

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E**  
**SISTEMAS**  
**NÍVEL MESTRADO**

**EDUARDO BALLEJO MEIRELLES**

**PROPOSIÇÃO DE UMA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA SERVIÇOS DE**  
**MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS EM RODOVIAS: ESTUDO NA CONCESSÃO**  
**DA BR-290/RS**

**São Leopoldo**

**2019**

EDUARDO BALLEJO MEIRELLES

**PROPOSIÇÃO DE UMA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA SERVIÇOS DE  
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS EM RODOVIAS: ESTUDO NA CONCESSÃO  
DA BR-290/RS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Richter

São Leopoldo

2019

X000x Meirelles, Eduardo Ballejo

Proposição de uma plataforma tecnológica para serviços de manutenção de pavimentos em rodovias: estudo na concessão da BR-290/RS / Eduardo Ballejo Meirelles – 2019.

103 f. 43 il.; 30cm

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Cristiano Richter.

1. Base de dados. 2. Aplicativo. 3. Infraestrutura rodoviária

CDU 000.000:00.00

Catálogo na publicação:

Bibliotecária XXX XXX XXX – CRB 00/0000

EDUARDO BALLEJO MEIRELLES

PROPOSIÇÃO DE UMA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA SERVIÇOS DE  
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS EM RODOVIAS: ESTUDO NA CONCESSÃO DA  
BR-290/RS

Dissertação apresentada como requisito  
parcial para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia de Produção e Sistemas,  
pelo Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção e Sistemas da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -  
UNISINOS

Data: 26/02/2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. André Korzenowski – UNISINOS

---

Prof. Dr. Cristiano Richter – UNISINOS

---

Prof. PhD. Lélío Brito – UFRGS

---

Prof. Dr. Miguel Sellito – UNISINOS

Dedico este trabalho à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grato a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão do meu mestrado e para a realização deste trabalho. Não citarei o nome de cada um, pois acredito que poderia cometer alguma injustiça no caso de precipitadamente me esquecer de alguém, portanto, todos que me ajudaram sabem da grande contribuição que fizeram em minha vida.

Porém, um agradecimento especial deve ser dado ao meu professor Orientador, o qual me conduziu com maestria ao longo desta jornada, me auxiliando na resolução de problemas e tendo paciência com as adversidades que surgiram.

Muito obrigado!

*Be stubborn in vision, but flexible in detail.*

*Jeff Bezos*

## RESUMO

Mesmo com mais de 500 anos o Brasil sofre com a precariedade da sua malha rodoviária. Estudos apontam apenas 12% de rodovias com uma estrutura consolidada de pavimento e a grande maioria delas com más condições de conservação. Muito disto se dá em função do baixo poder de gerência dos órgãos públicos em coordenar a manutenção necessária para garantir a vida útil das estruturas, sejam por questões financeiras ou por quaisquer outros aspectos.

Sendo o pavimento algo de tamanha importância, visto seu alto valor financeiro agregado, existe a necessidade rotineira de inventar e reinventar processos, métodos, materiais e equipamentos que auxiliem na condução de sua gerência. Da análise deste cenário é que a Concessionária responsável pela administração – até o ano de 2018 – das rodovias BR-290/RS e BR-116/RS buscou inovar no processo de gestão da manutenção de pavimentos, promovendo a criação de uma plataforma tecnológica (aplicativo para *smartphone*) que auxiliasse neste elo tão fundamental da concessão. Exalta-se que o autor desta pesquisa é funcionário da empresa.

Diante deste contexto, o objetivo desta pesquisa foi propor uma plataforma tecnológica para os serviços de manutenção de pavimentos em rodovias, através do estudo da concessão da BR-290/RS (trecho entre os km 0 e 112). Para tanto, utilizou-se a metodologia de pesquisa denominada Design Science Research para condução da criação da ferramenta, demonstrando a aplicabilidade da mesma através de simulações.

Foi realizado um estudo para identificar e analisar quais eram as ferramentas de gestão utilizadas na conservação do pavimento da rodovia estudada, permitindo uma revisão e melhoria dos processos de gestão. Os resultados desta análise, em especial os desperdícios e retrabalhos identificados, apontaram para necessidade de desenvolver uma nova ferramenta de gestão que possibilitasse ganhos de produtividade e armazenamento de informações. A plataforma foi desenvolvida e demonstrou trazer ganhos frente aos problemas enfrentados no cotidiano da manutenção da pavimentação da rodovia. Pode-se destacar que tais ganhos se potencializam, principalmente, (a) na agilidade da execução de levantamentos de campo, (b) melhoria da produtividade dos serviços de manutenção, (c) rastreabilidade dos serviços executados e (d) banco de dados para análise das

patologias e identificação dos padrões de falhas. Sugere-se que, para estudos futuros, o escopo da plataforma seja ampliado para outros serviços da gestão da rodovia buscando um sistema mais integrado de gestão com melhorias dos serviços e racionalização dos custos em maior escala.

**Palavras-chave:** base de dados; aplicativo; infraestrutura rodoviária.

## **ABSTRACT**

Even with more than 500 years, Brazil suffers from the precariousness of its road network, where studies show only 12% of highways with a consolidated pavement structure and the vast majority of them with poor conservation conditions. Much of this is due to the poor management power of public bodies in coordinating the maintenance necessary to guarantee the useful life of the structures, whether for financial or any other aspects.

Since pavement is of such great importance, given its high aggregate financial value in construction or even maintenance, there is a routine need to invent and reinvent processes, methods, materials and equipment that will help manage its management. The analysis of this scenario is that the Concessionaire responsible for managing BR-290/RS and BR-116/RS – until 2018 – sought to innovate in the process of floor maintenance management, promoting the creation of a technological platform that aid in this very fundamental link of the concession.

In this context, the objective of this research was to propose a technological platform for road pavement maintenance services, through the study of the BR-290/RS concession (km 0 to 112). To do so, the research methodology called Design Science Research was used to guide the creation of the tool, demonstrating the applicability of the tool through simulations.

Initially, a study was carried out to identify and analyze the management tools used to preserve the pavement of the highway studied. The results of this analysis, in particular the wastes of identified resources, pointed to the need to develop a new management tool with productivity gains and information storage. After completing this analysis, opted for a technological platform through solutions of management services via application for smartphones.

The development of this platform came together with the review and improvement of management processes. The platform was developed and demonstrated the potential for the problems faced in the daily maintenance of road paving. It should be noted that such gains were mainly due to: (a) the agility of performing field surveys, (b) improving the productivity of maintenance services, (c) traceability of services performed, (d) database for analysis of pathologies and identification of failure patterns. It is suggested that, for future studies, the scope of the platform be expanded to other highway management services seeking a more

integrated management system with improved services and rationalization of costs on a larger scale.

**Keywords:** data base; app; road infrastructure.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primeiras vias romanas.....	18
Figura 2 - Patamar da malha rodoviária brasileira.....	20
Figura 3 - Reportagem ilustrativa do “Custo Brasil” .....	27
Figura 4 - Estrutura da pesquisa .....	30
Figura 5 – Formas de Manutenção, segundo Monchy (1989).....	32
Figura 6 – Esquema de condução dos passos do processo da <i>Design Science Research</i> .....	48
Figura 7 – Etapas da pesquisa.....	50
Figura 8 - Diferentes elos da cadeia necessários para a manutenção de rodovias ..	53
Figura 9 - Sistemática do sistema de gerenciamento remoto.....	54
Figura 10 - Macro fluxo da gestão de conservação e manutenção de rodovias sem a utilização da nova ferramenta tecnológica .....	55
Figura 11 - Macro fluxo da gestão de conservação e manutenção de rodovias com a utilização da nova ferramenta tecnológica .....	56
Figura 12 - Painel de bordo do sistema de gerenciamento da plataforma <i>web</i> .....	57
Figura 13 – Ilustração de recursos cadastrados para execução do planejamento – plataforma <i>web</i> .....	58
Figura 14 - Ilustrações da plataforma <i>mobile</i> .....	58
Figura 15 – Exemplo de intervenção de manutenção em pavimento.....	64
Figura 16 – Resumo do passo a passo da manutenção de pavimentos .....	66
Figura 17 – Ilustração do fluxograma gerado para organização do processo de manutenção de pavimento e transposição ao app.....	68
Figura 18 – Tela de <i>login</i> da plataforma <i>web</i> .....	70
Figura 19 – Tela inicial da plataforma <i>web</i> .....	70
Figura 20 – Tela de <i>login</i> da plataforma do app e tela do <i>login</i> realizado .....	71
Figura 21 – Telas de cadastro de patologias no levantamento .....	72
Figura 22 – Tela de patologias cadastradas no levantamento – versão mapa .....	73
Figura 23 – Tela de patologias cadastradas no levantamento – versão lista .....	73
Figura 24 – Tela de planejamento de intervenções – dinâmica grifada em vermelho .....	74
Figura 25 – Tela de informações necessárias para o planejamento de intervenções .....	75

Figura 26 – Tela de recebimento das atividades criadas .....	76
Figura 27 – Telas de acompanhamento da atividade.....	77
Figura 28 – Telas de acompanhamento da atividade via <i>chekin</i> .....	78
Figura 29 – Telas de acompanhamento da atividade via coleta de amostra para ensaios laboratoriais .....	78
Figura 30 – Simulação de cadastro de patologias – plataforma app.....	79
Figura 31 – Mapa com patologias cadastradas – versão da plataforma <i>web</i> .....	80
Figura 32 – Planejando intervenções 01 – versão da plataforma <i>web</i> .....	81
Figura 33 – Planejando intervenções 02 – versão da plataforma <i>web</i> .....	81
Figura 34 – Planejando intervenções 03 – versão da plataforma <i>web</i> .....	81
Figura 35 – Recebimento das atividades – telas da plataforma app.....	82
Figura 36 – Simulação de <i>checkin</i> – plataforma app.....	83
Figura 37 – <i>Status</i> da atividade – plataforma <i>app</i> .....	84
Figura 38 – <i>Status</i> da atividade – plataforma <i>web</i> .....	84
Figura 39 – Acompanhamento das atividades pelo mapa da página inicial – plataforma <i>web</i> .....	85
Figura 40 – Preenchimento da equipe do laboratório – plataforma <i>web</i> .....	86
Figura 41 – Resultado dos ensaios laboratoriais – plataforma <i>web</i> .....	87
Figura 42 – Resumo das macro etapas do processo de manutenção de pavimentos .....	91
Figura 43 – Resumo das macro etapas do processo de manutenção de pavimentos – com a utilização da plataforma tecnológica.....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas, Brasil – 2007-2017 (valores em mil km) .....	21
Gráfico 2 - Densidade da malha rodoviária pavimentada por país (valores em km/1.000 km <sup>2</sup> ) .....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frota de veículos – 2007/2017 .....	21
Tabela 2 - Classificações de uma pesquisa .....	44
Tabela 3 – Avaliação de artefatos, através da ótica da DSR .....	47
Tabela 4 - Indicadores registrados após a implantação do sistema de gerenciamento .....	59
Tabela 5 – Problemas x Soluções.....	90

## LISTA DE SIGLAS

Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
App	Aplicativo para smarthphone
BR-116	Rodovia brasileira
BR-290	Rodovia brasileira
CBUQ	Concreto betuminoso usinado à quente
CNT	Confederação Nacional de Transportes
CREMA	Contrato de restauração e manutenção
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DSC	Design Science Research
FRN	Fundo Rodoviário Nacional
GPS	Global Positioning System
IoT	Internet das coisas
Km	Quilômetro
Km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
Lean Construcion	Construção enxuta
Lean Production	Produção enxuta
MIT	Instituto de tecnologia de Massachussetts
PATO	Programa Anual de Trabalho
PIB	Produto interno bruto
RJ	Estado do Rio de Janeiro
RS	Estado do Rio Grande do Sul
SNV	Sistema Nacional de Viação
TI	Tecnologia da Informação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA .....	24
1.2 OBJETIVOS .....	25
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>25</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>25</b>
1.3 JUSTIFICATIVA .....	26
1.4 DELIMITAÇÃO .....	27
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	28
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>31</b>
2.1 MANUTENÇÃO .....	31
<b>2.1.1 Manutenção Corretiva</b> .....	<b>33</b>
2.1.1.1 Manutenção paliativa .....	34
2.1.1.2 Manutenção curativa .....	34
<b>2.1.2 Manutenção Preventiva</b> .....	<b>34</b>
2.1.2.1 Manutenção preditiva .....	35
2.1.2.2 Manutenção por acompanhamento .....	35
2.1.2.3 Manutenção sistemática .....	36
2.2 MANUTENÇÃO DE RODOVIAS .....	36
<b>2.2.1 Modelos de Contratação de Manutenção de Rodovias</b> .....	<b>37</b>
2.2.1.1 CREMA – Contrato de restauração e manutenção .....	38
2.2.1.2 PATO – Plano anual de trabalho .....	38
2.3 METODOLOGIA <i>LEAN</i> .....	38
2.4 PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS .....	40
<b>2.4.1 Internet das Coisas (<i>Internet of Things – IoT</i>)</b> .....	<b>42</b>
<b>2.4.2 Tendências da Tecnologia da Informação</b> .....	<b>43</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>44</b>
3.1 MÉTODO DE PESQUISA .....	44
<b>3.1.1 Design Science Research</b> .....	<b>45</b>
3.2 MÉTODO DE TRABALHO .....	47
<b>4 ANÁLISES E RESULTADOS</b> .....	<b>51</b>
4.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO .....	51
<b>4.1.1 Gestão De Equipes De Conservação De Elementos De Rodovias</b> .....	<b>54</b>

<b>4.1.2 O Sistema e o APP</b> .....	56
<b>4.2 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO DE RODOVIAS</b> .....	60
<b>4.2.1 Identificação do Problema</b> .....	61
4.2.1.1 Como é feita a manutenção dos pavimentos, sem o uso de app.....	61
<b>4.2.2 Definição dos Resultados Esperados</b> .....	66
<b>4.2.3 Projeto e Desenvolvimento</b> .....	67
4.2.3.1 Criação da ferramenta tecnológica e seus módulos.....	69
4.2.3.2 Levantamento de campo .....	71
4.2.3.3 Planejamento das intervenções .....	74
4.2.3.4 Execução da manutenção em campo .....	76
<b>4.2.4 Demonstração e Avaliação</b> .....	79
<b>4.2.5 Comunicação</b> .....	88
<b>5 DISCUSSÕES</b> .....	89
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES</b> .....	93
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	96

## 1 INTRODUÇÃO

Relata-se que uma das mais antigas obras de pavimentação implantadas foi para o transporte de cargas, na construção das pirâmides do Egito. Embora seja reconhecida a existência remota de sistemas de estradas em diversas partes do mundo, construídas para fins religiosos e comerciais, foi atribuída aos romanos a arte maior do planejamento e da construção viária, conforme ilustrado na Figura 1 (BALBO, 2007; BERNUCCI et al., 2008).

Figura 1 – Primeiras vias romanas



Fonte: Bernucci et al., 2008

Na França, em 1764, Trezeguet desenvolveu novos métodos de construção e nova concepção de estradas de rodagem. Sendo um dos percursores das modernas rodovias, construiu pavimentos bem mais delgados que os romanos, pois admitia que ao subleito coubesse, no final, o suporte das cargas impostas (PREGO, 2001). Londres recebia os primeiros pavimentos asfálticos em 1836. Em 1858 foi inventado o britador mecânico e em 1859 o rolo compressor movido à lenha e vapor, o que passou a aumentar a produção das equipes. No final do século XIX havia uma extensão razoável de ruas e rodovias revestidas, o que passou a aumentar o tráfego, passando a exigir pavimentos mais duráveis e mais bem conservados. Já em 1876 foi empregada pela primeira vez a técnica denominada Sheet Asphalt (revestimento da camada final do pavimento com espessura mais delgada) em Washington/EUA. Neste mesmo ano o pavimento de concreto de cimento Portland

foi construído e, a partir de 1910, estes tipos de pavimentos passaram a interessar as autoridades técnicas e administrativas (PREGO, 2001).

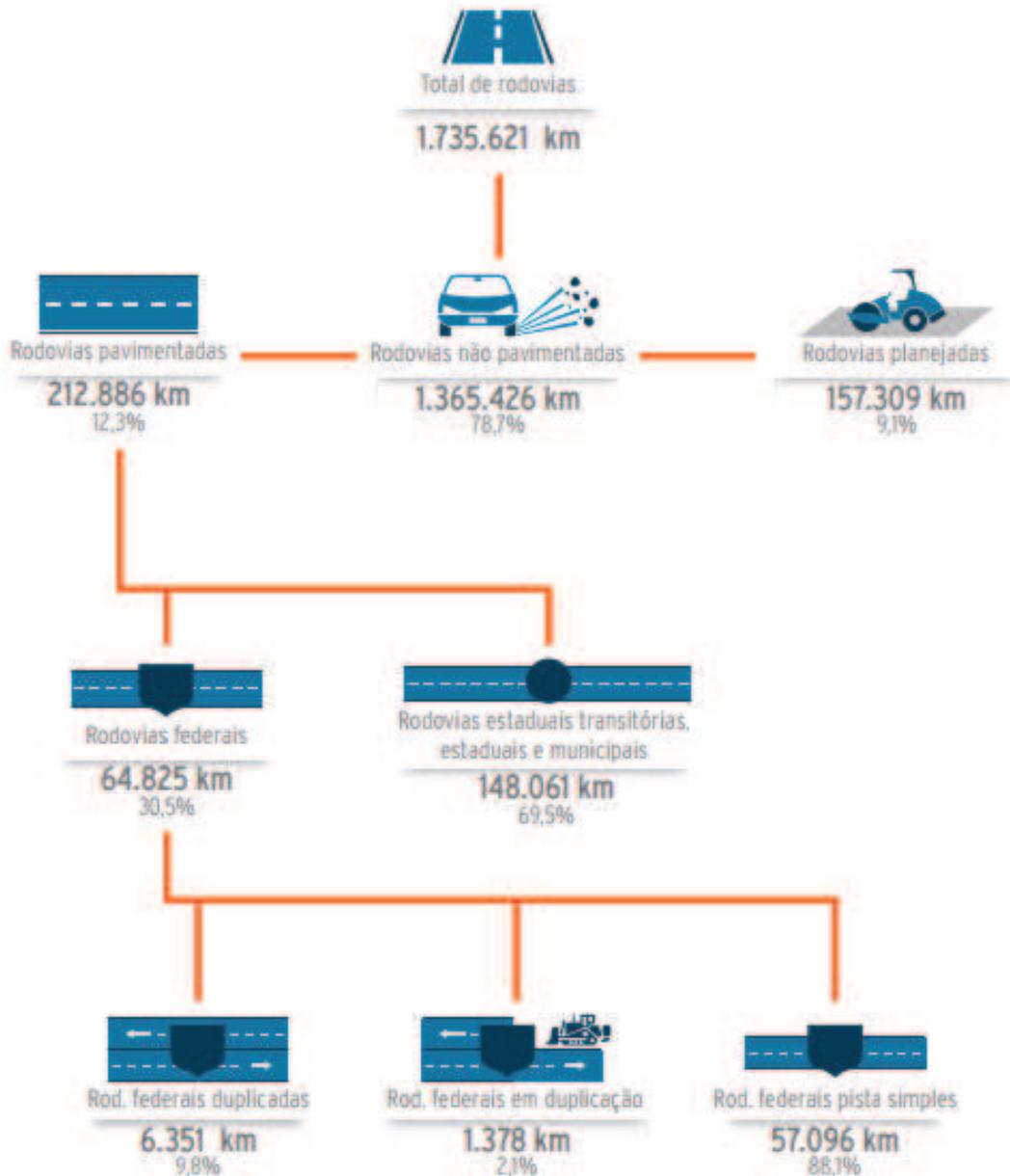
Já antigamente havia uma grande preocupação com diversos aspectos hoje conhecidamente importantes de se considerar em uma pavimentação de qualidade, como drenagem e abaulamento, erosão, distância de transporte, compactação, sobrecarga, manutenção e conservação, entre outros (BALBO, 2007; BERNUCCI et al., 2008), todos estes fatores determinantes para a longevidade do pavimento.

Segundo Bernucci et al. (2008) e Prego (2001), uma das primeiras estradas reportadas no Brasil tem início em 1560, trata-se do caminho aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga. Em 1841, D. Pedro II encarregou o engenheiro alemão Júlio Frederico Koeler de construir um caminho de Porto da Estrela (RJ) a Petrópolis. No início do século XX, havia no país 500km de estradas com revestimento de macadame hidráulico, sendo o tráfego apenas de animais. Em 1928 foi inaugurada pelo presidente Washington Luiz a Rodovia Rio-São Paulo, com 506 km de extensão, representando um marco da nova política rodoviária federal. O grande impulso na construção rodoviária brasileira ocorreu nas décadas de 1940 e 1950, com a criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, oriundo do imposto sobre combustíveis líquidos. O programa de concessões no país teve início em 1996 e essas vêm apresentando qualidade superior quando comparadas às demais vias, muito em função dos altos investimentos preconizados em contrato para conservação das vias.

Atualmente no País, o modal rodoviário é predominante para o transporte de pessoas e de cargas, uma vez que é o mais utilizado para tal movimentação, assim como é o necessário para a interligação entre os demais meios de transporte. Devido ao desequilíbrio na matriz de transportes atual, o modal rodoviário é o principal meio de locomoção de passageiros e de materiais, tanto para o tráfego de longa, quanto para o traslado de média e curta distância (CNT, 2016).

