	
<i>Regras de Negócio</i>		
<i>Identificação</i>	<i>Descrição</i>	<i>Rastreabilidade</i>
RN01	A origem e o destino deverá ser um ponto de referência, endereço ou coordenada.	RF01, RF02
RN02	As informações e alertas serão limitadas pelas rodovias contidas na base de dados.	RF03, RF04
RN04	Os critérios de risco a serem utilizados serão: número de acidentes, número de mortes e número de feridos.	RF04, RF05
RN05	As informações de risco serão exibidas graficamente sobre o mapa	RF03
RN06	O calculo do UPS é definidor por: $(DM \times 1) + (F \times 5) + (VF \times 13)$. Onde DM: Acidentes com Danos Materiais; F: Acidentes com Feridos e; VF: Acidentes com Vítimas Fatais.	RF06
RN07	A cor da rota é definido pela relação definida nas configurações do sistema.	RF06

Tabela 1 - Requisitos funcionais, não funcionais e regras de negócio

Com estes requisitos e regras foi possível definir e pensar nos próximos documentos que acercam o desenvolvimento da aplicação, o que torna o desenvolvimento mais prático, pois toda a análise já foi feita e tudo já foi pensando antes de se iniciar o código.

5.2.Importação dos dados

A importação foi desenvolvida com o auxílio do Pentaho Data Integration uma ferramenta desenvolvida pela Apache Software Foundation. Ela é desenvolvida na linguagem Java, de código aberto, completamente gratuita e está protegida pela General Public License (GPL).

O desenvolvimento de integração foi feita sobre os arquivos enviados pelo BPMRV, com algumas alterações na sua formatação, já que leitura de arquivos CSV é feito de forma sequencial, o posicionamento dos dados deveriam estar ordenados apenas em colunas. Com o arquivo de cada mês do ano de 2014 e as coordenadas enviadas pelo DEINFRA mescladas, foi possível criar quatro rotinas, uma para cada tabela onde foram gravados os dados.

5.3.Cálculo do UPS

O cálculo do UPS foi definido pelo DENATRAN em 1987, esse cálculo considera a frequência e a gravidade dos acidentes, determinando um peso para cada nível de intensidade (BRANDÃO, 2007). O DENATRAN utiliza esse cálculo para determinar a periculosidade dos locais de acidentes e o mesmo é definido como a soma do número de acidentes com danos materiais (DM), de acidentes com feridos (F) e acidentes com vítimas fatais (VF), ponderados da seguinte forma:

a)DM: Fator de ponderação 1.

b)F: Fator de ponderação 5.

c)VF: Fator de ponderação 13.

A partir disso, a severidade de cada local de acidente é expressa com a seguinte fórmula:

$$UPS = (DM \times 1) + (F \times 5) + (VF \times 13)$$

Figura 2 - Fórmula para cálculo do UPS (BRANDÃO, 2007)

Desta forma, foi possível utilizar esta fórmula nos gatilhos do banco de dados para atualizar o UPS dos trechos e das rodovias conforme a inserção, alteração ou exclusão dos dados é feita durante a importação dos dados.

Com os dados no banco e todos os trechos e rodovias com seu UPS atualizado, se fez necessário o desenvolvimento das funções reponsáveis por identificar se alguma coordenada com ocorrências está próximo de algum ponto das rotas feitas pelo usuário. Todos esses cálculos envolvem coordenadas e para isso foi necessário estudar coordenadas geográficas e compreender o funcionamento desses cálculos.

5.4.Trabalhando com coordenadas geográficas

Coordenadas geográficas identificam exatamente qualquer posição na superfície terrestre em graus. A Terra é dividida em latitudes que vão de 0° à 90° a partir da linha do Equador, separando Norte e Sul, e as longitudes vão de 0° a 180° a partir do meridiano de Greenwich, separando Leste e Oeste (MADEIRA, 2009). Elas podem ser notadas em sexagesimal (grau, minuto, segundo) ou em decimal, como é utilizado pelo Google.

Ao considerar que o sistema possa conter coordenadas de um estado inteiro, ou país inteiro, foi necessário pensar em uma solução que diminuísse a quantidade de coordenadas a serem comparadas pelo sistema. Deste modo, no momento que é gerado uma rota é adquirido os pontos mais ao sul e mais ao norte da mesma e desenhado um polígono que abrange todos os extremos, com isso é possível apenas comparar todas as coordenadas que estão dentro deste polígono, diminuindo muito a área de busca.