Segundo o Sistema Nacional de Viação (SNV), conforme aponta o estudo realizado em 2017 pela Confederação Nacional de Transportes (CNT), o Brasil é composto atualmente por 1.735.621km de rodovias, sendo apenas 12% destas com estrutura consolidada de um pavimento, ou seja, que tenha pavimento flexível ou rígido. Na Figura 2 se tem um esboço do planejamento atual do País.

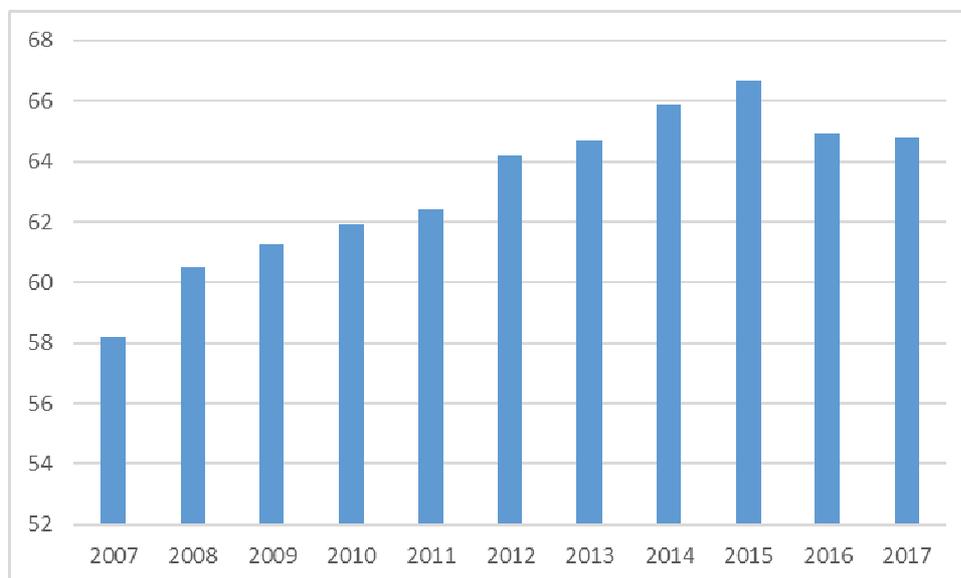
Figura 2 - Patamar da malha rodoviária brasileira



Fonte: CNT, 2017

De acordo com o estudo supracitado, é de se destacar o grande aumento da frota de veículos nos últimos anos, onde se teve um crescimento médio de mais de 102% do número de veículos trafegando pelas rodovias. Por outro lado, a extensão rodoviária federal não cresceu mais do que 11%, rodovias estas responsáveis pelo desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Estes números estão melhor apresentados através da Gráfico 1 e Tabela 1.

Gráfico 1 - Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas, Brasil – 2007-2017 (valores em mil km)



Fonte: CNT, 2017

Tabela 1 - Frota de veículos – 2007/2017

Região	2007	2017	Crescimento 2007-2017 (%)
<b>Brasil</b>	<b>46.937.138</b>	<b>95.009.183</b>	<b>102,4%</b>
Norte	1.782.855	4.901.882	174,9%
Nordeste	6.064.683	16.252.901	168,0%
Sudeste	24.936.282	46.354.096	85,9%
Sul	10.140.670	18.771.864	85,1%
Centro-Oeste	4.012.648	8.818.440	119,8%

Fonte: CNT (2017)

Destaca-se o resultado apresentado para o ano 2016, em relação ao Gráfico 1, onde se visualiza uma diminuição na extensão da malha rodoviária federal pavimentada no País. Tal fato se explica pela transferência de algumas rodovias para a jurisdição Estadual. Sugere-se que o principal motivo para tal manobra seja a coordenação de recursos financeiros para a execução de manutenção e conservação das estradas.

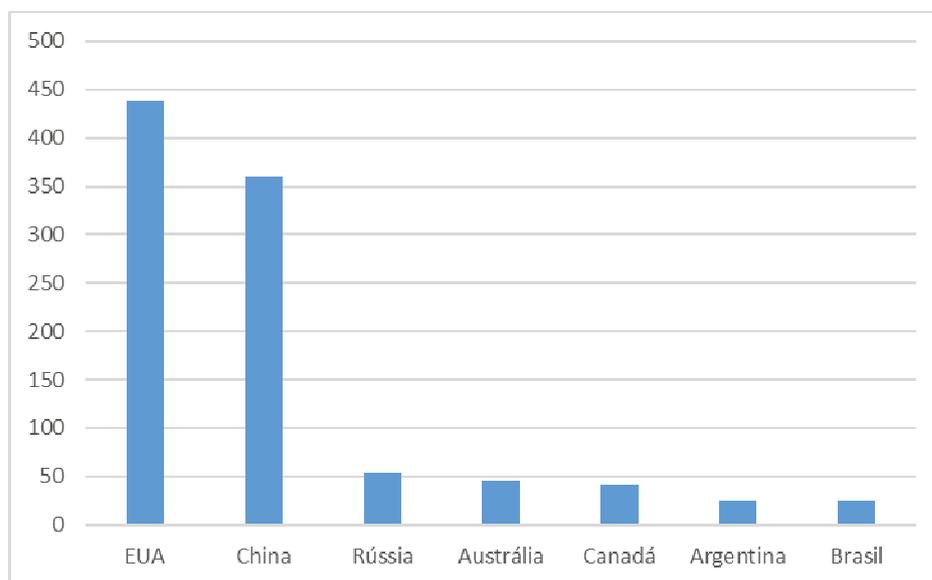
Através desta análise e de outros diversos fatores, como o próprio modelo de dimensionamento de pavimentos normatizado atualmente – um caso a parte discutido e defendido em diversas literaturas – fica evidente que a necessidade de escoamento do setor de transportes teve um grande aumento e a oferta de inovações do setor de pavimentação praticamente ficou estagnada.

Diante de tal discrepância de amadurecimento, um outro fator que colabora para tal feito são as péssimas condições de conservação em que se encontra a malha rodoviária brasileira, principalmente em trechos onde há a presença de revestimento. Conforme aponta a pesquisa da CNT de 2017, cerca de 61% da parcela de rodovias pavimentadas se encontra classificada como “regular”, “ruim” ou “péssima”. Em consequência disto, Bartholomeu e Caixeta (2008) afirmam que rodovias com melhores condições de infraestrutura influenciam significativamente nos custos de transporte, podendo haver uma economia de 7,8% no combustível e 18,7% na manutenção do veículo, quando trafegado por rodovias em melhores condições de conservação. Assim, tal destaque se dá uma vez que a construção de uma nova rodovia já necessitou de um grande aporte financeiro, e com o seu uso aliado a falta de gerência sobre as necessidades de manutenção/conservação acabou resultando em um pavimento altamente deteriorado, a ponto de necessitar novos grandes investimentos para sua restauração, para assim voltar então a oferecer a qualidade de serviços a qual fora projetada.

Comparando-se com países de dimensões territoriais semelhantes ao nosso, entende-se que a falta de investimentos no setor rodoviário é um grande entrave para o atraso econômico que enfrentamos, conforme melhor ilustrado no Gráfico 2.

Neste íterim – de acondicionar desenvolvimento com recurso, tecnologia e inovação para alavancar o crescimento econômico – destacam-se as concessões rodoviárias criadas no Brasil na década de 90, conforme mencionado anteriormente, onde se têm melhores condições de conservação dos pavimentos. Tal feito se dá em virtude do programa de exploração destas rodovias ter alicerçado parâmetros de desempenho mínimos, em troca da exploração da via por pedágios. Para tal eficiência, destaca-se que é necessária a manutenção rotineira da rodovia, assim como a gestão de recursos baseada em planejamento técnico e estratégico.

Gráfico 2 - Densidade da malha rodoviária pavimentada por país (valores em km/1.000 km<sup>2</sup>)



Fonte: CNT, 2016

Conforme Shah et al (2012), a manutenção da rodovia é um dos mais importantes componentes de todo o sistema rodoviário e para o qual deve ser dada a devida importância. A magnitude dos trabalhos envolvidos na manutenção de uma rodovia é muito grande e os fundos disponíveis, em geral, não são suficientes para realizar todas as manutenções. Portanto, se torna necessário a priorização das atividades e locais para a efetiva manutenção. Há de se destacar que a ausência de manutenção e conservação rodoviária é uma forma de retrocesso ao investimento realizado para a construção de uma rodovia.

Então, desde muito tempo atrás as estradas são construídas para escoar cargas e pessoas, sendo no Brasil praticamente deste 1560 e, desde então, o país tem o modal rodoviário como o mais utilizado. Porém, mesmo com mais de 500 anos, o Brasil sofre com a precariedade da malha rodoviária existente, bem como com a falta dela. Mesmo diante desta baixa densidade rodoviária pavimentada, ano após ano os avanços tecnológicos impulsionam a indústria e levam cada vez mais veículos ao tráfego das rodovias brasileiras, gerando então um descompasso entre a infraestrutura oferecida e a necessidade de transporte.

Analisando as vias já existentes, tal desalinhamento é ainda mais perceptível, visto o baixo poder de gerência dos órgãos públicos em coordenar a manutenção

necessária para garantir a vida útil das estruturas. Pensando neste cenário é que foram criadas as concessões rodoviárias, levando o ente privado a complementar esta gestão.

Visto o pavimento ser algo de tamanho valor financeiro agregado, seja por sua construção ou pela sua manutenção, cada vez mais se buscam tecnologias para auxiliar nos processos inerentes à sua engenharia. Então, esta pesquisa busca fomentar esta lacuna, trazendo uma solução tecnológica inovadora para o setor, visando possibilitar auxiliar os diferentes entes (empresas e órgãos públicos) em conectar esforços na hora de realizar a gestão da manutenção de pavimentos de rodovias.

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

O pavimento é um dos maiores ativos da população brasileira, em decorrência dos elevados valores de construção e manutenção, uma vez que é o povo que subsidia sua construção através do pagamento de impostos (SHAH et. al, 2012).

Ao mesmo tempo, evidencia-se uma grande negligência quanto ao seu estado de conservação, uma vez que dados apontam que a conjuntura da malha rodoviária brasileira está em declínio, muito em função da falta de coordenação dos recursos, bem como a capacidade de gestão das equipes pelos diferentes órgãos (CNT, 2017).

Conclui-se do trabalho de Bernucci et al. (2008), até mesmo das instruções de trabalho do DNIT, sobre as técnicas de pavimentação comumente utilizadas para a manutenção de rodovias, onde a metodologia de gestão do serviço de manutenção de pavimentos mais empregada é retrógrada, que levam à utilização de ferramentas manuais (como papel e caneta, por exemplo), excessivos deslocamentos a campo para verificações e validações, sem citar os desperdícios inerentes a execução da atividade propriamente dita. Neste contexto da gestão, verifica-se um grande potencial de desperdício de recursos, bem como a desorganização das informações coletadas no dia-a-dia, tendo a necessidade de transcrever o anotado em campo para o computador, rotineiramente.

Neste processo, tão importante para racionalização dos custos de conservação e manutenção de rodovias, identifica-se a necessidade de novas ferramentas para o processo de gestão que auxiliem no aumento de eficiência.

Desta forma, a lacuna ora a ser preenchida é a seguinte: **“como realizar a gestão da manutenção de pavimento de rodovias, de uma maneira mais eficiente, menos retrógrada e mais produtiva?”**.

Através desta pesquisa, a qual buscou encontrar em plataformas nacionais e internacionais de pesquisa acadêmica ferramentas tecnológicas para a gestão de manutenção de pavimentos de rodovias, concluiu-se o estudo com zero achados da natureza proposta nesta dissertação. O que se sabe é que existem algumas ferramentas tecnológicas desenhadas e projetadas para fins específicos de cada empresa, porém sem qualquer contribuição com o meio acadêmico para disseminação da informação.

## 1.2 OBJETIVOS

Para realizar esta pesquisa foram estabelecidos objetivos geral e específicos, que serão exaltados a seguir.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Para responder à questão da pesquisa apresentada anteriormente, o objetivo principal deste trabalho é propor uma plataforma tecnológica para otimizar o serviço de manutenção de pavimentos de uma rodovia com gestão privada.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Através do diagnóstico da execução da manutenção de pavimentos realizada pela empresa ora em estudo, a qual se assemelha em grande parte ao praticado nas demais empresas do nicho, serão propostas soluções para a melhoria do processo em questão, principalmente com a elaboração de uma plataforma tecnológica (app) que auxilie no desenvolvimento e coordenação das atividades.

Em paralelo, objetiva-se avaliar uma outra ferramenta já utilizada pela empresa, a qual servirá como base para adaptação no modelo de manutenção de pavimentos.

Por fim, procura-se analisar os diferentes recursos da ferramenta tecnológica criada com a finalidade de auxiliar os gestores na manutenção dos pavimentos, exibindo suas funcionalidades e compará-la com a antiga metodologia de gestão.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Destaca-se que a empresa responsável pelo desenvolvimento da ferramenta em questão evidenciou uma grande necessidade em atualizar o procedimento de gestão do serviço de manutenção de pavimentos, visto os altos recursos financeiros investidos neste nicho, aliados com a percepção da desorganização do processo que vinha sendo praticado. Nesta linha, buscaram-se diferentes ferramentas e processos que auxiliassem nesta gestão e se chegou à conclusão que a melhor forma de gerir o serviço de manutenção de pavimentos de rodovias seria com a reorganização de todo o processo desta cadeia (*lean*) e com a o auxílio de plataformas tecnológicas.

Conforme comentado anteriormente, destaca-se que este não é um problema de uma empresa em específico, mas também do país. Reitera-se a necessidade de otimização dos recursos financeiros para uma melhor gestão. Ilustra-se tal fato através da Figura 3, a qual apresenta a matéria publicada no Correio Brasiliense em 11 de agosto de 2016, informando que o Brasil gastou o equivalente a 11,6% do PIB com logística de rodovias e que as causas para o alto custo logístico das mercadorias esbarram na infraestrutura, que contribui diretamente para o denominado “Custo Brasil”.

Outro fator preponderante que se observa é a falta de tecnologia embutida nos processos de manutenção de rodovias. Desta forma, poderá ser avaliado também se a manutenção através de ferramentas tecnológicas pode ser realizada.

Ainda, através do trabalho de Lacerda et. al (2013), verificou-se que uma das principais necessidades da metodologia de pesquisa denominada Design Science Research, para sua consolidação neste meio acadêmico, é a condução de novas

pesquisas com a mesma. Desta forma, esta pesquisa culmina com os termos para enquadramento na metodologia, proporcionando então uma contribuição para tal.

Figura 3 - Reportagem ilustrativa do “Custo Brasil”



The image shows a screenshot of a news article from the website 'CORREIO BRAZILIENSE'. The article is titled 'Brasil gasta o equivalente a 11,6% do PIB com logística em rodovias'. The sub-headline reads: 'As causas para o alto custo logístico das mercadorias brasileiras esbarram na infraestrutura que contribui diretamente para o Custo Brasil'. The article was posted on 11/08/2016 at 06:00 and updated at 18:37. The author is listed as Flávia Maia and Adriana Bernardes. The article includes social media sharing buttons for Facebook, Google+, and Twitter, as well as a 'compartilhar' button. The breadcrumb trail shows: 'Início / Cidades-DF / Brasil gasta o equivalente a 11,6% do PIB com logística em rodovias'.

Fonte: Notícia reportada no Correio Braziliense em 11 de agosto de 2016

#### 1.4 DELIMITAÇÃO

A pesquisa em questão tem o viés de explorar uma ferramenta tecnológica que auxilia na conservação de rodovias (sinalização, roçada e demais elementos), porém o foco principal é utilizar o conhecimento desta exploração para a criação de um novo aplicativo, com o objetivo único e exclusivo de atuar em gestão da manutenção de pavimento.

Para tanto, será tratado como é o atual processo de conservação de pavimento e, então, mostrar passo a passo sobre como se deu o processo de criação da nova ferramenta tecnológica e, por fim, conforme a metodologia recomenda, demonstrar sua aplicabilidade. Destaca-se que não serão abordados nesta pesquisa assuntos relacionados aos ganhos financeiros oriundos da gestão de manutenção de pavimentos com o uso da nova plataforma tecnológica.

O viés proposto desta pesquisa é uma nova metodologia de gestão do serviço de manutenção de pavimento de rodovias, através da criação de uma ferramenta tecnológica. A nova ferramenta não tem o intuito de auxiliar na tomada de decisões,

ou seja, não foi projetada para funcionar como um SGP (Sistema de Gerência de Pavimentos), que reúne uma série de dados técnicos para promover a tomada de decisões. Com o uso da nova ferramenta se busca praticar a gestão rotineira de manutenção de pavimentos de uma maneira mais eficaz, devendo ser atrelada à estudos técnicos que embasem a tomada de decisões. Também, traz-se ao longo do trabalho conceito de IoT (*Internet of things*), apenas contextualizando que a ferramenta tecnológica proposta nesta pesquisa está inserida em um contexto de tecnologia e modernidade em que vivemos, não tendo esta pesquisa a intenção de caracterizar o app como IoT.

Ainda, foi visto e está explícito ao longo da revisão bibliográfica que o conceito de manutenção é diverso, dependente de seu objetivo e também da maneira como é realizado. Ao longo desta pesquisa foi exposta a ferramenta tecnológica com o propósito de auxiliar na manutenção de pavimento, ou seja, utilizou-se o conceito “manutenção” para tratar sobre a ferramenta. Sabendo-se que, em conceitos de engenharia rodoviária, o conceito correto deveria ser conservação, o qual é uma derivação da manutenção, porém foi escolhido o conceito “manutenção” para facilitar a compreensão da leitura.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está disposta em 6 capítulos, acompanhada das referências bibliográficas, conforme elencado abaixo:

- 1 Introdução
- 2 Fundamentação teórica
- 3 Metodologia
- 4 Análises e Discussões
- 5 Discussão dos Resultados
- 6 Considerações Finais e Sugestões
- Referências bibliográficas

Na parte introdutória, comentou-se um pouco sobre o histórico das vias, contextualizando sobre os problemas hoje enfrentados nas rodovias do Brasil, muito em função da falta de manutenção. Com isto, exaltou-se o problema da pesquisa em questão, ressaltando os objetivos e justificando a importância desta pesquisa.

Para fundamentar a pesquisa, buscou-se na literatura diversos conceitos e referências para embasamento, principalmente relacionando manutenção, *lean construction* e Internet das Coisas (IoT).

Na sequência está abordada a metodologia utilizada no presente estudo, onde se encontrou na *Design Science Research* o modelo ideal para condução da pesquisa, relatando as etapas necessárias para a conclusão do trabalho.

Com isto, no próximo capítulo estão comentadas as análises e discussões acerca do acompanhamento da criação da ferramenta tecnológica, projetada para auxiliar na gestão do dia-a-dia da manutenção de pavimentos de rodovias. Nesta parte do trabalho também se trouxe um estudo exploratório de uma outra ferramenta, já concebida e implantada, em pleno funcionamento na empresa, a qual serviu de modelo para a criação deste novo constructo aqui proposto.

Logo após se evidenciam as discussões sobre os achados da pesquisa, trazendo a opinião deste autor sobre o tema. Em sequência, abordam-se as conclusões sobre este projeto de pesquisa, evidenciando os resultados da mesma e trazendo a tona possíveis pontos de sequência do assunto, que servirão de embasamento para projetos futuros.

Por fim, estão expostas todas as referências que foram muito importantes para a condução da presente pesquisa.

Na Figura 4 se ilustra a estrutura comentada, a partir de seus capítulos.

Figura 4 - Estrutura da pesquisa

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>4. ANÁLISES E DISCUSSÕES</b>
Histórico das vias	Manutenção	Método de pesquisa	Estudo exploratório
Contexto das rodovias	Manutenção de pavimento	Método de trabalho	Identificação do problema
Problema da pesquisa	Lean construction	Etapas da pesquisa	Definição dos resultados esperados
Objetivos gerais e específicos	Plataformas tecnológicas		Projeto e desenvolvimento
Justificativa da pesquisa			Demonstração
Delimitações			Avaliação
Estrutura da dissertação			Comunicação
<b>5. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS</b>	<b>6. CONCLUSÕES</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
Opinião do autor	Considerações finais		
	Sugestões		

Fonte: Próprio Autor (2018)

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Visando conhecer um pouco mais sobre conceitos inerentes à pesquisa em questão, buscaram-se diferentes referências bibliográficas para elucidar alguns assuntos e auxiliar na condução do trabalho.

Será iniciado este capítulo com alguns fundamentos sobre os diferentes tipos de manutenção, pois se acredita que a manutenção de pavimentos, ora em estudo para desenvolvimento da ferramenta tecnológica, segue os princípios de manutenção corretiva e preventiva, aqui mais debatidos pelos autores quanto intensamente à indústria. Logo após, se busca abordar sobre a manutenção de rodovias, conectando conceitos entre referências da indústria e engenharia rodoviária.

Também, como a proposta desta pesquisa é, de maneira objetiva, organizar o processo da realização de manutenção de pavimento em busca de algo mais produtivo, serão, brevemente, abordados conceitos de “*lean construction*”.

Por fim, com o intuito de contextualizar a questão tecnológica, uma vez que o foco da pesquisa é a criação de uma ferramenta tecnológica, buscaram-se algumas referências sobre o uso de novas tecnologias relacionadas à celulares e smartphones, bem como o próprio uso de aplicativos.

### 2.1 MANUTENÇÃO

Monchy (1989) apresenta a conceituação da Associação Francesa de Normatização, na qual a “manutenção é o conjunto de ações que permita manter ou restabelecer um bem, dentro de um estado específico ou na medida para assegurar um serviço determinado”.

Para Moubray (2000), manter é o mesmo que dar continuidade ao que já existe, onde equipamentos, instalações, sistemas, entre outros, cumpram ou preservam suas funções.

Autores como Slack et al. (1997), observam que a manutenção é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas.

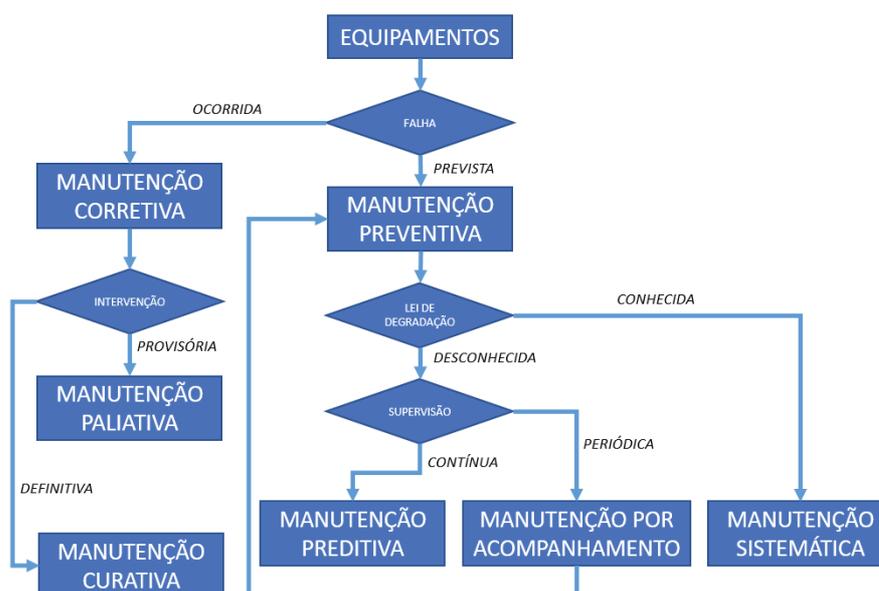
Buscar vantagens, competitivamente, é e sempre foi uma das mais importantes metas gerenciais e administrativas das empresas, em quaisquer patamares que se encontrem (VACCARO,1997). Komninakis et. al (2018) reafirmam o pressuposto, comentando que a manutenção tem alto impacto na competitividade do mercado, seja o nicho que estiver alocado. Sellitto et. al (2002) complementam que a gestão da manutenção tem um alta relevância na estratégia empresarial, uma vez que a redução de custos depende diretamente da produtividade, podendo propiciar maiores faturamentos.

A manutenção adequada ajuda a manter o custo do ciclo de vida baixo, assegura operações adequadas e facilita a logística interna (WAEYENBERGH & PINTELON, 2002).

De maneira geral, afirma-se que a evolução tecnológica dos equipamentos, o desenvolvimento de processos e técnicas mais inteligentes, controles cada vez mais eficientes e equipes cada vez mais bem qualificadas, transformaram as áreas de manutenção em segmentos estratégicos dentro de uma empresa (NUNES, 2001).

Posto isto, destaca-se que a manutenção pode ser subdividida, de acordo com a forma que é tratado o problema. Monchy (1989) apresentou de uma maneira mais simplificada, em forma de diagrama, os diferentes tipos de manutenção adotados baseados em cada situação, conforme expostos na Figura 5.

Figura 5 – Formas de Manutenção, segundo Monchy (1989)



Fonte: Adaptado de Monchy (1989)

### **2.1.1 Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva pode ser entendida como todo trabalho de manutenção realizado após a falha do equipamento, com o intuito de reestabelecer a sua função requerida, eliminando o estado de falha (NUNES, 2001).

Para Komninakis et. al (2018), a manutenção corretiva consiste na substituição de peças ou componentes que se desgastaram ou falharam ocasionando assim uma paralisação total ou parcial de um sistema.

Observar algo que foi quebrado ou danificado ser consertado ou substituído, para que o funcionamento do conjunto possa ser reestabelecido, é exemplo de operações de manutenção corretiva, acionadas após a ocorrência de quebras ou paradas imprevistas (Almeida, 2014).

Ainda segundo Almeida (2014), a manutenção corretiva é um conjunto de procedimentos que são executados com a finalidade de atender imediatamente a produção, a máquina ou o equipamento que parou. A equipe age imediatamente para reestabelecer seu funcionamento o mais rápido possível, porém, este tempo de manutenção pode gerar custos imprevistos inicialmente, até mesmo acarretando aos operadores ociosidades e horas que seriam produtivas em serviços de manutenção.

Normalmente, os reparos são executados sem planejamento e em caráter emergencial. É o tipo de manutenção que gera maiores custos de execução devido à falta de um planejamento prévio. Mesmo apresentando custos elevados, é muito difícil eliminar completamente este tipo de manutenção, pois não há como prever o momento exato em que se verificará um defeito que exigirá uma manutenção corretiva (KOMNINAKIS et. al, 2018).

De acordo com Kardec & Nascif (2009), quando as empresas adotam a manutenção corretiva como estratégia, o setor responsável por esta função não desempenha o seu principal papel, que consiste em gerenciar os equipamentos, tornando-os subalternos à manutenção e não ao contrário.

Ainda, de acordo com a estratégia adotada, a manutenção corretiva pode ter duas subclassificações, segundo Monchy (1989): paliativa e curativa.

#### 2.1.1.1 Manutenção paliativa

Conforme aponta o dicionário, paliativo é algo que melhora ou alivia momentaneamente, mas não é capaz de curar ou resolver o problema. Isto se afirma quando visto o trabalho de Lundgren et. al (2018), que comentam que a capacidade em recuperar um elemento que parou um ciclo, o colocando o mais rápido possível de volta ao trabalho, com uma garantia provisória de funcionalidade, pode ser considerado como uma manutenção paliativa.

#### 2.1.1.2 Manutenção curativa

Algumas bibliografias também trazem o conceito como manutenção corretiva planejada. Nesta, o objetivo igualmente é retomar a produtividade do equipamento o mais rápido possível, uma vez que o mesmo quebrou de maneira inesperada, porém se realiza a manutenção de maneira definitiva, ou seja, conserta-se a origem do problema para evitar novas paradas/quebras (Monchy, 1989).

### **2.1.2 Manutenção Preventiva**

É a manutenção propriamente dita, isto é, baseia-se em manutenções previstas no programa básico de utilização do equipamento ou do sistema, sendo realizada antes que apareçam defeitos nos equipamentos, a fim de evitar um período ocioso da produção (FERREIRA, 2018).

A manutenção preventiva busca prever paradas periódicas com o intuito de substituir peças desgastadas por novas peças, antes mesmo que a vida útil destas esteja esgotada, evitando assim falhas no funcionamento do equipamento por um período conhecido. As trocas de peças ocorrem em períodos baseados em informações, sendo alimentada por dados de fabricantes, históricos de manutenção e avaliações das instalações através de atividades rotineiras (BEZZERA, 2000).

Da mesma forma que a corretiva, segundo Monchy (1989) a manutenção preventiva também pode ter subclassificações: preditiva, por acompanhamento e sistemática.

### 2.1.2.1 Manutenção preditiva

Monchy (1989) comenta em seu trabalho que a manutenção preditiva é realizada quando se tem conhecimento do potencial de falha do equipamento, aliado ao desconhecimento do processo de degradação do mesmo, mas com uma supervisão contínua para que não hajam imprevistos.

Com o foco principal em prever falhas, a manutenção preditiva é realizada através do acompanhamento dos diferentes parâmetros do sistema, até que a aproximação da degradação ocorra, sendo então aplicadas medidas de intervenção (VILLANUEVA, 2015).

Corrêa & Corrêa (2006) explicam que a manutenção preditiva é geralmente aplicada quando existe a possibilidade de monitoramento de condições que determinem a falha, como ruídos, temperaturas ou vibrações, ou ainda, quando a manutenção for excessivamente dispendiosa.

Para Kroner (1999) a manutenção preditiva foi o passo na revolução da manutenção, quando começou a ter tratamento científico e decisivo para que passasse a ser vista como algo absolutamente necessário e que não precisa atrapalhar o processo produtivo.

Como resultado, visualiza-se uma maximização dos intervalos de reparos por quebras, aumentando assim o rendimento do processo produtivo, uma vez que a operação terá mais tempo fértil (FERREIRA, 2018).

### 2.1.2.2 Manutenção por acompanhamento

Alguns autores intitulam este tipo de manutenção como detectiva. De acordo com Pinto & Xavier (1999), pode-se definir manutenção detectiva como o acompanhamento de sistemas buscando detecção de falhas ocultas ou que não são perceptíveis aos operadores, com o objetivo de prevenir que falhas ocultas gerem falhas múltiplas. Para Moubray (2000), este tipo de manutenção está ligado principalmente a aspectos de segurança.

### 2.1.2.3 Manutenção sistemática

Por alguns autores considerada como Engenharia de Manutenção, segundo Kardec & Nascif (2009) a prática é considerada como uma quebra de paradigma e uma mudança cultural, no qual se dedica a consolidação da rotina e implantação da melhoria, ainda definindo como primordial o aumento da confiabilidade, disponibilidade e segurança, além da eliminação de problemas crônicos.

## 2.2 MANUTENÇÃO DE RODOVIAS

Na engenharia rodoviária é muito comum pensar em manutenção e conservação como uma única coisa, porém se torna impróprio assumir o conceito “manutenção” como o mesmo significado do conceito “conservação”, na medida que o processo de conservação é apenas um dos grupos de intervenções relacionados na manutenção (DNIT, 2006).

Segundo a publicação de 2006 do Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a manutenção de rodovias compreende um processo sistemático que uma rodovia deve ser submetida, buscando sempre oferecer aos usuários da via mais conforto, economia e segurança.

Ainda segundo o DNIT, a manutenção deve ser realizada através de ações sistemáticas e programadas, diante de eventos cronológicos ou da ocorrência de eventos supervenientes. Estas ações podem ser enquadradas em quatro grupos básicos: conservação de rodovias; melhoramentos dos sistemas de drenagem e segurança; recuperação do pavimento por sua restauração; e recuperação do pavimento por sua reabilitação, geralmente nesta ordem de criticidade (da menor para a maior).

A conservação rodoviária é um conjunto de operações corretivas rotineiras, preventivas periódicas e/ou de emergência realizadas para preservar as condições físicas das vias (DNIT, 2006). Segundo as terminologias utilizadas no Manual de Restauração de Pavimentos, pode se dizer que:

“

- *Conservação corretiva rotineira: é o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e reestabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia, proporcionando conforto e segurança aos usuários.*
- *Conservação preventiva periódica: é o conjunto de operações de conservação realizadas periodicamente com o objetivo de evitar o surgimento ou agravamento dos defeitos. Trata-se tarefas requeridas durante o ano, mas cuja frequência de execução depende do tráfego, da topografia, e de efeitos climáticos.*
- *Conservação de emergência: é o conjunto de operações a serem eventualmente realizadas com o objetivo de recompor, reconstruir ou restaurar trechos que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário ou catastrófico, colocando em flagrante risco o desenvolvimento do tráfego da rodovia ou ocasionando a sua interrupção.*

”

### **2.2.1 Modelos de Contratação de Manutenção de Rodovias**

Segundo Chen (2010) apud Pakkala et al (2007), a manutenção de rodovias pode ser realizada de duas formas: a) internamente, ou seja, onde o próprio Estado contrata os profissionais e executa a manutenção com equipamentos próprios da União e; b) terceirizada, onde o Estado subcontrata todo o serviço e aguarda a entrega final do produto contratado. Países desenvolvidos como os Estados Unidos, Canadá, Austrália e alguns Europeus utilizam a primeira metodologia, já países como o Brasil preferem a terceirização para empreiteiras privadas.

Se tratando de rodovias federais brasileiras, sabe-se que até 1970 o extinto órgão nacional Departamento de Estradas e Rodagem (DNER) utilizava pessoal e equipamentos próprios para a manutenção e restauração de rodovias. A partir desta

data foram sendo incorporados contratos de terceirização (ALVES & SANTAREM, 2007).

Atualmente no Brasil, o DNIT tem optado basicamente por duas modalidades de contratação, ambas terceirizadas, denominadas programas CREMA (Contrato de restauração e manutenção) e PATO (Plano Anual de Trabalho), (ALVES & SANTAREM, 2015). O DNIT afirma que, em 2014, manteve em execução 30.300 km de extensão de rodovias distribuídos em diversos contratos da modalidade CREMA e 11.500 km em contratos cuja a modalidade de contratação foi do tipo PATO.

Embora o país tenha muito pouco recurso financeiro para garantir a gestão da manutenção de todas rodovias, ainda assim se evidencia uma grande vultuosidade de trabalho, demonstrando que a ferramenta tecnológica proposta nesta pesquisa, desde que adequada as necessidades dos diferentes órgãos, tem total capacidade de contribuir com essa gestão, possibilitando a racionalização dos recursos até mesmo da União.

#### 2.2.1.1 CREMA – Contrato de restauração e manutenção

Basicamente, o contrato combina a restauração e a manutenção da rodovia, ou seja, empreiteiros são contratados para realizar primeiramente a restauração do corpo estradal e, logo após, ficam incumbidos de manter a rodovia por um período de cinco anos (PAKKALA et al, 2007).

#### 2.2.1.2 PATO – Plano anual de trabalho

De maneira simplificada, a contratação das empreiteiras se dá através de um orçamento anual de referência elaborado pelo Órgão de controle, para um determinado segmento de rodovia, para realizar serviços de conservação da rodovia (PAKKALA et al, 2007).

### 2.3 METODOLOGIA *LEAN*

Como o foco da pesquisa visa conceber uma ferramenta tecnológica para auxiliar no processo de manutenção de pavimentos de rodovias, uma das premissas

básicas foi a de organizar o fluxo deste procedimento. Assim, visualizou-se na metodologia *lean* conceitos importantes de organização, os quais foram necessários para a construção da nova ferramenta.

Segundo Camera et al (2015), em uma empresa sempre existe a necessidade de desenvolvimento de uma política de gestão mais eficiente, a fim de conduzir ganhos mais apreciáveis. É possível atingir uma melhor gestão através do melhor desempenho na produção, reduzindo os desperdícios de insumos devido ao planejamento mal executado, melhoria na qualidade das obras, entre outros fatores, afim de melhorar o gerenciamento dos serviços prestados.

Neste cenário, surgiu uma filosofia de pensamento a qual apresenta grande impacto nas cadeias produtivas, a *lean production*. Mais tarde, esta filosofia foi aplicada ao setor da construção civil, iniciado através do trabalho cujo nome é "*Application of the new production philosophy to construction*", de Koskela, 1992, utilizando o nome *lean construction*.

Segundo Baumhardt (2002), até o ano de 2002 esta filosofia ainda era um tema recente no setor da construção, carente de maiores análises. Contudo, aos poucos, veio se tornando uma filosofia gerencial cada vez mais aceitável dentro das empresas de construção, pelo fato da *lean construction* aprimorar a eficiência das atividades que geram valor, agregando o máximo valor aos produtos sob a ótica dos clientes, diminuição de desperdícios, menor variabilidade, redução de ciclo, entre outros fatores.

Através da ótica da filosofia gerencial da *lean construction*, referida por Koskela (1992), o setor da construção deve considerar os requerimentos esperados pelos consumidores dos produtos, sejam eles os consumidores intermediários ou finais. Sendo assim, a produção deve focar na padronização, evitando a variabilidade e inconstância em seus processos de forma a evitar perdas. Os tempos dos ciclos devem ser reduzidos através da simplificação dos processos (BAUMHARDT, 2002).

No modelo proposto por Koskela, o processo é visto como um fluxo de material, sendo constituído por transporte, espera, processamento e inspeção, semelhante ao hoje encontrado na manutenção de rodovias. De todos estes itens comentados, apenas o processamento agrega valor, os demais são atividades do fluxo (BAUMHARDT, 2002).

Estudos apontam que na transição dos princípios *lean* da produção para a construção, apesar de lentas, as perdas do processo parecem estar relacionadas principalmente aos desafios envolvendo a aplicação prática em um contexto diferente (GAO & LOW, 2013).

Nikakhtar et al (2015) comentam que a visão de fluxo de processos na *lean construction* é definida pelo movimento de materiais, informações e equipamentos através do sistema. Isto é, os processos são definidos como não apenas composições das transformações, mas também a inspeção, espera, transparência de informações, movimentações de materiais e equipamentos. Possuir uma visão de fluxo de processos, além de expor melhorias e oportunidades em um ambiente construtivo, contribui para minimizar os desperdícios, alcançando um fluxo contínuo sem movimento desnecessário, interrupções e com menor tempo de espera dos trabalhadores, aumentando assim a produtividade e eficiência dos colaboradores.

Os benefícios da aplicação da filosofia do *lean construction* são diversos. De acordo com Sarhan et al (2017), a *lean construction* projeta formas de sistemas de produção a fim de minimizar os desperdícios gerados ao longo da construção, desperdícios em materiais, tempo, esforço humano. Tem o foco em melhorias contínuas, com o objetivo de facilitar o dia-a-dia do colaborador.

Sarhan et al (2017) ainda comentam que a filosofia *lean* aplicada na construção pode levar ao aumento da qualidade e da produtividade no setor. Além disto, é capaz de trazer melhores condições de trabalho ao colaborador nos locais de construção, reduzindo o estresse físico e psicológico.

Conforme Rahman et al (2012), a aplicação de conceitos *lean* tanto nos projetos quanto na execução das obras, leva a um sistema de entrega eficaz e processos que agreguem valor, aumentando a produtividade, a saúde, a segurança dos colaboradores, assegurando a sustentabilidade ambiental e melhorando o desempenho geral do projeto e da questão financeira, alcançando resultados satisfatórios tanto para a empresa, quanto para o cliente.

## 2.4 PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS

A falta de alcance da comunicação sempre foi um desafio e, desde antigamente, diversas ideologias de comunicação vêm sendo apresentadas para

estreitar esta distância (COSTELLA, 2002). Desta análise, Costella (2002) diz que o crescimento do conhecimento de diferentes tecnologias culminou para a criação dos celulares, que hoje são fundamentais para atenderem esta demanda de comunicação.

Inicialmente, o telefone celular era apenas destinado à comunicação por voz. Posteriormente, suas funções foram sendo ampliadas e hoje temos os chamados *smartphones*, que reúnem telefonia, internet, jogos, recursos pessoais, entre outros em um só aparelho portátil. A junção dos recursos iniciais propostos para os aparelhos celulares com o acesso à rede de dados de internet potencializou as possibilidades de acesso e compartilhamento de conteúdo, estreitando assim a comunicação dos mais variados interesses (MERIJE, 2012). Straubhaar & LaRose (2004) dizem que a combinação de tecnologias de computação com a telecomunicação pode ser considerada na comunicação contemporânea como o sistema nervoso central.

Segundo dados da Anatel (2018), foram computados no Brasil 235,7 milhões de aparelhos celulares ativos atualmente, tendo uma densidade de 112,87 celulares para cada 100 habitantes, ou seja, uma média maior do que um celular por pessoa.

Com esta alta densidade de celulares, cada vez mais os usuários procuram aparelhos mais modernos e mais tecnológicos. Desta análise, os aplicativos para *smartphones* cada vez ganham mais espaço e se multiplicam, para as mais variadas necessidades. Aplicativos móveis em *smartphones* e *tablets* são cada vez mais empregados nas empresas para otimizar os processos de negócios, por exemplo, pela eliminação de coleta de dados em papel. No que diz respeito à engenharia, os aplicativos móveis oferecem um enorme potencial oferecendo maior flexibilidade e eficiência, possuindo características de ofertar o serviço em qualquer lugar e a qualquer momento (HOOS et al, 2015).

As discussões em torno das novas tecnologias, que conseqüentemente resultam em grandes mudanças culturais na sociedade contemporânea, têm aumentado nos últimos anos na medida em que se percebe o crescimento do uso de dispositivos móveis de comunicação, cada vez mais incorporados ao cotidiano dos indivíduos. Comunicação digital, mobilidade e informação são tendências e, independentemente do tipo de conteúdo digital, há uma propensão de chegar ao usuário final por meio de *app's* (FEIJÓ et. al, 2013).

As experiências possibilitadas por esses dispositivos também alteram as lógicas tradicionais de usabilidade e interação, pois permitem facilidades como o acesso em qualquer hora e local, impulsionado por diferentes estímulos (FEIJÓ et. al, 2013).

Ainda segundo Feijó et. al (2013), as universidades, por serem centros de produção e disseminação do conhecimento, precisam estar atentas às tendências relacionadas aos dispositivos móveis e incentivar, além do desenvolvimento de aplicativos, a elaboração de mecanismos que possibilitem avaliar suas potencialidades e limitações, tendo em vista o pleno atendimento das necessidades dos usuários que cada vez mais organizam suas rotinas com base em informações disponibilizadas por tais aplicativos.

#### **2.4.1 Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*)**

IoT, conhecido no Brasil como Internet das Coisas (*Internet of Things*) é um termo criado no final do século passado pelo instituto de tecnologia de Massachusetts (MIT) para definir uma ideia de rede que interligava objetos físicos, prédios, veículos, a fim de criar uma colaboração coletiva de informações por radiofrequências. Hoje, imagina-se que ela ligue todos esses objetos pela internet e que cada um deles possa dar informações variadas para os mais diferentes usos (TROUNG & DUSTDAR, 2015). Segundo o próprio site do Google, se o usuário não cancelar, previamente, nas opções de privacidade de seu smartphone, a empresa coleta dados, como a posição de geolocalização, para criar informações sobre o trânsito, por exemplo.