Assim, foram criados três funções para facilitar os cálculos com as coordenadas: i) esta função recebe por parâmetro quatro listas de numéricos que contém a latitudes da rota, longitudes da rota, latitudes do polígono, longitudes do polígono e um número que indica a distância de comparação das coordenadas. Essa função então faz uma busca na tabela de coordenadas e chama; ii) a função responsável por identificar se uma coordenada de ocorrência está dentro do polígono da rota. Se uma ocorrência está dentro da área a mesma já passa por um loop das coordenadas da rota, onde é chamado; iii) a função que verifica ela está próxima a algum ponto da rota, baseado na distância passada por parâmetro. A primeira função chamada retorna uma lista de identificadores dos trechos com ocorrências próximo a rota, e com isso é possível fazer um busca de ocorrências passando por parâmetro de comparação esta função.

5.5.Operacionalidade

Ao acessar a URL da aplicação pelo navegador, o sistema apresenta o mapa do Google em toda sua extensão. A centralização do mapa é feita conforme a localização do usuário, se o mesmo estiver com a geolocalização ativada em seu dispositivo.

Para acessar o menu, onde pode ser realizado todas as ações do sistema, basta posicionar o mouse sobre o botão com ícone de navegação no canto inferior direito da página, e em dispositivos móveis, basta clicar sobre o mesmo, como pode ser visto na figura 3.

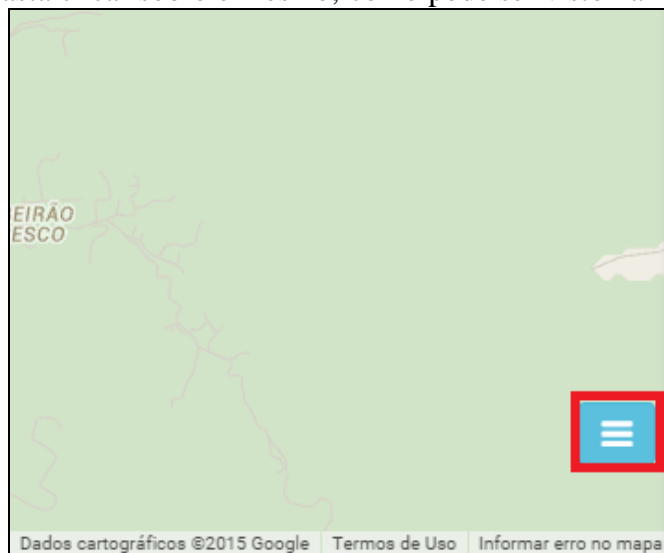


Figura 3 - Acesso ao menu do sistema

No menu é onde o motorista interage com a aplicação fora o mapa, nele contém o submenu chamado "Rotas", que sempre está aberto ao iniciar o menu, dentro dele existe um formulário para informar uma origem e um destino, nessas entradas de texto também é utilizado a biblioteca do Google Places que funciona como um autocomplete dos locais existentes na ferramenta, representado na figura 4.

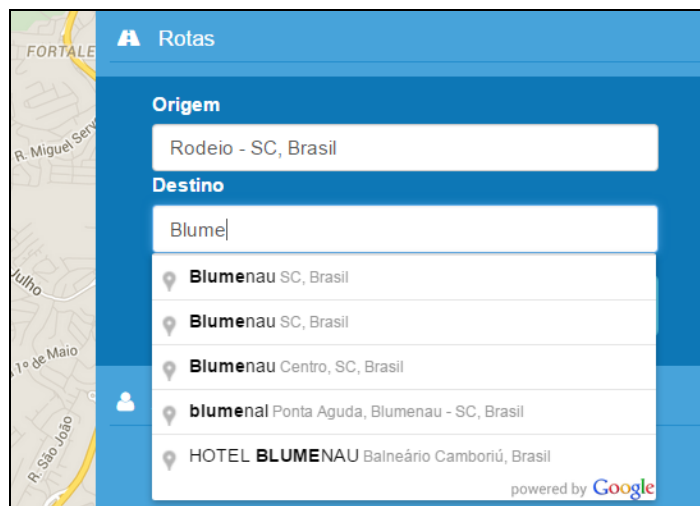


Figura 4 - Traçar rotas no menu com o autocomplete

Ao informar a origem e o destino e confirmar a geração da rota, o usuário deve aguardar o processamento do servidor, que dependendo da quantidade de rotas alternativas e da quantidade de acidentes nos trechos da rota, pode levar um tempo. Após finalizar e trazer a resposta ao usuário, ele pode interagir com o Google Maps, no canto superior direito é habilitado um botão que apresenta as rotas alternativas e os detalhes da rota, que facilitam a navegação do motorista, como pode ser visto na figura 5.