A expansão da IoT tem conectado diversos dispositivos, sensores, controladores e softwares na Internet (BARNAGHI et al., 2012).

Conforme o artigo “A onda da IoT no mar brasileiro”, publicado na edição 126 da revista HSM Management, o governo federal brasileiro anunciou o Plano Nacional da Internet das Coisas, com o objetivo de impulsionar a economia do país através de iniciativas tecnológicas (ANGELO, 2017). Segundo o artigo, o especialista da *Harvard Business School* Michael Porter, a IoT será a mudança mais substancial na produção de bens desde a Segunda Revolução Industrial, inclusive relacionando a mesma com a indústria 4.0.

O investimento massivo em tecnologia de informação (TI) nos processos das empresas é algo que vem acontecendo e só tende a aumentar. O motivo é simples: agilidade e produtividade são fundamentais para o crescimento delas. Daí a importância de ter softwares que atuem nos diversos nichos das companhias (INOVAPARQ, 2016).

#### **2.4.2 Tendências da Tecnologia da Informação**

Segundo a revista TI Inside, através de uma publicação de um artigo online em dezembro de 2017, a informação dentro de uma empresa está cada vez mais em pauta, devido a necessidade de avanços tecnológicos. Segundo eles, a transformação digital requer agilidade e velocidade nas operações.

Conforme aponta o estudo do Gartner Group, que no mundo é uma das consultorias mais especializadas no assunto de TI, se as empresas buscam vantagens elas devem se atentar em algumas tendências para o ano de 2019, como por exemplo: autonomia, análise aprimorada, desenvolvimento automatizado, armazenamento em nuvem descentralizado, realidade virtual (CEARLEY, 2018). Já o Canaltech aponta somente três tendências para o ano de 2019: aplicação em nuvem, ferramentas para nuvem e realidade virtual (CANALTECH, 2018).

O que se passa a ver na bibliografia consultada é que a inovação tecnológica deve estar presente nas empresas que buscam crescimento. Diante disto, se vê que a proposta desta pesquisa está totalmente conectada com estes propósitos, uma vez que visa aliar a tecnologia aos serviços de engenharia.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo será abordado em duas partes. A primeira trata do método da pesquisa, abordando o método científico da mesma. A segunda parte visa apresentar as etapas em que a pesquisa foi executada.

#### 3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Silva & Menezes (2001), cada pesquisa pode ser classificada de uma maneira diferente, de acordo com os seus fatores. Na Tabela 2 ficam demonstradas as classificações de uma pesquisa, conforme o autor.

Tabela 2 - Classificações de uma pesquisa

<b>Classificação</b>	<b>Tipo de Pesquisa</b>	<b>Descrição</b>
Procedimentos Técnicos	Bibliográfica	Quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e de material disponibilizado na internet
	Documental	Quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico
	Experimental	Quando se determina um objeto de estudo. Selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo. Definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto
	Levantamento	Quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer
	Estudo de Caso	Quando envolve o estudo profundo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento
	Pesquisa-Ação	Quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. O pesquisador e os participantes estão envolvidos de modo cooperativo e participativo
	Pesquisa-Participante	Quando a pesquisa se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e os membros da situação investigada

	Expost-Facto	Quando o experimento se realiza após o acontecimento dos fatos
Natureza	Básica	Pesquisa que objetiva gerar conhecimentos novos e úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista
	Aplicada	Objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática dirigida a solução de problemas específicos
Abordagem	Quantitativa	Pesquisa aplicada através de estudos estatísticos voltados a quantificação do objeto de estudo
	Qualitativa	Pesquisa onde o processo da interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa. Os dados são analisados indutivamente
Objetivos	Exploratória	Visa proporcionar maior familiaridade com o objeto do estudo, tentando torná-lo explícito ou a construir hipóteses
	Descritiva	Visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou ainda o estabelecimento de relação entre variáveis
	Explicativa	Visa identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. Aprofunda o conhecimento porque explica o "porquê" das coisas

Fonte: Silva & Menezes (2001)

Ainda, há de se adicionar a *Design Science Research* (DSR), a qual se assemelha em grande parte à pesquisa-ação e até mesmo ao estudo de caso. Trabalhos que formalizem soluções organizacionais na lógica de artefatos encontram abrigo nessa definição (JÄRVINEN, 2007).

Como o objetivo ora pesquisado é de se construir um artefato tecnológico para a solução de problemas de gestão de serviços de manutenção de pavimentos de rodovias, verificou-se através da DSR a melhor abordagem metodológica para condução desta pesquisa.

### 3.1.1 Design Science Research

A necessidade de relacionar a teoria à prática é fundamental, uma vez que o conhecimento é uma das principais fontes de inovação. Deste modo, direcionar

pesquisas para os problemas existentes é primordial para o avanço técnico e tecnológico.

A DSR tem um objetivo de criação, ou seja, estudar e projetar uma solução/constructo para problemas do dia-a-dia, tanto do ponto de vista técnico/acadêmico quanto da óptica das organizações (BAYAZIT, 2004), concebendo conhecimento e projetando soluções (VAN AKEN, 2004). Çagdas & Stubkjaer (2011) complementam que a DSR se constitui em um processo de conceber artefatos para resolver problemas cotidianos, avaliando e comunicando os resultados do que foi projetado.

Nesse sentido, cada vez mais as companhias devem incluir a DSR como um dos principais modos de criar e gerenciar pesquisas (ROMME, 2003). Não há de se ignorar que as empresas enfrentam dificuldades específicas, porém Van Aken (2004) argumenta que tais barreiras devem ser generalizadas, criando classes de problemas, e assim possibilitando a replicação do conhecimento adquirido com a construção dos novos artefatos, re combinando e/ou alterando os softwares, produtos ou processos (VENABLE, 2006).

Verifica-se que as características da DSR se assemelham muito às de Pesquisa-Ação e até mesmo Estudos de Caso, porém na DSR é necessária a avaliação do artefato pelo pesquisador (LACERDA et. al, 2013). Segundo Venable (2006), esta avaliação pode ocorrer até mesmo artificialmente, através de simulações computacionais e experimentos laboratoriais ou de campo.

A avaliação é um processo que pode ocorrer de diferentes maneiras, onde que para Bruseberg & McDonagh-Philip (2002) pode ser realizado até mesmo por grupos focais, onde discutam e cheguem a soluções satisfatórias, auxiliando na construção de novas ideias.

Hevner et al. (2004) ainda propõem outras metodologias de avaliação de artefatos concebidos através da DSR, conforme Tabela 3.

Portanto, destaca-se que esta pesquisa trata uma abordagem qualitativa, conduzida sob a óptica da DSR, experimentalmente. Para tanto, ao longo do desenvolvimento da pesquisa foram demonstradas as possibilidades da ferramenta tecnológica criada, uma vez que foi concebida através de um grupo de profissionais cunhados em criar, testar e experimentar o aplicativo.

Tabela 3 – Avaliação de artefatos, através da ótica da DSR

Forma de avaliação	Métodos propostos
Observacional	Estudo de caso: estudar o artefato existente, ou não, em profundidade no ambiente de negócios. Estudo de campo: monitorar o uso do artefato em projetos múltiplos. Esses estudos podem, inclusive, fornecer uma avaliação mais ampla do funcionamento dos artefatos, configurando um método misto de condução da pesquisa.
Analítico	Análise estatística: examinar a estrutura do artefato para qualidades estáticas. Análise da arquitetura: estudar o encaixe do artefato da arquitetura técnica do sistema técnico geral. Otimização: demonstrar as propriedades ótimas inerentes ao artefato ou então demonstrar os limites de otimização no comportamento do artefato. Análise dinâmica: estudar o artefato durante o uso para avaliar suas qualidades dinâmicas (por exemplo, desempenho).
Experimental	Experimento controlado: estudar o artefato em um ambiente controlado para verificar suas qualidades (por exemplo, usabilidade). Simulação: executar o artefato com dados artificiais.
Teste	Teste funcional ( <i>black box</i> ): executar as interfaces do artefato para descobrir possíveis falhas e identificar defeitos. Teste estrutural ( <i>white box</i> ): realizar testes de cobertura de algumas métricas para implementação do artefato (por exemplo, caminhos para execução).
Descritivo	Argumento informado: utilizar a informação das bases de conhecimento (por exemplo, das pesquisas relevantes) para construir um argumento convincente a respeito da utilidade do artefato. Cenários: construir cenários detalhados em torno do artefato, para demonstrar sua utilidade.

Fonte: Hevner, et al. (2004)

### 3.2 MÉTODO DE TRABALHO

Conforme comentado anteriormente, esta pesquisa será conduzida sob a ótica da *Design Science Research*, para criação de um aplicativo para gestão da manutenção de pavimento. Para tanto, destaca-se que a metodologia possui uma sistemática ideal para guiar a elaboração de novos artefatos e se utilizou a metodologia proposta por Peffers et al. (2008), a qual se encontra resumidamente na Figura 6, elencado no trabalho de Lacerda et. al (2013).

Esta pesquisa será dividida em etapas, em que serão acompanhadas pelo pesquisador, o qual é um dos participantes do processo de criação da ferramenta na empresa.

Destaca-se que em anos anteriores a mesma empresa, ora estudada, desenvolveu e implantou uma ferramenta tecnológica (APP) que auxilia na gestão da conservação da rodovia, com exceção do elemento pavimento. Tal ferramenta foi concebida com o viés de auxiliar os gestores nas tarefas do dia-a-dia, da mesma forma que é pretendida para a ferramenta de gestão da manutenção do pavimento, servindo então agora de inspiração para criação. Portanto, a primeira etapa proposta para esta pesquisa foi conhecer e relatar brevemente tal ferramenta que já se encontra em uso, através de um estudo exploratório, verificando seus ganhos para a cadeia, inclusive já trazendo alguns resultados.

Figura 6 – Esquema de condução dos passos do processo da *Design Science Research*



Fonte: Peffers et al. (2008) apud Lacerda et. al (2013)

Em uma segunda etapa se dará o objetivo principal da pesquisa, relatando a condução da criação da ferramenta tecnologia para gestão da manutenção de

pavimento. Para tanto, as etapas a serem verificadas durante este processo de implantação seguirão conforme exposto na Figura 7 e relacionadas abaixo:

- Identificação do problema: nesta etapa se pretende ilustrar a metodologia do serviço de conservação de pavimentos da rodovia, sem a utilização da ferramenta tecnológica, ou seja, como é comumente realizado até então. Aqui foram mapeados quais os possíveis pontos de melhorias a serem corrigidos com a inclusão da nova ferramenta tecnológica.
- Definição dos resultados esperados: a ideia para este ponto da pesquisa foi ilustrar as funcionalidades requeridas da nova ferramenta, planejando como irá auxiliar na gestão das equipes de manutenção de pavimentos. Também, comentou-se todas as particularidades desta nova metodologia, como suas restrições, por exemplo.
- Projeto e desenvolvimento: através da condução de um grupo de pessoas, foram discutidas as necessidades técnicas/tecnológicas para a concepção do novo aplicativo. Após, foram organizadas as etapas do processo de manutenção de pavimentos, concatenando todas as demandas/tarefas e responsáveis (*lean*). Em sequência, demonstra-se o resultado desta migração para a plataforma tecnológica, ilustrando as diversas faces da nova ferramenta.
- Demonstração e Avaliação: através de simulações do uso da ferramenta, serão demonstradas suas funcionalidades, conferindo se a tecnologia está ou não está de acordo com o esperado.
- Comunicação: relata-se brevemente as simulações, contribuindo para possíveis adaptações em diferentes classes de problema, aqui relacionados à manutenção de pavimento.

Figura 7 – Etapas da pesquisa



Fonte: Próprio Autor (2018)

## 4 ANÁLISES E RESULTADOS

### 4.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO

Condições adequadas de manutenção e uma boa operação da rodovia são fatores primordiais para a segurança e o conforto do usuário, além de auxiliar no desenvolvimento da economia de países que utilizam o transporte rodoviário como principal modal, como é o caso de nosso país.

Segundo o DNIT (2010), é necessário a antecipação ao desenvolvimento futuro para a realização da manutenção viária, corrigindo as deficiências operacionais e de segurança, bem como medidas destinadas a aumentar a vida útil da rodovia como um todo. Conforme o próprio Departamento, o grau de segurança de uma rodovia depende das medidas tomadas com esse objetivo, desde a fase de planejamento até abertura ao tráfego.

Ainda, o DNIT (2005) comenta que uma rodovia em mau estado de conservação impacta em aspectos econômicos negativos aos usuários, quando comparados a uma rodovia em bom estado de conservação, como por exemplo o aumento de consumo de combustível, o acréscimo do custo com manutenções em veículos, maiores probabilidades de acidentes, tempo de viagem mais dilatado, entre outros aspectos. A má qualidade de conservação encontrada em grande parte das rodovias brasileiras, eleva os custos operacionais de transporte, onde se encontram entre 19,3% e 40,6% mais altos do que seriam em condições ideais, sem contar que há um aumento na emissão de poluentes e acidentes vindo, conseqüentemente, a aumentar despesas hospitalares (CNT, 2014).

Conforme Figueredo (2015) comenta, a rede de obras de infraestrutura, em especial, a rodoviária, promove a integração entre as regiões e sua preservação é fundamental para a continuidade do desenvolvimento econômico e social. Além disto, uma rodovia bem preservada e operacionalizada contribui significativamente com o crescimento do PIB nacional. Contudo, devido períodos de crises econômicas enfrentadas no país, a manutenção foi negligenciada, causando enormes prejuízos ao patrimônio público construído.

De acordo com Chan et al (1994), durante o planejamento de manutenção de uma rede rodoviária, os gestores enfrentam a decisão de determinar quais serão os segmentos rodoviários a serem conservados, quando e como serão realizados os

serviços. A otimização das técnicas é utilizada como auxílio aos gestores que realizam essa decisão.

Conforme Farhan & Fwa (2009) abordam em seu trabalho, a principal função de realizar as devidas manutenções no pavimento é para retardar o processo de deterioração. Isso se aplica, também, aos demais dispositivos da rodovia, como as defensas metálicas, as placas de sinalização vertical, a pintura de sinalização horizontal, os dispositivos de drenagem, entre os tantos outros elementos de uma rodovia.

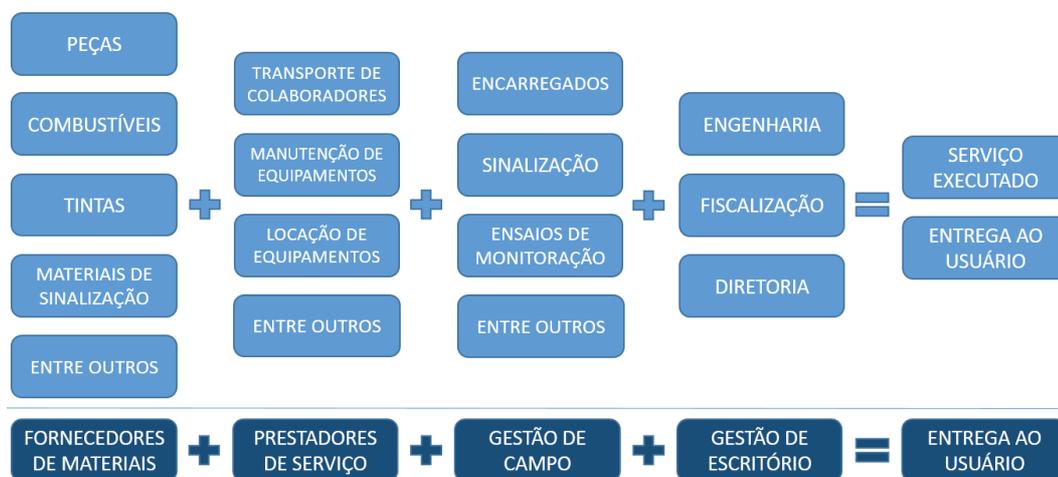
De acordo Simões et al (2017), para evitar a manutenção corretiva, a solução potencial é a manutenção preventiva, a qual visa aplicar uma série de tratamentos e/ou serviços auxiliares com principal foco de aumentar a vida útil da rodovia, seja do pavimento em si, seja dos dispositivos de segurança. Jackson (2001) também comenta que a principal vantagem de realizar a estratégia de manutenção preventiva, quando comparada com as outras manutenções, é a satisfação dos usuários.

Conforme abordado anteriormente, destaca-se que a conservação de uma rodovia é um processo que dispense orçamento e tempo para sua execução. Na Figura 8, observa-se que esta gestão depende de diversos elos para sua plena execução, onde se ressalta que a necessidade da informação ser precisa é fundamental para evitar retrabalhos e baixas produtividades, que, conseqüentemente, acarretam em maiores custos.

Se tratando da gestão de conservação de rodovias, em muitos casos a utilização do papel para realizar anotações é mais prático e fácil. Entretanto, quando se trata de uma cadeia que envolve prazo, planejamento, fornecedores e custos financeiros, a utilização do papel e caneta se torna ineficiente para uma boa gestão, visto que informações relevantes podem ser extraviadas, bem como estas informações poderão chegar de forma lenta e/ou tardiamente aos seus gestores, podendo gerar atraso na tomada de decisões.

No setor da infraestrutura rodoviária, cada vez mais é necessário que haja agilidade nas informações, principalmente em função das grandes distâncias entre escritório e campo, e a maneira mais prática e acessível, para todos os elos da cadeia, é através da tecnologia de redes integradas (web), pois atualmente todos os envolvidos no processo, utilizam celulares para executar as tarefas do dia-a-dia.

Figura 8 - Diferentes elos da cadeia necessários para a manutenção de rodovias



Fonte: Próprio Autor (2018)

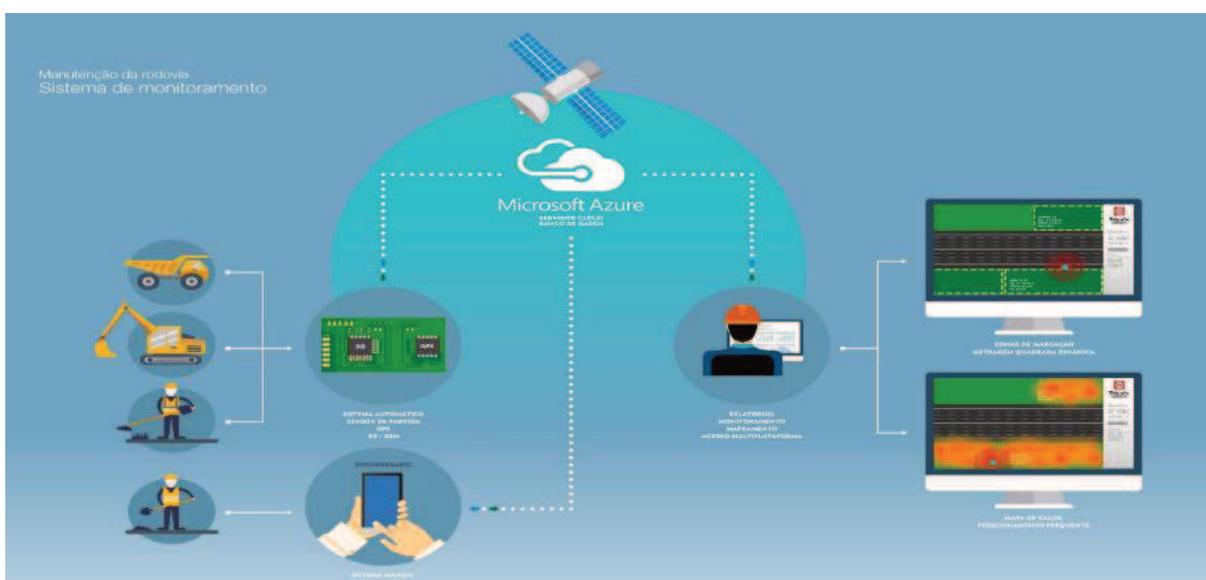
Sabendo disto, foi desenvolvido internamente por uma concessionária de rodovias do sul do país um sistema de gestão e monitoramento de equipes de conservação e manutenção de rodovias. Este sistema visa a maximização do desempenho das atividades diárias, aumentando a produção e otimizando os processos, permitindo a redução de custos, a rapidez e a precisão de informações em tempo real, bem como a transparência dos serviços programados e executados.

Este sistema de gestão e monitoramento foi desenvolvido com duas plataformas. Na plataforma *mobile* (para celular), foi desenvolvido um aplicativo. O layout intuitivo, de fácil utilização, respeitando a identidade visual do projeto foram itens considerados no desenvolvimento da plataforma *mobile*. Os usuários, previamente cadastrados, podem informar e gerenciar a execução de atividades em campo.

Enquanto a plataforma *mobile*, resumidamente, realiza o envio dos dados coletados em campo para a nuvem, a plataforma web proporciona o gerenciamento dos dados tramitados no sistema. A mesma possibilita que os administradores gerenciem com autonomia todos os colaboradores, equipes de campo, materiais, atividades e serviços a serem executados. Também são apresentados relatórios de usabilidade do sistema, efetividade e desempenho dos usuários e das equipes de conservação, em tempo real. Na Figura 9 se ilustra a sistemática destas plataformas, onde as informações são recolhidas via *smartphone* e gerenciadas via *web*.

O sistema de gerenciamento remoto foi implantado em julho de 2016, onde vem sendo acompanhado pelos técnicos da concessionária desde então. Posteriormente ao desenvolvimento das plataformas, foram realizados os treinamentos necessários com as equipes operacionais e realizado um teste piloto com as mesmas. Tais testes tiveram plena adesão dos colaboradores e desde então o sistema se encontra em funcionamento.

Figura 9 - Sistemática do sistema de gerenciamento remoto



Fonte: Concessionária (2017)

Assim sendo, este subcapítulo da pesquisa tem caráter exploratório, mostrando que já estão sendo implantadas novas metodologias de gerenciamento de equipes na área da engenharia rodoviária, dando suporte para o objetivo da pesquisa, que é a criação de um aplicativo voltado para a gestão da manutenção de pavimentos de rodovias.

#### 4.1.1 Gestão De Equipes De Conservação De Elementos De Rodovias

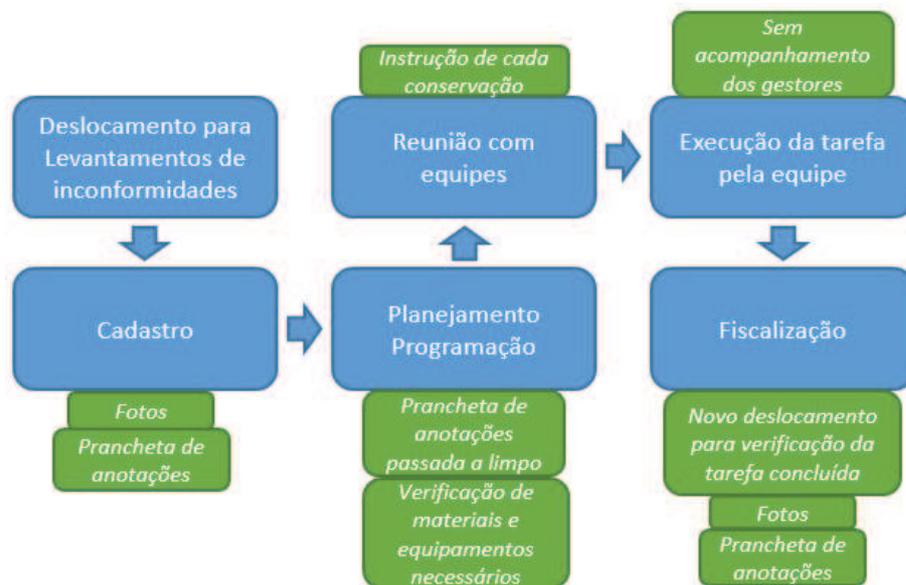
Conforme transcrito anteriormente, a utilização de uma nova ferramenta tecnológica para o gerenciamento do serviço de manutenção de rodovias veio em virtude da necessidade do aprimoramento desta gestão, inovando para alavancar as

produtividades em campo, reduzir os custos e ter maior controle sobre os diferentes elos necessários para o pleno funcionamento da cadeia.

De modo a facilitar a compreensão, a Figura 10 ilustra a sequência de atividades básicas necessárias para realizar tal serviço, da maneira como comumente era realizada. Já a Figura 11 ilustra, também de maneira sucinta, o fluxo necessário para a gestão de conservação e manutenção de rodovias com a utilização da nova ferramenta tecnológica.

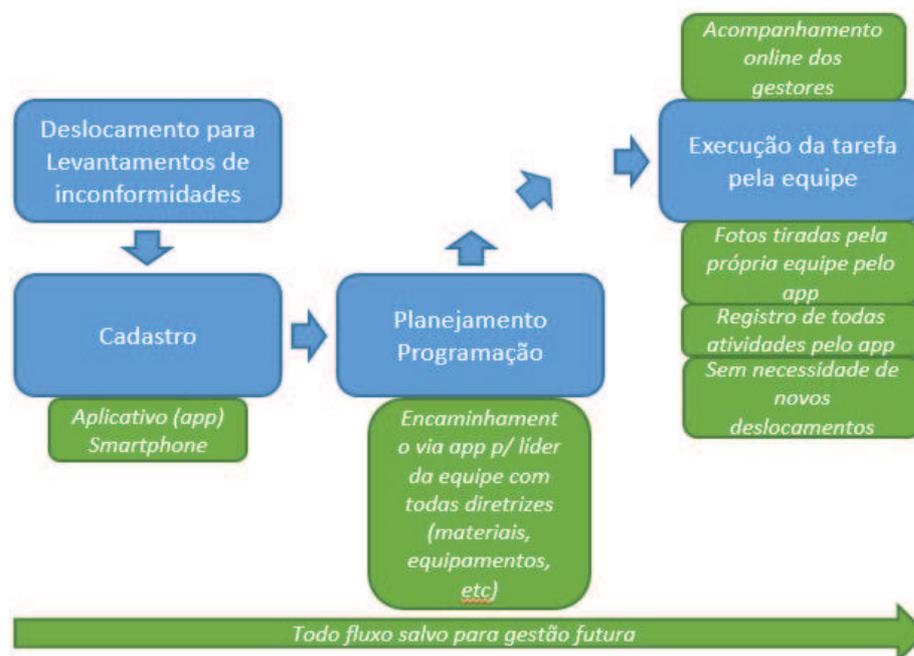
Analisando as duas figuras, intuitivamente se observa através da diminuição de macro etapas um ganho de eficiência entre os diferentes fluxos, percebendo-se que a nova alternativa de gestão contribui significativamente para a gestão da cadeia como um todo.

Figura 10 - Macro fluxo da gestão de conservação e manutenção de rodovias sem a utilização da nova ferramenta tecnológica



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 11 - Macro fluxo da gestão de conservação e manutenção de rodovias com a utilização da nova ferramenta tecnológica



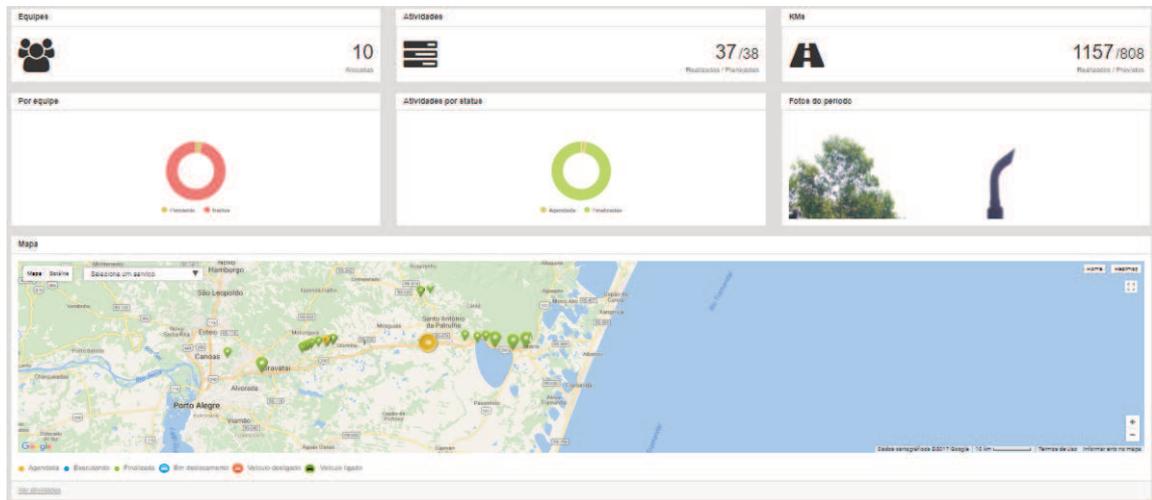
Fonte: Próprio Autor (2018)

#### 4.1.2 O Sistema e o APP

O desenvolvimento deste sistema de gerenciamento foi concebido com um *layout* intuitivo e de simples utilização, de modo a ser prático tanto para os gestores da área que controlarão as equipes de campo (equipe de engenharia) quanto para os colaboradores que terão a responsabilidade de inserção de dados diariamente (via *smartphone*), os quais são os mesmos que executam as tarefas em campo.

A plataforma web basicamente é utilizada pelos gestores para o controle e monitoramento de todas as tarefas, insumos e equipes, sejam elas atividades planejadas ou executadas. Na Figura 12 pode ser observado o painel de bordo do sistema. Neste, é possível acompanhar, em tempo real pelos gestores cadastrados, a quantidade de equipes alocadas, o número de atividades planejadas, o status das atividades, registros fotográficos das atividades, além de saber, exatamente, via GPS, a localização de cada equipe ao longo do trecho rodoviário. Este último acompanhamento (via GPS) é fundamental para os gestores avaliarem se a equipe está desempenhando as atividades nos locais propostos ou não, bem como monitorar o momento exato em que a atividade está sendo realizada.

Figura 12 - Painel de bordo do sistema de gerenciamento da plataforma *web*



Fonte: Concessionária (2017)

Na medida que as vistorias são realizadas pelos técnicos, os mesmos cadastram no próprio *smartphone* as demandas encontradas. Este cadastro gera uma lista de atividades, as quais são agendadas pelo gestor da área para cada uma das equipes disponíveis, alocando os recursos necessários, caindo então automaticamente no *smartphone* do líder da equipe. Esta função permite a exclusão de uma das etapas do modelo de gestão anterior, onde o encarregado tinha que se deslocar até a equipe para repassar a informação.

Na Figura 13 é ilustrada a plataforma onde estes registros são encaminhados para as equipes, alocando todos os recursos cadastrados e disponíveis para o planejamento das atividades, integrando assim os diferentes elos (materiais, equipamentos, colaboradores, local de serviço). Também é possível observar o registro de atividades agendadas, executadas e até mesmo atrasadas para cada equipe de campo, previamente cadastradas, ilustrando assim o acompanhamento dos gestores.

A plataforma mobile, utilizada pelos encarregados de equipes de campo, possui uma interface simples para manuseio, conforme comentado anteriormente. É possível averiguar a lista de atividades que estão sendo realizadas, a lista de atividades pendentes, criar uma nova atividade onde é necessário selecionar a equipe que realizará bem como qual tipo de recurso que será utilizado, desde que

previamente cadastrado na plataforma web. Na Figura 14 se podem observar algumas telas da interface da plataforma mobile.

Figura 13 – Ilustração de recursos cadastrados para execução do planejamento – plataforma web

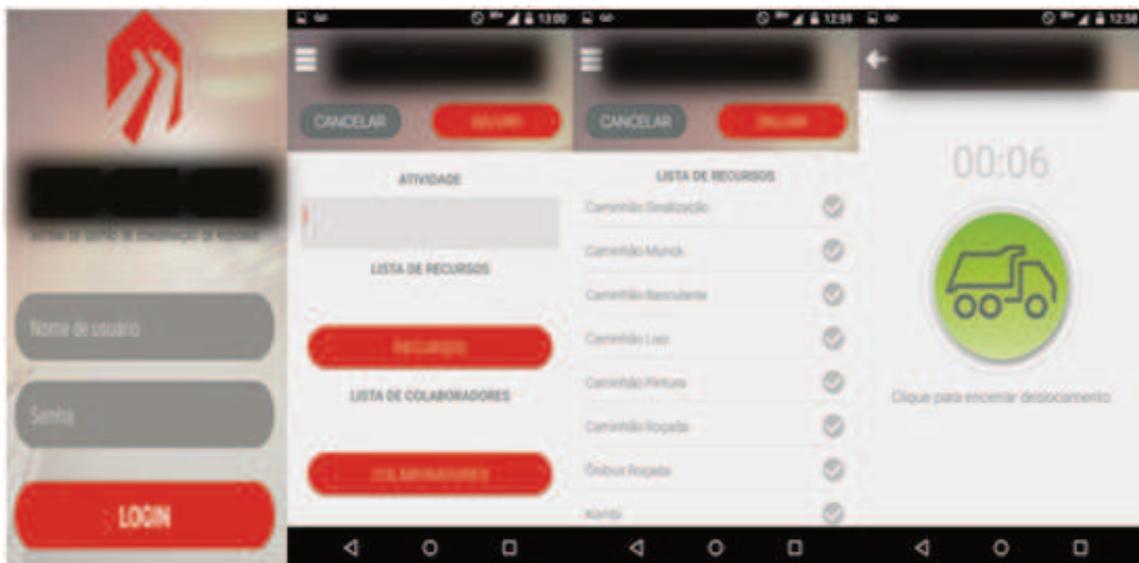


The screenshot shows a web interface titled 'Registros'. It features a search bar labeled 'Filtro' and a selection menu with options: 'Selecionar: Todos | Nenhum | Ativar | Inativar | Remover'. Below this is a table with the following data:

Tipo	Código	Nome	Status
<input type="checkbox"/> Veiculo	CON01	Caminhão Sinalização	Ativo
<input type="checkbox"/> Veiculo	CON02	Caminhão Munk	Ativo
<input type="checkbox"/> Veiculo	CON03	Caminhão Basculante	Ativo
<input type="checkbox"/> Veiculo	CON04	Caminhão Lixo	Ativo
<input type="checkbox"/> Veiculo	CON05	Caminhão Pintura	Ativo
<input type="checkbox"/> Veiculo	CON06	Caminhão Rocato	Ativo

Fonte: Concessionária (2017)

Figura 14 - Ilustrações da plataforma mobile



Fonte: Concessionária (2017)

Quando uma atividade já está cadastrada, é possível verificar as informações referentes à ela. Por exemplo, pode-se identificar qual o quilômetro inicial e final da rodovia, a data em que o serviço está programado para realização, qual recurso e qual a equipe que será utilizada.

É notável pelos técnicos da concessionária os resultados após o desenvolvimento e a implantação do sistema de gerenciamento. Destacando-se

principalmente a agilidade na informação, visto que a integração trazida pelo sistema gerou o aumento de produtividade das equipes operacionais e a melhoria da qualidade das atividades exercidas, evitando o possível retrabalho e consequentemente atuando na redução de custos, tanto diretos quanto indiretos.

Analisando-se os dados anteriores à implementação da ferramenta, foi possível evidenciar alguns ganhos que a implantação desta ferramenta comutou, conforme podemos destacar na Tabela 4.

Tabela 4 - Indicadores registrados após a implantação do sistema de gerenciamento

Poda de árvores	Roçada costal	Roçada mecanizada	Sinalização horizontal	Sinalização vertical	Consumo de combustível	Quilometragem percorrida
Redução de 14% nos custos	Redução de 12% nos custos	Redução de 10% nos custos	Redução de 12% nos custos	Redução de 12% nos custos	Melhoria de 11% na média	Redução de 9% da km percorrida

Fonte: Concessionária (2017)

A manutenção rodoviária é um fator relevante quando se trata da qualidade de uma via. Quando deficitária, impacta de forma negativa na economia local onde a mesma está inserida, aumentando os custos relacionados aos deslocamentos dos usuários. Também, impacta negativamente no conforto e na segurança do usuário que trafega na via.

A tecnologia de informação, nestes últimos anos, ampliou o foco e iniciou o desenvolvimento de ferramentas no intuito de melhorar a maneira de gerenciamento de todos os elementos que estão inseridos em uma rodovia, neste caso ligados à conserva.

Diante deste contexto, a rapidez, segurança, confiabilidade e transparência da informação se tornam inevitáveis para uma gestão de excelência em um cenário onde se busca a redução de gastos e a maximização das produções realizadas pelas equipes operacionais.

Sendo assim, fica evidente que o desenvolvimento deste sistema de gerenciamento melhorou a eficiência dos serviços de manutenção prestados ao longo da rodovia, uma vez que o mesmo agiliza os processos de comunicação entre

as diferentes necessidades da cadeia, facilitando assim a integração dos elos e minimização de custos, principalmente através da atenuação de retrabalho.

Portanto, evidencia-se também que ferramentas alternativas às comumente empregadas podem dar lugar à sistemas mais enxutos, mais organizados (*lean*), até mesmo inovadores ao setor, auxiliando não somente as demandas diretas, mas também interligando e facilitando a gestão.

De um ponto de vista acadêmico, evidencia-se que pode se fazer presente na área de engenharia rodoviária conceitos praticados e difundidos nas áreas de produção, como por exemplo os conceitos *lean*. É importante ressaltar a carência de estudos referente a este tema, quando correlacionados com a engenharia rodoviária, abrindo lacunas de pesquisas referentes aos temas de gerenciamento de equipes de manutenção de rodovias.

Então, reitera-se que esta pesquisa buscou neste capítulo evidenciar a potencialidade da utilização de ferramentas tecnológicas para auxiliar na gestão da manutenção de rodovias, onde foi estudado mais profundamente na sequência deste trabalho a inserção deste tipo de procedimento na parte de manutenção de pavimentos.

## 4.2 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO DE RODOVIAS

Em paralelo à gestão de manutenção dos elementos de rodovias se tem as demandas focadas nos pavimentos, podendo-se até dizer que seja o principal item de uma rodovia. Tal elemento singular é um caso à parte, visto sua alta complexidade de gerenciamento, porém também passível de exploração em meios tecnológicos.

Reiterando, diante da construção prévia de um aplicativo para gestão da manutenção dos elementos da rodovia, o qual atendeu as expectativas da Empresa, a mesma Concessionária buscou elaborar um outro APP exclusivo para gestão da manutenção de pavimentos. Desta forma, o autor da presente pesquisa foi um dos colaboradores da empresa participante na condução da criação do novo constructo. Portanto, conduziu-se através desta pesquisa a elaboração do novo artefato, o qual será roteirado a seguir através da óptica da *design science research*.

## 4.2.1 Identificação do Problema

Recapitulando o citado por Monchy (1989), onde o autor aborda sobre os diferentes tipos de manutenção – e grande parte da bibliografia correlaciona à indústria – a manutenção tem caráter preventivo ou corretivo, com suas respectivas variações. A manutenção de pavimentos se assemelha aos conceitos da indústria, uma vez que os estudos de engenharia de pavimento também são focados em prevenir ou consertar os mais variados casos.

Nesta linha, destaca-se que a gestão de rodovias, seja pública ou privada, necessita também de todos tipos de manutenção. Em uma concessão de rodovia, onde o ente privado é fiscalizado e obrigado a manter parâmetros de desempenho, independentemente do tipo que for a manutenção desempenhada, a mesma tem que ser o mais bem gerida possível, evitando assim retrabalhos e desperdícios.

No caso da presente pesquisa, será focada a manutenção rotineira realizada pela concessionária nos pavimentos do trecho concedido, a qual tem o principal foco de manutenção corretiva. Se tratando de conceitos da engenharia rodoviária, vamos tratar de problemas de conservação de pavimento. Porém, já se adianta que os benefícios oriundos da gestão com o app podem ser extrapolados para os mais variados tipos de manutenções de pavimento solicitadas em uma rodovia, desde que observadas suas particularidades, que por hora fica apenas como sugestão para trabalhos futuros.

Diante do acima exposto, destaca-se que a gestão do serviço de manutenção da rodovia do trecho desta Concessão se assemelha em grande parte ao praticado em outros locais, sejam públicos ou privados. Portanto, será descrito a seguir os passos comumente utilizados na prática do dia-a-dia da concessão, identificando assim a possibilidade de melhorias ao longo do processo.

### 4.2.1.1 Como é feita a manutenção dos pavimentos, sem o uso de app

O pavimento é um dos principais elementos de uma rodovia, se não for o mais importante. Desta forma, a manutenção neste elo deve ser praticada rotineiramente, visando a sua plena funcionalidade, bem como garantir a sua vida útil projetada. Abaixo serão descritos os passos necessários para a realização da

manutenção dos pavimentos e, logo após, na Figura 16 está resumido o processo em um fluxograma.

- Levantamentos de campo: a tarefa que dá início à manutenção dos pavimentos é o levantamento de campo. Nesta etapa, a equipe técnica gestora do serviço percorre o trecho e identifica as patologias que devem sofrer manutenção. Neste passo é muito comum o técnico ter que parar o veículo que está conduzindo para então realizar a anotação manualmente em sua prancheta. Além disto, em função desta parada do veículo, destaca-se que muitas vezes os segmentos avaliados não possuem delimitações de segurança, ou seja, acostamentos, fazendo com que os levantamentos tenham um certo risco à segurança dos técnicos – uma vez que param seu veículo em locais inapropriados – e usuários da rodovia, que possam vir a colidir com estes veículos ali parados.
  - Problema 01: possível insegurança nas paradas para os apontamentos;
  - Problema 02: anotações manuais, podendo ser extraviadas até mesmo antes de chegarem no escritório;
  - Problema 03: tempo perdido em cada parada;
- Digitalização dos levantamentos de campo: logo após a vistoria realizada, os técnicos retornam ao escritório para organizar os apontamentos gerados.
  - Problema 04: anotações manuais, podem gerar desconforto para a transposição aos meios eletrônicos, podendo vir a serem perdidas, rompendo então o histórico do serviço;
  - Problema 05: retrabalho em repassar as anotações da prancheta para o computador;
- Planejamento das intervenções: após o levantamento e organização, os técnicos devem realizar o planejamento das intervenções, definindo assim qual a ordem de prioridade das intervenções. Conforme se viu anteriormente, principalmente no setor público, cada vez mais se tem maiores dificuldades para administrar tais situações, cabendo à fase de planejamento a organização mais racional das demandas,

principalmente em programas do tipo PATO do DNIT, quando comparado com as práticas aqui avaliadas.