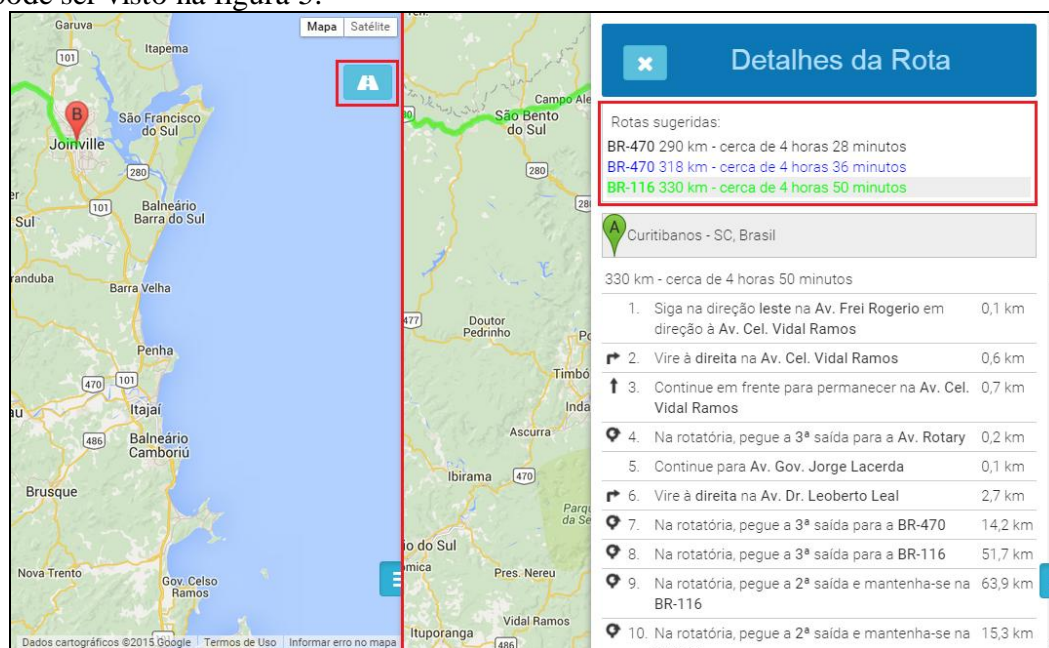


Figura 5 - Painel de detalhes da rota e rotas alternativas

No painel de detalhes da rota, existe também as rotas alternativas, as mesmas já estão pintadas conforme a sua periculosidade na lista, assim o motorista já saberá qual delas é a mais segura, como pode ser visto na figura 4. Para visualizar quais trechos de cada rota é mais crítico, basta clicar sobre a mesma na lista que o mapa já carrega a nova rota com todos os seus detalhes.

Além de poder identificar a periculosidade de todas as rotas disponíveis e saber qual é a mais segura, o usuário também pode visualizar os trechos mais perigosos de cada rota, pois mesmo que a rota seja mais segura que as outras, nada impede que a mesma contenha pontos perigosos em sua extensão.

autenticação, onde é liberado mais opções de submenus. Um deles é a das configurações do sistema, que apenas pode ser acessado por um usuário administrador, nesta página pode ser alterado as configurações de comparações de coordenadas e acesso ao webservice do Google.

Considerações Finais

Foi proposto desenvolver uma aplicação para plataforma web capaz de traçar rotas e cruzar suas coordenadas com coordenadas referentes aos acidentes ocorridos em toda sua extensão, apresentando o índice a e gravidade dos acidentes, indicando ao usuário rotas perigosas e alternativas mais seguras, se possível. Essa aplicação pode contribuir para o aumento da segurança nas estradas e na atenção dos motoristas, bem como auxiliar os órgãos responsáveis pela segurança e administração das rodovias a tomarem medidas preventivas no controle dos acidentes com maior precisão identificando os pontos mais críticos.

Para desenvolvê-lo foram utilizados recursos de mapas da Google Maps Javascript API para interagir com o mapa e os serviços do Google Directions, utilizado para traçar as rotas. Também foi utilizado o framework JSF 2.2 para o desenvolvimento web na linguagem Java, com auxílio do Bootstrap para desenvolver o design responsivo, o SGBD foi o PostgreSQL e a interação com o banco de dados foi feita com o JDBC. A integração dos dados do BPMRV das rodovias Estaduais foi feito com o Pentaho Data Integration.