- Problema 06: tarefa executada manualmente, muitas vezes sem rastreabilidade;
- Ordem de início dos serviços: como se tem equipes especializadas para realizarem os serviços, com equipamentos especializados, a equipe técnica que planejou as intervenções tem de repassar a informação. Portanto, nesta fase o técnico repassa o planejamento à equipe, geralmente citando os locais, em ordem de prioridade, e os materiais necessários para a realização da atividade, principalmente pela necessidade do uso das usinas de asfalto (CBUQ).
  - Problema 07: em algumas ocasiões o técnico responsável pelo serviço deve se deslocar ao encontro da equipe para repassar a informação, gerando assim um custo indireto agregado, além da não otimização de tempo deste funcionário.
- Execução da intervenção: com as informações repassadas à equipe de campo, a mesma dá início aos serviços. Nesta fase se procede o serviço de manutenção, propriamente dito. Ocorre que ao fim de cada intervenção, ou seja, cada patologia corrigida, o encarregado da equipe de campo deve realizar uma série de apontamentos e registros. Estes registros são para que a equipe técnica tenha conhecimento do serviço realizado, bem como também serve para realizar a medição e pagamento do serviço executado. Da mesma forma que antes, geralmente estas anotações são realizadas através de apontamentos em pranchetas e registros fotográficos em câmeras fotográficas.

Figura 15 – Exemplo de intervenção de manutenção em pavimento



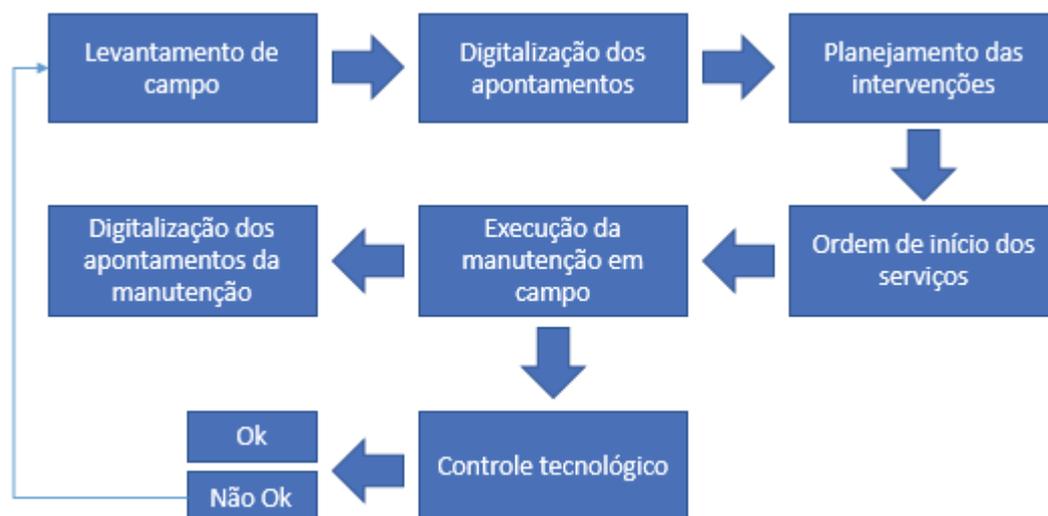
Fonte: Próprio Autor (2018)

- Digitalização dos apontamentos de campo: logo após o serviço concluído, as equipes de campo entregam as anotações aos técnicos, que retornam ao escritório para organizar as notas geradas.
  - Problema 08: em função da desconexão entre a prancheta e a máquina fotográfica, existe uma grande possibilidade de que, na hora da transposição do meio físico para o digital (em escritório), não se faça a conexão das fotos corretamente com os registros gerados, ou seja, a foto de uma manutenção pode ir na anotação de outra manutenção.
  - Problema 09: anotações manuais, podendo ser extraviadas até mesmo antes de chegarem no escritório;
  - Problema 10: anotações manuais podem gerar desconforto para a transposição aos meios eletrônicos, podendo vir a serem perdidas, rompendo então o histórico do serviço;
  - Problema 11: retrabalho em repassar as anotações da prancheta para o computador;
- Controle tecnológico do serviço realizado: como se trata um serviço de alto valor agregado, existe a preocupação técnica em controlar este serviço, principalmente em relação ao material (CBUQ) utilizado, para que se tenha garantias que o fornecedor esteja atendendo os requisitos técnicos. Geralmente, a própria equipe de campo recolhe amostras do material e leva até o laboratório para os ensaios

necessários. No laboratório, os responsáveis realizam as verificações e reproduzem os resultados em pranchetas ou em arquivos digitais, repassando à equipe técnica responsável pelo serviço, geralmente por e-mail.

- Problema 12: anotações digitalizadas podem ser arquivadas incorretamente, gerando assim uma falha na futura rastreabilidade das mesmas.
- Outros problemas: além das tarefas elencadas acima, com seus respectivos problemas, identificou-se ainda alguns outros problemas que poderiam facilitar na condução dos serviços.
  - Problema 13: muitas vezes, o planejamento de um dia de serviço leva as equipes a realizarem grandes deslocamentos, até mesmo entre uma demanda e outra. Desta forma, dependendo da criticidade da necessidade de intervenção, muitas vezes os gestores querem acompanhar em que etapa do planejamento as equipes de campo se encontram, porém não conseguem sem ter que realizar ligações telefônicas.
  - Problema 14: hoje em dia se tem falado muito em segurança digital, que pode ser em relação ao acesso indevido, bem como pode ser oriundo da perda de dados. Em razão disto, destaca-se que os serviços armazenados em um “*hard disk (hd)*” tem um elevado potencial de serem excluídos ou danificados, levando assim à perda do histórico dos serviços.

Figura 16 – Resumo do passo a passo da manutenção de pavimentos



Fonte: Próprio Autor (2018)

#### 4.2.2 Definição dos Resultados Esperados

Com os problemas identificados através da sistemática comumente empregada para manutenção de pavimento, verificou-se grandes oportunidades de melhorias. Para tanto, conforme já explicitado, buscou-se a solução destas dificuldades através da criação de uma ferramenta tecnológica (app) para gerir o serviço de manutenção de pavimento.

Portanto, busca-se com a construção deste artefato a otimização de tempo para as equipes, tanto de escritório quanto de campo, racionalizando etapas através da implantação de tecnologia ao processo. Também, busca-se construir um sistema em que se tenha completa rastreabilidade e armazenamento dos dados gerados, em todas as instâncias.

Conseqüentemente, a implantação da nova ferramenta implicará em ganhos financeiros, principalmente os ligados indiretamente ao processo (como por exemplo, gastos com deslocamentos excessivos). Por ora, reitera-se que esta pesquisa não demonstrará este tipo de ganho.

### 4.2.3 Projeto e Desenvolvimento

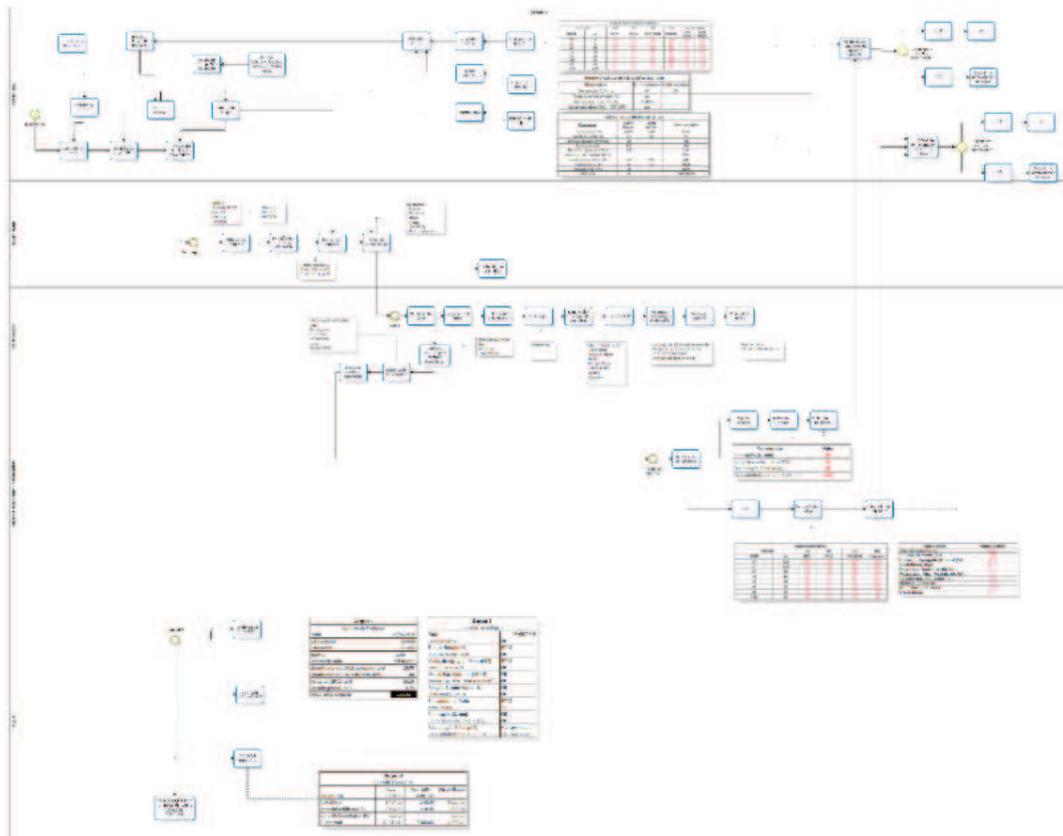
Com a proposta de criação de uma nova ferramenta tecnológica para auxiliar as equipes da concessionária na realização da gestão da manutenção do pavimento do trecho concedido, inicialmente foi criado um grupo de trabalho integrando pessoas das áreas de TI (tecnologia da informação) e engenharia da empresa, o qual o autor desta pesquisa faz parte. Este grupo de pessoas foi formado com o intuito de reunir os conhecimentos da prática do serviço com pessoas da área de tecnologia, capazes de auxiliar na construção da ferramenta tecnológica.

Para tanto, iniciaram-se as proposições através da organização da metodologia comumente empregada para manutenção do pavimento, ditando qual seria a melhor prática para a execução do trabalho e transformando-a em passos. Tal tarefa já auxiliou os integrantes à enxergarem possibilidades de melhorias, porém teve o principal foco em repassar à TI uma visão detalhada e intuitiva do processo, para que então fosse transformado em uma ferramenta tecnológica.

O produto desta organização foi a construção de um diagrama de fases/etapas do processo, o qual segue abaixo ilustrado na Figura 17, porém, em virtude da alta complexidade, sua impressão é melhor visualizada em um tamanho maior. Portanto, está disponibilizado no Anexo A desta pesquisa o fluxograma completo.

Com a criação do fluxograma citado anteriormente, procedeu-se o passo seguinte, que foi a contratação da empresa responsável pela elaboração da plataforma tecnológica, o app. Vale ressaltar que a presença do integrante da empresa relacionado à área de TI tinha como premissa a facilitação nas tratativas com esta empresa contratada.

Figura 17 – Ilustração do fluxograma gerado para organização do processo de manutenção de pavimento e transposição ao app



Fonte: Próprio Autor (2018)

Tendo a empresa programadora de software definida, o grupo de trabalho realizou duas reuniões de alinhamento da construção da ferramenta. A primeira serviu para que o grupo de trabalho explicasse o fluxograma criado, devido à alta complexidade, uma vez que a empresa de origem em TI deveria absorver certos conhecimentos de engenharia, visando o sucesso na construção do aplicativo.

Após este encontro, a empresa responsável pela elaboração do app ficou incumbida de estudar um pouco mais o material disponibilizado, realizar seus apontamentos e, então, remarcar uma outra agenda para discussão das dúvidas. O encontro seguinte serviu justamente para refinar o alinhamento da construção do app e, portanto, partir para o início da programação do mesmo.

Ao longo do processo de criação, algumas reuniões foram sendo realizadas, principalmente para o acompanhamento e validação da construção do mesmo, verificando se o projeto estava alinhado de acordo com a necessidade da empresa.

Diante do acima exposto, vale destacar que o projeto foi dividido em algumas etapas, justamente para realizar tal acompanhamento. Estas etapas estão melhor descritas a seguir.

Antes disto, algumas premissas básicas devem ser ressaltadas. Para migrar o processo para uma ferramenta tecnológica, destaca-se principalmente o nivelamento do acesso aos diferentes níveis de usuários. Conforme aponta o fluxograma da Figura 17 e Anexo A, existem cinco tipos de usuários, sendo o *i*) administrador, aqueles que terão permissão de usufruir de todas as instâncias da plataforma (geralmente engenheiros são os responsáveis pela demanda); *ii*) o encarregado geral, que terá acesso aos módulos de levantamento de campo e planejamento das intervenções; *iii*) o encarregado da equipe de pavimentação, que terá acesso apenas ao módulo de execução das intervenções; *iv*) ao laboratorista, que terá permissão apenas para dar entrada aos resultados dos controles tecnológicos e; *v*) visualizadores, que serão distribuídos para pessoas que tem interesse no acompanhamento das demandas, porém sem permissões de inserção ou manipulação de qualquer dado.

#### 4.2.3.1 Criação da ferramenta tecnológica e seus módulos

Não sendo uma etapa propriamente dita, busca-se aqui apenas trazer um arrazoado de informações preliminares sobre a nova ferramenta.

Conforme descrito anteriormente, o aplicativo foi pensado para diferentes níveis de usuários. Portanto, da mesma forma que exaltado no caso do estudo exploratório, duas plataformas foram geradas neste projeto.

A primeira plataforma se trata de uma plataforma web, em que os usuários utilizam o sistema através do computador, mais especificadamente através do navegador, acessando dados da nuvem. Esta plataforma serve basicamente para que os grupos de usuários “i”, “iv” e “v” manipulem e usufruam do sistema. A Figura 18 traz a ilustração da tela inicial da plataforma web, onde os usuários previamente cadastrados pelo administrador fazem *login*. Já a Figura 19, traz a ilustração da tela inicial da área do administrador, após o *login* realizado.

Na tela inicial, conforme exposto na Figura 19, o que se vê é um mapa da rodovia administrada, com o foco de exibir as equipes que estão trabalhando ou demandas que estejam planejadas. Também, se tem um menu ao lado esquerdo,

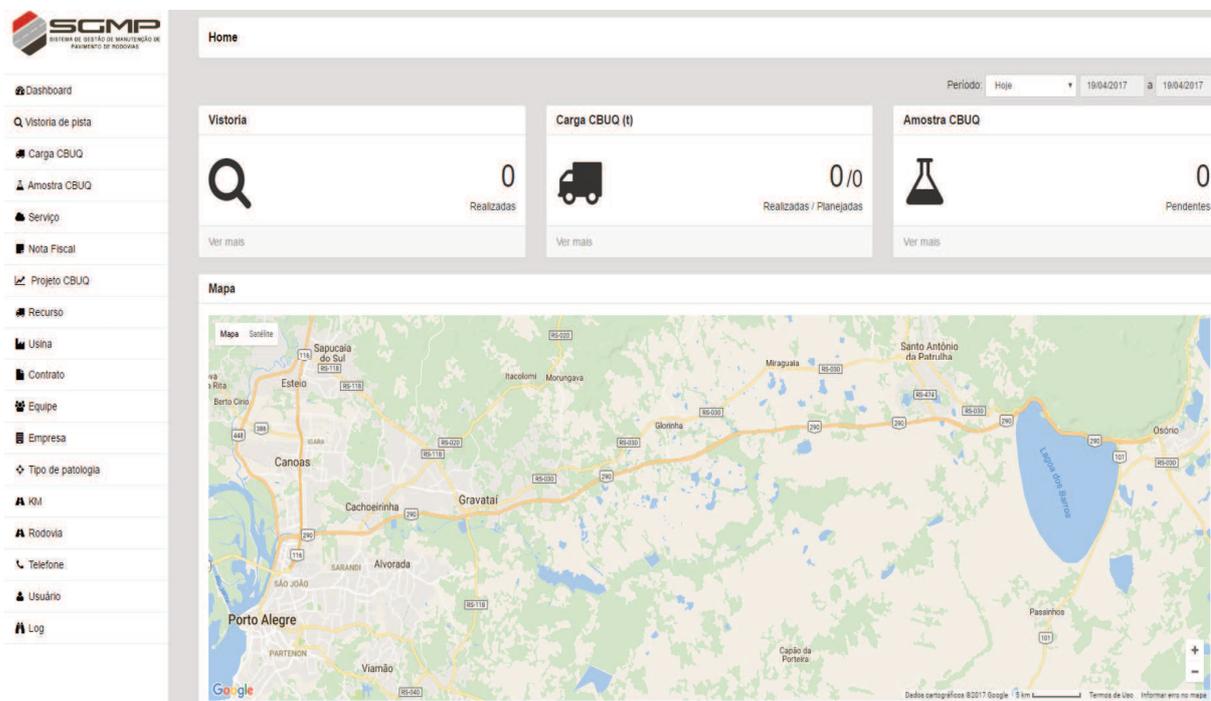
onde ocorre a navegação ao longo das interfaces. Destaca-se que, através de dados de gps do *smartphone*, as equipes enviam automaticamente seus posicionamentos ao longo das jornadas de trabalho, auxiliando assim o corpo técnico no controle das equipes de campo e também alimentam o mapa da tela inicial.

Figura 18 – Tela de *login* da plataforma web



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 19 – Tela inicial da plataforma web



Fonte: Próprio Autor (2018)

A segunda plataforma se trata do aplicativo propriamente dito. Esta servirá para o grupo de usuários “ii” e “iii”, além obviamente do “i” que tem livre acesso sobre tudo. Esta plataforma tem o objetivo de facilitar o dia a dia de campo, de maneira intuitiva e facilitada. A Figura 20 traz a ilustração da tela inicial da plataforma app, onde os usuários previamente cadastrados pelo administrador fazem *login*, via *smartphone*.

Figura 20 – Tela de *login* da plataforma do app e tela do *login* realizado



Fonte: Próprio Autor (2018)

#### 4.2.3.2 Levantamento de campo

Abordando as etapas de construção da ferramenta tecnológica, primeiro se focou na construção da fase do levantamento de campo. Para tanto, buscou-se criar na ferramenta um sistema que possibilitasse, especialmente, resolver os problemas anteriormente dispostos (item 4.2.2). Assim, concebeu-se no aplicativo para *smartphone* uma tela intuitiva, que possibilitasse ao usuário trafegar ao longo da rodovia e realizar o cadastramento das patologias identificadas no pavimento de forma simples, com apenas dois toques na tela do celular, não sendo necessário parar o veículo.

Com o *smarthphone* fixado no console do veículo o usuário trafega pela via a ser feito o levantamento. Para registrar qualquer patologia encontrada no percurso, são necessários apenas dois cliques na tela e a ocorrência está registrada. Conforme ilustrado na Figura 21, o sistema foi concebido para automaticamente reconhecer o quilômetro exato em que o usuário trafega, bem como as faixas dispostas naquele segmento.

O primeiro clique serve apenas para registrar em qual faixa foi visualizada a patologia e o segundo clique para, caso julgar necessário, classificar a patologia de acordo com tipos pré-cadastrados pelo administrador, auxiliando posteriormente no planejamento das intervenções.

Vale destacar que a rodovia a ser utilizada deve ser previamente cadastrada, com suas devidas coordenadas em cada quilômetro. Porém, isso é feito pelo administrador na plataforma web, de forma bastante simples.

Figura 21 – Telas de cadastro de patologias no levantamento



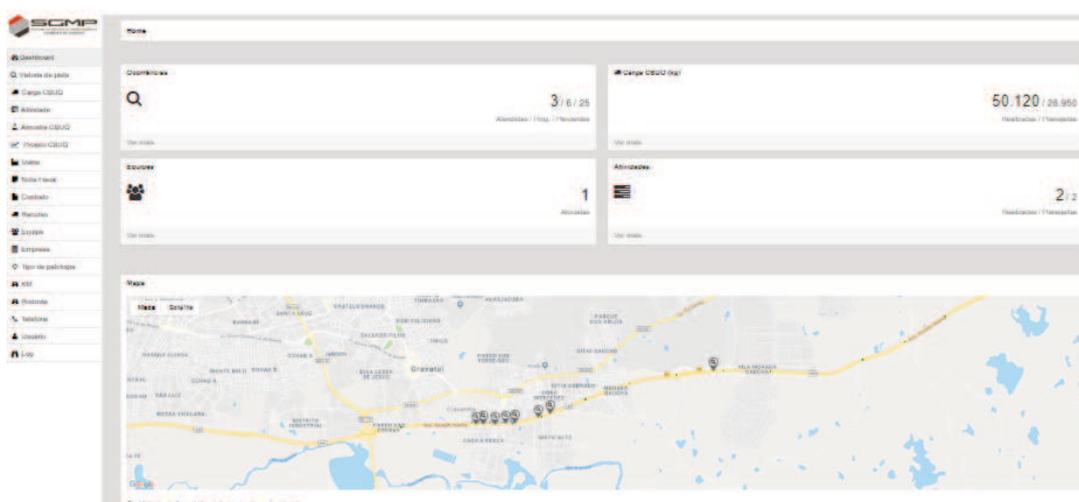
Fonte: Próprio Autor (2018)

Cumprir mencionar que o clique para escolha da faixa se dá pelo fato de que não é possível, em função de limitações do sistema de *gps*, a precisão transversal da pista. Em campo, destaca-se que ter uma pequena variação longitudinal não gera problemas para futura identificação, porém se esta variação for transversal, na hora do cadastro o *gps* poderia informar um posicionamento em uma faixa diferente da

real ocorrência, gerando então dúvidas às equipes. Portanto, como o *gps* limita-se a uma precisão de 3m, optou-se pelo duplo clique.

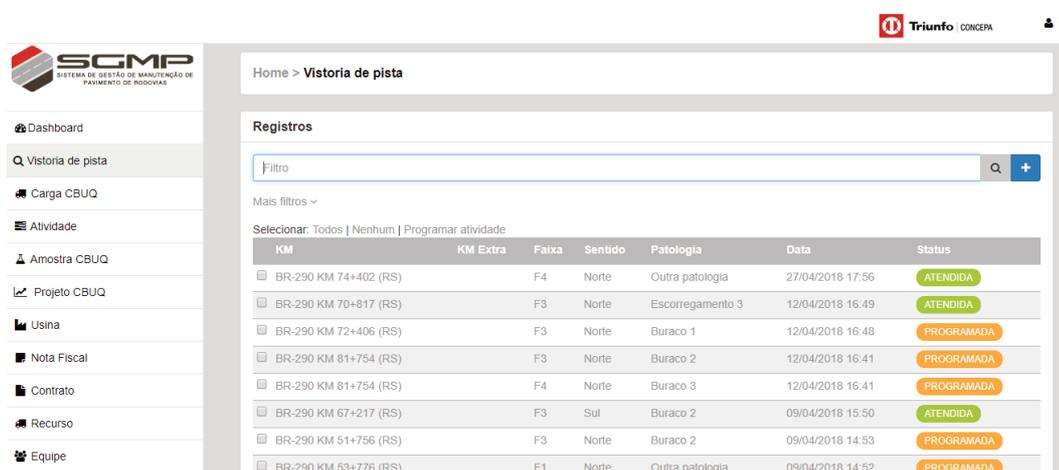
Após a vistoria de campo, com todos as patologias registradas via *smartphone*, automaticamente a informação é armazenada e encaminhada ao sistema, onde os usuários verificam a memória deste levantamento. Esta visualização pode ser feita através do mapa da rodovia, com marcadores em cada local identificado, bem como também pode se ver em formato de lista. As Figuras 22 e 23 ilustram esta função, respectivamente.

Figura 22 – Tela de patologias cadastradas no levantamento – versão mapa



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 23 – Tela de patologias cadastradas no levantamento – versão lista



Fonte: Próprio Autor (2018)

#### 4.2.3.3 Planejamento das intervenções

Disposta a vistoria realizada, vem a etapa de planejamento das atividades, concatenando quais registros serão atendidos, a ordem de prioridade, entre outros aspectos. Destaca-se que esta etapa é uma parcela a ser cumprida pela administração, geralmente desempenhada pela equipe de engenharia da empresa.

Conforme comentado anteriormente, reitera-se que a necessidade de manter uma rodovia é primordial para alcançar uma maior vida útil, bem como garantir a segurança dos usuários. Desta forma, a racionalidade no planejamento deve ser levada em consideração e, portanto, esta fase tem um papel muito importante, uma vez que serão planejadas as prioridades de acordo com os recursos disponíveis.

Posto isto, com os cadastros gerados via aplicativo, automaticamente os mesmos são dispostos ao servidor de armazenamento, o qual fica disponibilizado na versão web para que a administração possa realizar as ponderações necessárias.

O administrador acessará o menu correspondente ao planejamento das intervenções, selecionando o cadastro escolhido para planejamento e, portanto, programando a atividade. Na Figura 24 se ilustra esta dinâmica.

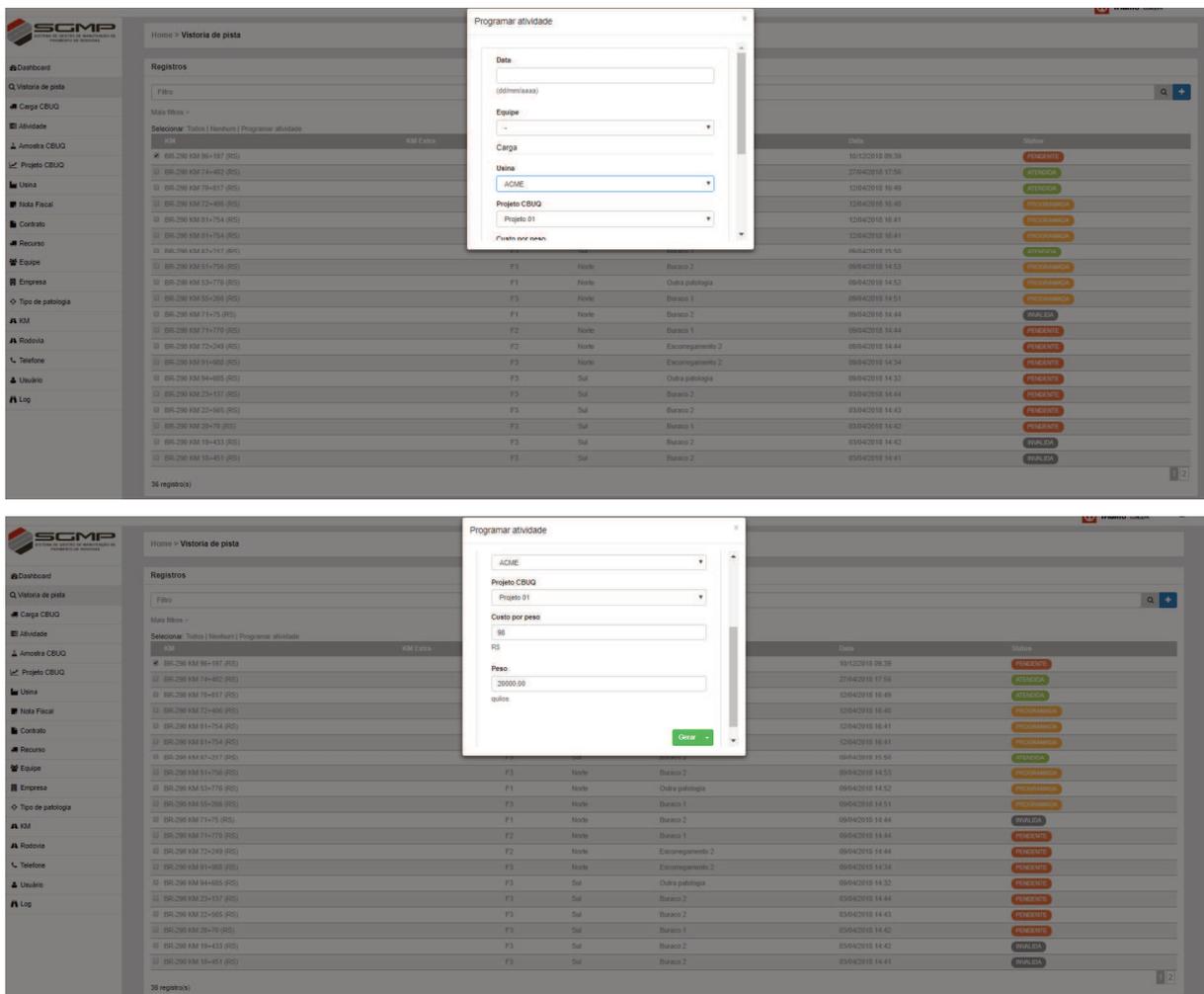
Figura 24 – Tela de planejamento de intervenções – dinâmica grifada em vermelho

KM	KM Extra	Faixa	Sentido	Patologia	Data	Status
BR-290 KM 86+07 (RS)		F4	Norte	Buraco 2	09/12/2018 09:39	PENDENTE
BR-290 KM 74+62 (RS)		F4	Norte	Outra patologia	27/04/2018 17:56	ATENDIDA
BR-290 KM 70+817 (RS)		F3	Norte	Escorregamento 3	12/04/2018 16:49	ATENDIDA
BR-290 KM 72+406 (RS)		F3	Norte	Buraco 1	12/04/2018 16:48	PROGRAMADA
BR-290 KM 81+754 (RS)		F3	Norte	Buraco 2	12/04/2018 16:41	PROGRAMADA
BR-290 KM 81+754 (RS)		F4	Norte	Buraco 3	12/04/2018 16:41	PROGRAMADA
BR-290 KM 67+217 (RS)		F3	Sul	Buraco 2	09/04/2018 15:50	ATENDIDA
BR-290 KM 51+756 (RS)		F3	Norte	Buraco 2	09/04/2018 14:53	PROGRAMADA
BR-290 KM 53+770 (RS)		F1	Norte	Outra patologia	09/04/2018 14:52	PROGRAMADA
BR-290 KM 55+286 (RS)		F3	Norte	Buraco 1	09/04/2018 14:51	PROGRAMADA
BR-290 KM 71+75 (RS)		F1	Norte	Buraco 2	09/04/2018 14:44	INVALIDA
BR-290 KM 71+770 (RS)		F2	Norte	Buraco 1	09/04/2018 14:44	PENDENTE
BR-290 KM 72+249 (RS)		F2	Norte	Escorregamento 2	09/04/2018 14:44	PENDENTE
BR-290 KM 81+880 (RS)		F3	Norte	Escorregamento 2	09/04/2018 14:34	PENDENTE
BR-290 KM 94+685 (RS)		F3	Sul	Outra patologia	09/04/2018 14:32	PENDENTE
BR-290 KM 23+137 (RS)		F3	Sul	Buraco 2	03/04/2018 14:44	PENDENTE
BR-290 KM 22+565 (RS)		F3	Sul	Buraco 2	03/04/2018 14:43	PENDENTE
BR-290 KM 26+70 (RS)		F3	Sul	Buraco 1	03/04/2018 14:42	PENDENTE

Fonte: Próprio Autor (2018)

Selecionando a opção de programar a atividade, a qual o administrador selecionou as patologias para tal, o sistema pergunta uma série de informações, visando identificar os elementos necessários para tal demanda, como: data planejada para intervenção, equipe incumbida da demanda, usina que disponibilizará o material e informações da carga de CBUQ que será utilizada, conforme ilustrado na Figura 25. Destaca-se que estas informações devem ser previamente inseridas na plataforma pelo administrador, uma única vez ou sempre que surgirem novas informações.

Figura 25 – Tela de informações necessárias para o planejamento de intervenções



Fonte: Próprio Autor (2018)

Finalizado este passo a demanda será gerada, alterando o seu *status* para “programada”, indo então diretamente para o *smartphone* do colaborador responsável pela equipe, que deverá executar a manutenção em campo.

Portanto, desta forma se tem um melhor controle das demandas criadas e planejadas e, além de tudo, a comunicação é realizada automaticamente, de forma *online*, ou seja, o encarregado não precisa se deslocar ou ligar para o responsável da equipe para repassar a demanda. Também, visto o histórico do planejadoXrealizado ser armazenado, ocorre uma maior transparência da produção das equipes pelo fato do sistema apresentar este *status* também.

#### 4.2.3.4 Execução da manutenção em campo

Tendo a atividade criada, automaticamente o responsável pela equipe de campo irá receber em seu *smartphone* um alerta na data sugerida pela administração, com as devidas informações necessárias para prosseguimento à demanda de cada dia.

Portanto, no aplicativo, o encarregado da equipe encontrará as atividades de cada dia, dando o devido prosseguimento na tarefa, conforme ilustrado na Figura 26.

Figura 26 – Tela de recebimento das atividades criadas



Fonte: Próprio Autor (2018)

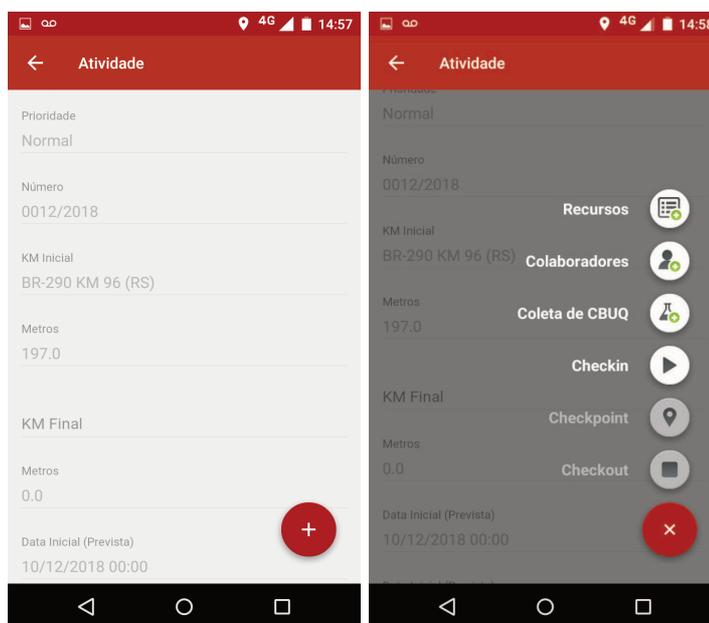
Disposto da atividade, o encarregado da equipe deverá dar prosseguimento à atividade de manutenção, propriamente dita, dando início no app.

Quando inicializada a atividade, o mesmo deverá alimentar as informações solicitadas ao longo da jornada de trabalho. Na Figura 27 se ilustra essa tela de informações necessárias. Observa-se que por estas informações a administração poderá verificar quais recursos estão sendo realmente utilizados, bem como quais colaboradores estão presentes, facilitando assim até mesmo o controle das pessoas em campo.

Então, ao longo da jornada caberá ao encarregado gerar “*checkins*”, sendo um para cada patologia intervinda, conforme se observa na Figura 28. Isso auxiliará a administração no acompanhamento das atividades, bem como o registro de quaisquer adversidades encontradas na hora da manutenção.

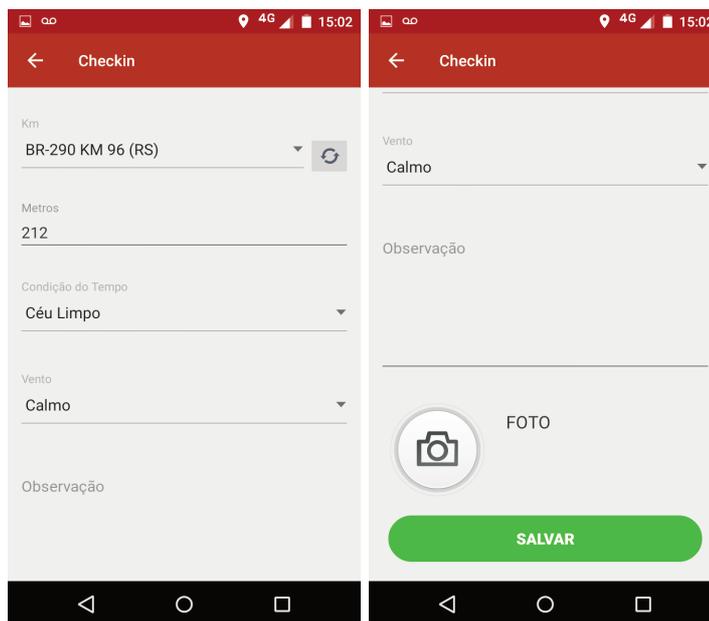
Também, o encarregado da equipe deverá separar a amostra do material empregado no dia, de modo com que a equipe de laboratório valide com o controle tecnológico. Na Figura 29 se ilustra essa tela do app.

Figura 27 – Telas de acompanhamento da atividade



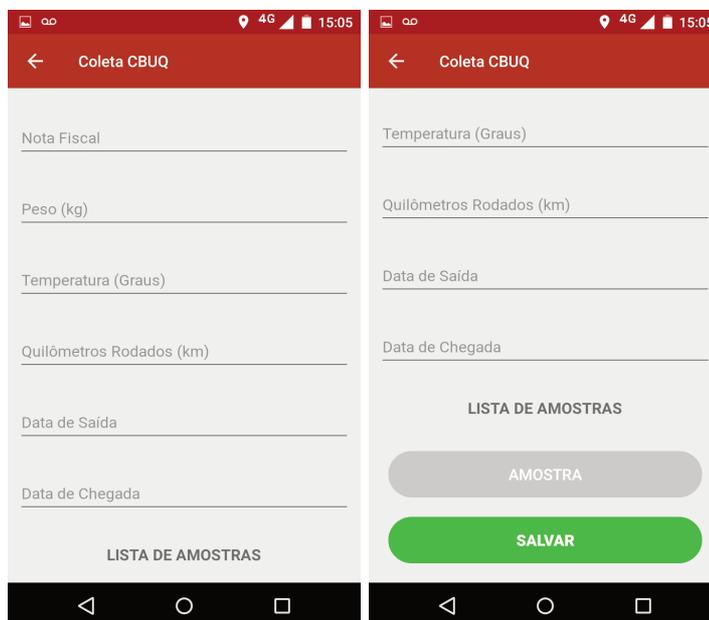
Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 28 – Telas de acompanhamento da atividade via *chekin*



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 29 – Telas de acompanhamento da atividade via coleta de amostra para ensaios laboratoriais



Fonte: Próprio Autor (2018)

#### 4.2.4 Demonstração e Avaliação

Cumprido destacar que o projeto foi desenvolvido pela empresa e que, por motivos contratuais, não houve tempo hábil de implantação da ferramenta junto às equipes de campo, uma vez que a concessão encerrou as suas atividades.

Mesmo diante disto, cabe ressaltar que uma das alternativas de avaliação da *Design Science Research* é a realização através de experimentação. Portanto, a presente pesquisa demonstrou os recursos disponíveis e avaliou uma aplicação da ferramenta, do início ao fim do processo de manutenção de pavimento de rodovias, de modo a manifestar sua compatibilidade e funcionalidade ao meio proposto.

Ainda, conforme comentado anteriormente, destaca-se que o sistema necessita o *input* inicial de dados básicos para operacionalização do sistema, como informações de equipes, de projetos, de usinas, entre outros. Estas informações iniciais são requeridas para que, na hora da programação das atividades, a equipe tenha a disposição na plataforma web todas as informações necessárias para compor as atividades. Em relação a este *input* inicial de dados, destaca-se que não foi demonstrado pelo fato de serem informações iniciais de programação da ferramenta, não colaborativas neste momento para esta pesquisa.

Então, simulou-se a ida a campo para cadastro de patologias, via app. Assim, registraram-se no dia 04 de janeiro de 2019 patologias entre os km 68 e 96 da BR-290/RS, no sentido Litoral, para fins deste estudo. A Figura 30 ilustra esta ida a campo, com o *smartphone* plugado no painel do veículo e o cadastro sendo realizado.

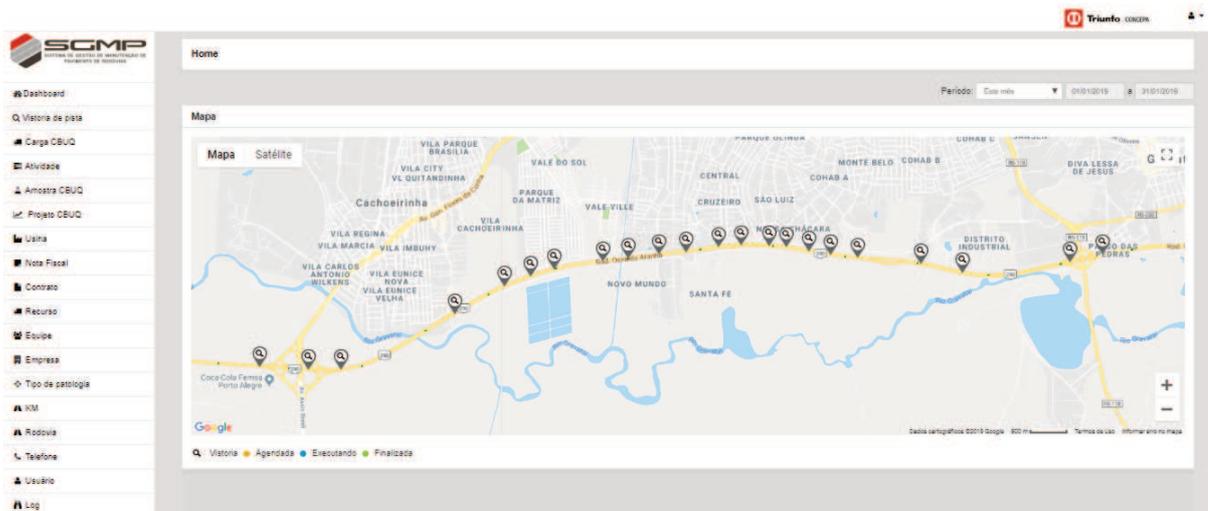
Figura 30 – Simulação de cadastro de patologias – plataforma app



Fonte: Próprio Autor (2019)

Destaca-se que foram evidenciadas 23 patologias no percurso, as quais foram registradas e encaminhadas automaticamente ao banco de dados do sistema. Diante deste banco de dados inicial, observa-se na Figura 31 o registro da vistoria realizada, através do mapa da plataforma *web*.

Figura 31 – Mapa com patologias cadastradas – versão da plataforma *web*



Fonte: Próprio Autor (2019)

Observado no mapa, a equipe técnica tem a função de planejar a intervenção para este levantamento. Assim, nas Figuras 32 e 33, observa-se o planejamento de atividades para as duas primeiras patologias cadastradas/evidenciadas, programando-as para execução no dia 10 de janeiro de 2019. Destaca-se a Figura 34, onde após realizado o planejamento, a lista de patologias já aparece com o *status* alterado para as duas atividades programadas.