Essa aplicação web se destaca por mostrar visualmente e graficamente de forma virtual e livre a situação das rodovias, colaborando para o bem social em auxiliar os órgãos responsáveis pela administração das rodovias. Além de ajudar o motorista detectar trechos de perigo e rotas perigosas, com o objetivo de aumentar sua atenção nas ruas e garantir um passeio mais seguro. Os dados utilizados na versão piloto foram retirados do site do BPMRV de Santa Catarina, que possui dados dos acidentes por quilômetro de todas as rodovias estaduais e da BR101. Os dados integrados foram referente a todo o ano de 2014 e junto com o auxílio do DEINFRA foi possível recuperar as coordenadas das rodovias por quilômetro, o que facilitou as buscas pelo Google.

A partir desta aplicação, apareceram diversos trabalhos futuros interessantes e que dependendo do reconhecimento do projeto, poderão ser implementados. Entre eles: o desenvolvimento para plataforma móvel; a integração com algum sistema de GPS, talvez o próprio do Android, para emitir alertas ao motorista; e desenvolver uma parte de análise para servir de auxílio a Polícia Rodoviária Federal ou outros órgãos responsáveis.

Referências

BOTTESINI, G. **Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas**. Porto Alegre, 2010. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BRANDÃO, L. M. **Discussão sobre métodos para identificação de locais críticos em acidentes de trânsito no Brasil**. Campinas, São Paulo, 2007. Trabalho de apresentação na disciplina de Infraestrutura Viária.

BRASIL. **Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. (1996). **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos: INPE.

CÂMARA, G.; Davis, C.; MONTEIRO, A. M. V. (2001) **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE.

CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUIROZ, G. R. (2005). **Bancos de Dados Geográficos**. MundoGeo. 506 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 2009.

GOOGLE. **Google Maps API**, 2015. Disponível em
<<https://developers.google.com/maps/?hl=pt-br>> Acessado em 02 de fevereiro de 2015.

INCT, **Observatório de Metrópoles. Crise da mobilidade urbana: motorização sem fim?** – 2013. Disponível em
<http://www.observatoriodasmetropoles.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=685%3Abrasil-atinge-a-marca-de-70-milh%C3%B5es-de-ve%C3%ADculos> Acesso em 29 de Outubro de 2014.

MADEIRA, D. **Distância entre coordenadas geográficas**. Dan Scientia, 2009. Disponível em
<<http://dan-scientia.blogspot.com.br/2009/05/distancia-entre-coordenadas-geograficas.html>>
Acesso em 27 de Maio de 2015.

TEIXEIRA, J. F.O. **Mapeamento e análise dos acidentes de trânsito na cidade de Catanduva, SP com auxílio de sistema de informações geográficas – SIG**. Araraquara, 2012. Dissertação para Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – Centro Universitário de Araraquara.

VIAS SEGURAS, **Estatísticas de acidentes no estado de Santa Catarina – 2013**, Disponível em
<http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_estaduais/estatisticas_de_acidentes_no_estado_de_santa_catarina> Acesso em 26 de Outubro de 2014.

APÊNDICE B - FORMULÁRIO DE VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Facilidade de Uso/Funcionalidade/Atitude

1. Aprender a usar o DRIVEUP foi fácil pra mim

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

2. Consegui achar de forma fácil o que eu quis fazer no DRIVEUP

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

3. Achei que a interação com o DRIVEUP foi clara e entendível

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

4. Acho que seria fácil se tornar "expert" no DRIVEUP

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

5. Achei o DRIVEUP fácil de usar

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

6. Achei as informações e funcionalidades do DRIVEUP suficientes para atender minha necessidade

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

7. Achei o DRIVEUP confiável e sem erros

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

8. Achei o visual e padrões de tela do DRIVEUP bem organizado e atrativo

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

9. Acho que o DRIVEUP pode agilizar a otimizar o trabalho de órgãos rodoviários

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

10. Achei divertido e interessante usar o DRIVEUP

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

Intenção de Uso/Impacto Social

11. Acho a aplicação do DRIVEUP útil para a sociedade

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

12. Eu usaria o DRIVEUP para avaliar periculosidade de rodovias em viagens

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

13. Eu acho que as pessoas usariam o DRIVEUP no cotidiano antes de suas viagens

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

14. Eu indicaria o DRIVEUP para outras pessoas

Positivo								Negativo
	Extremamente	Fortemente	Fracamente	Indiferente	Extremamente	Fortemente	Fracamente	

Adaptado de: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology

Author(s): Fred D. Davis

Source: MIS Quarterly, Vol. 13, No. 3 (Sep., 1989), pp. 319-340

Published by: Management Information Systems Research Center, University of Minnesota

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/249008> .

Adaptado de: FACTORS AFFECTING POLICE OFFICERS' ACCEPTANCE OF GIS TECHNOLOGIES:

A STUDY OF THE TURKISH NATIONAL POLICE

Bekir Cakar, B.A., M.S.