Figura 32 – Planejando intervenções 01 – versão da plataforma web

KM	KM Extra	Faixa	Sentido	Patologia	Data	Status
BR-290 KM 74+402 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:02	PENDENTE
BR-290 KM 74+884 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:02	PENDENTE
BR-290 KM 76+358 (RS)		F3	Sul	Buraco 1	04/01/2019 18:01	PENDENTE
BR-290 KM 76+941 (RS)		F2	Sul	Buraco 1	04/01/2019 18:01	PENDENTE
BR-290 KM 77+823 (RS)	Praça de Pedágio	F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:00	PENDENTE
BR-290 KM 78+202 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 17:59	PENDENTE
BR-290 KM 78+500 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 17:59	PENDENTE
BR-290 KM 78+818 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:59	PENDENTE
BR-290 KM 78+95 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:58	PENDENTE
BR-290 KM 78+441 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 17:58	PENDENTE
BR-290 KM 79+791 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:58	PENDENTE
BR-290 KM 80+202 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:58	PENDENTE
BR-290 KM 80+988 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 17:57	PENDENTE
BR-290 KM 81+11 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:57	PENDENTE
BR-290 KM 81+340 (RS)		F3	Sul	Escomergamento 2	04/01/2019 17:57	PENDENTE
BR-290 KM 82+29 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:56	PENDENTE
BR-290 KM 82+394 (RS)		F4	Sul	Buraco 3	04/01/2019 17:56	PENDENTE
BR-290 KM 82+745 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:56	PENDENTE

Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 33 – Planejando intervenções 02 – versão da plataforma web

Fonte: Próprio Autor (2019)

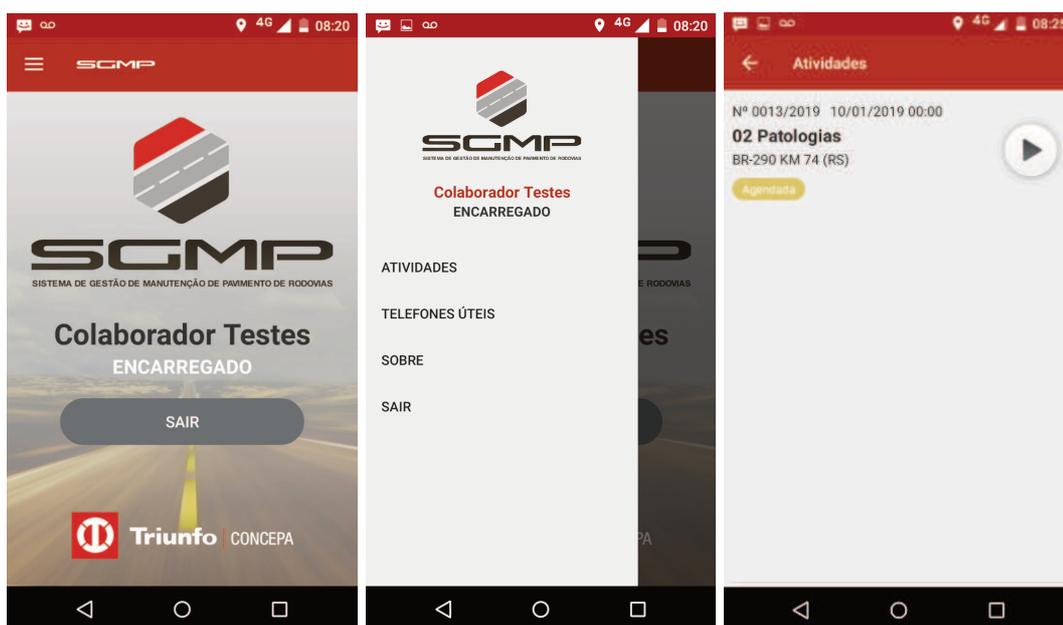
Figura 34 – Planejando intervenções 03 – versão da plataforma web

KM	KM Extra	Faixa	Sentido	Patologia	Data	Status
BR-290 KM 74+402 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:02	PROGRAMADA
BR-290 KM 74+884 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:02	PROGRAMADA
BR-290 KM 76+358 (RS)		F3	Sul	Buraco 1	04/01/2019 18:01	PENDENTE
BR-290 KM 76+941 (RS)		F2	Sul	Buraco 1	04/01/2019 18:01	PENDENTE
BR-290 KM 77+823 (RS)	Praça de Pedágio	F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:00	PENDENTE
BR-290 KM 78+202 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 17:59	PENDENTE
BR-290 KM 78+500 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 17:59	PENDENTE
BR-290 KM 78+818 (RS)		F4	Sul	Buraco 1	04/01/2019 17:58	PENDENTE

Fonte: Próprio Autor (2019)

Com as intervenções planejadas e criadas, o encarregado da equipe de campo recebe automaticamente as mesmas em seu *smartphone*, através do app (Figura 35). Com isso, o mesmo deverá se dirigir até o local da primeira intervenção planejada para dar sequência ao trabalho de manutenção do pavimento.

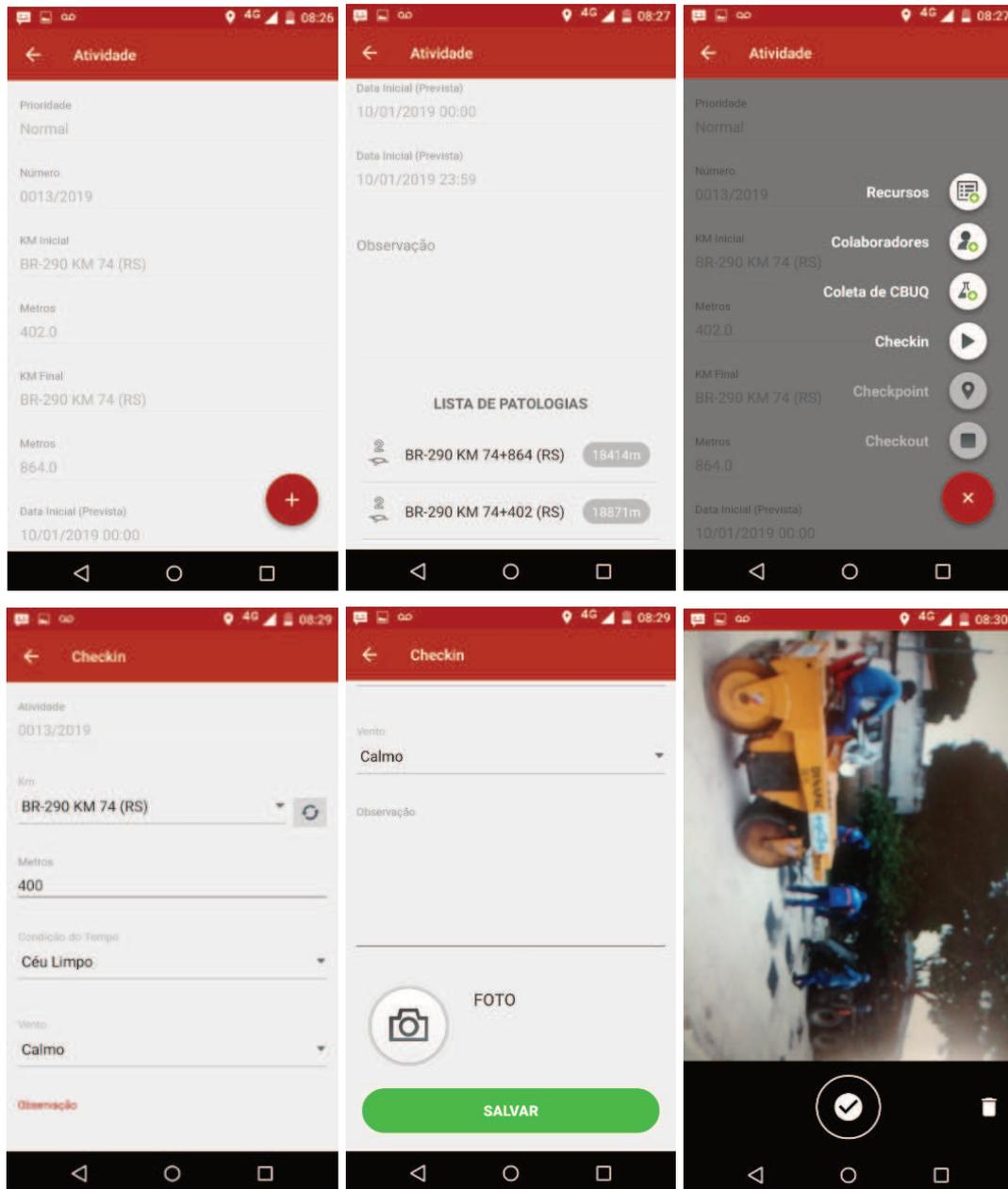
Figura 35 – Recebimento das atividades – telas da plataforma app



Fonte: Próprio Autor (2019)

Portanto, chegando ao local, o encarregado deve dar início à atividade, registrando as intervenções realizadas através dos “*checkins*” e “*checkpoints*”. A Figura 36 ilustra a simulação desta etapa sendo realizada.

Figura 36 – Simulação de *checkin* – plataforma app



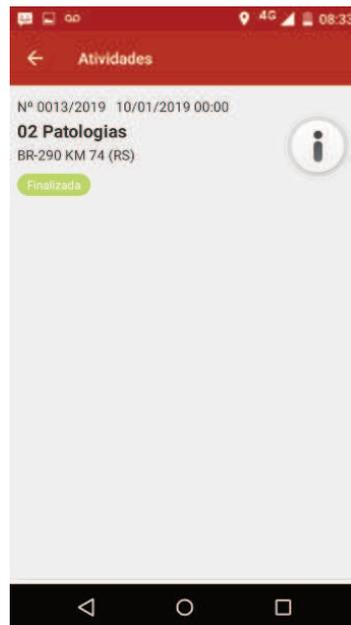
Fonte: Próprio Autor (2019)

O “*checkin*” é a partida do serviço, registrando o momento exato do início das atividades. Logo após, o colaborador da frente de serviço deve realizar “*checkpoints*” para registrar cada intervenção realizada.

Portanto, com as atividades simuladamente realizadas, o status da atividade em questão é atualizado, tanto na plataforma *app* (Figura 37), quanto na plataforma web (Figura 38).

Ainda, na plataforma web se pode acompanhar em tempo real as atividades, conforme comentado anteriormente, inclusive podendo ser visualizadas as fotos registradas pelas frentes de serviço. Na Figura 39 se pode demonstrar esse acompanhamento.

Figura 37 – Status da atividade – plataforma app



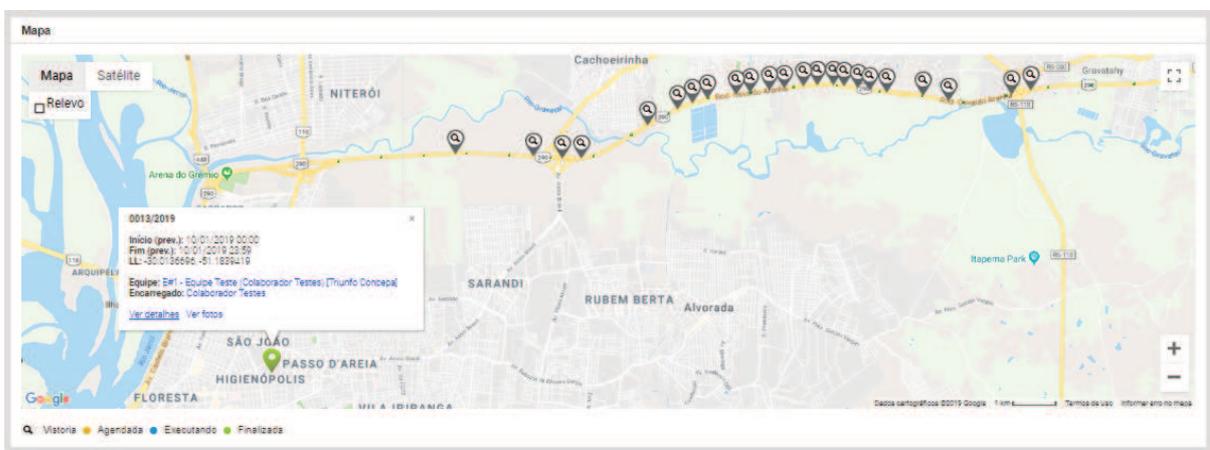
Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 38 – Status da atividade – plataforma web

KM	KM Extra	Faixa	Sentido	Patologia	Data	Status
BR-290 KM 74+402 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:02	ATENDIDA
BR-290 KM 74+894 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:02	ATENDIDA
BR-290 KM 76+358 (RS)		F3	Sul	Buraco 1	04/01/2019 18:01	PENDENTE
BR-290 KM 78+941 (RS)		F2	Sul	Buraco 1	04/01/2019 18:01	PENDENTE
BR-290 KM 77+823 (RS)	Praça de Pedágio	F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 18:00	PENDENTE
BR-290 KM 78+202 (RS)		F4	Sul	Buraco 2	04/01/2019 17:59	PENDENTE

Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 39 – Acompanhamento das atividades pelo mapa da página inicial – plataforma *web*



Fonte: Próprio Autor (2019)

Como foi feita uma experimentação, longe do ambiente proposto na demarcação da atividade, o próprio aplicativo reconheceu através das coordenadas de GPS o ambiente em que as informações foram geradas/coletadas, portanto demonstrou no mapa inicial o ponto na coordenada real.

Dando sequência, na atividade disposta anteriormente se criou uma coleta de CBUQ para realização de ensaios laboratoriais. Os ensaios laboratoriais cadastrados corretamente são de suma importância, pois possibilitam que a equipe técnica avalie as condições dos materiais empregados, as quais são obtidos através de pequenas amostras retiradas juntamente a frente de serviço de campo e avaliadas posteriormente em laboratório.

Esta avaliação é realizada por uma equipe específica de laboratório, a qual o encarregado também tem um *login* para a plataforma web, com suas devidas restrições, onde insere os dados dos resultados obtidos, possibilitando então o acompanhamento da engenharia e a tomada de decisões técnicas se forem necessárias. A Figura 40 demonstra esta operação antes de ser realizada, para esta atividade, e a Figura 41 demonstra a operação após o preenchimento da equipe de laboratório.

Figura 40 – Preenchimento da equipe do laboratório – plataforma web


Home > Amostra de CBUQ > Cadastro


- Dashboard
- Historia de pista
- Carga CBUQ
- Atividade
- Amostra CBUQ
- Projeto CBUQ
- Usina
- Nota Fiscal
- Contrato
- Recurso
- Equipe
- Empresa
- Tipo de patologia
- KM
- Rodovia
- Telefone
- Usuário
- Log

### Formulário

Identificação:

Coleta de CBUQ:  voltar à coleta

Data da coleta:

Data de envio:

Data de recebimento:

### Agregado

Peneira	mm	Lim. Min.	Lim. Mx.	Mistura	Resultado
3/4	19,10	100,00	100,00	100,00	<input type="text"/>
1/2	12,70	81,10	95,10	88,10	<input type="text"/>
3/8	9,50	71,10	85,10	77,50	<input type="text"/>
n 4	4,75	48,00	56,00	51,10	<input type="text"/>
n 10	2,00	23,00	33,00	28,30	<input type="text"/>
n 40	0,42	8,00	17,40	13,30	<input type="text"/>
n 80	0,18	5,70	14,70	8,00	<input type="text"/>
n 200	0,07	4,20	10,00	6,10	<input type="text"/>

### Ligante

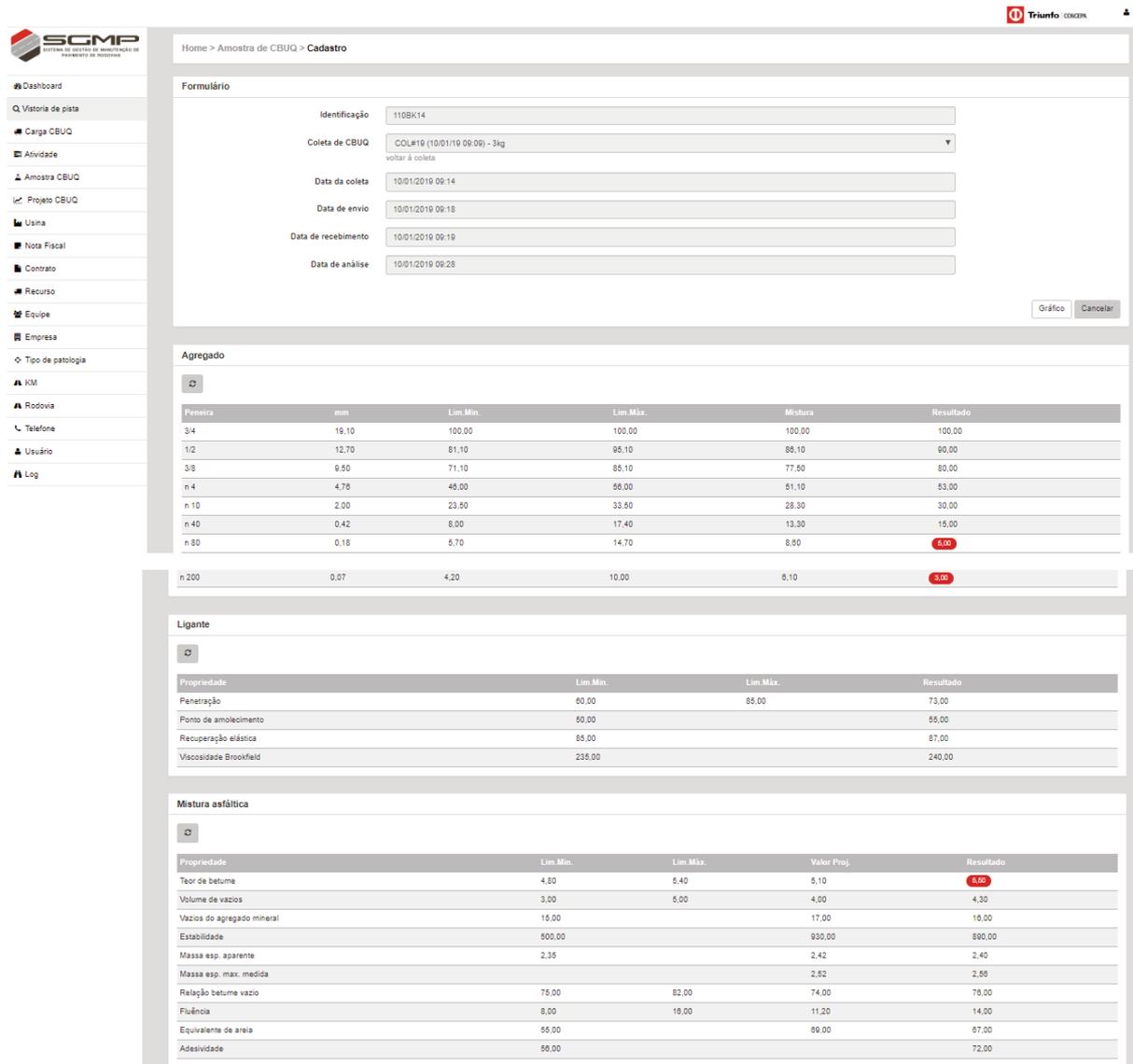
Propriedade	Lim. Min.	Lim. Mx.	Resultado
Penetração	80,00	85,00	<input type="text"/>
Ponto de amolecimento	50,00		<input type="text"/>
Recuperação elástica	85,00		<input type="text"/>
Viscosidade Brookfield	238,00		<input type="text"/>

### Mistura asfáltica

Propriedade	Lim. Min.	Lim. Mx.	Valor Proj.	Resultado
Teor de betume	4,80	5,40	5,10	<input type="text"/>
Volume de vazios	3,00	5,00	4,00	<input type="text"/>
Vazios do agregado mineral	15,00		17,00	<input type="text"/>
Estabilidade	900,00		930,00	<input type="text"/>
Massa esp. aparente	2,35		2,42	<input type="text"/>
Massa esp. max. medida			2,52	<input type="text"/>
Relação betume vazio	75,00	82,00	74,00	<input type="text"/>
Fluência	8,00	16,00	11,20	<input type="text"/>
Equivalente de areia	55,00		69,00	<input type="text"/>
Adesividade	59,00			<input type="text"/>

Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 41 – Resultado dos ensaios laboratoriais – plataforma web



Fonte: Próprio Autor (2019)

Observa-se na Figura 41 que, durante a experimentação, a equipe de laboratório encontrou alguns resultados de ensaios em desacordo com o especificado em norma ou projetos propostos para a atividade em questão, demonstrando então em vermelho tais resultados. Isto facilita a visualização do corpo técnico, uma vez que os resultados são exibidos de maneira intuitiva e, assim, agiliza a tomada de decisões.

Com isto se dá o fim da demonstração, onde que, por meio de experimentação de uma atividade, evidenciou-se a aplicabilidade do sistema proposto. Ainda, há de se destacar que durante a construção da plataforma

tecnológica, diversas simulações foram realizadas para que se chegasse à proposta ora demonstrada.

#### **4.2.5 Comunicação**

Conforme dito anteriormente, a construção da plataforma tecnológica demandou do grupo de trabalho reuniões para alinhamento das premissas e resultados esperados, bem como para que se pudesse ter o acompanhamento do desenvolvimento do app. Assim, chegou-se ao produto final exposto na presente pesquisa.

Com os resultados adquiridos durante a experimentação exposta anteriormente, destaca-se que a plataforma tecnológica não apresentou falhar durante o processo, podendo perfeitamente ser alcançada para o trabalho diário da empresa.

Vale ressaltar que o aplicativo foi moldado na concepção de gestão de equipes de manutenção de pavimento praticado pela devida empresa, porém o processo se assemelha em grande parte ao praticado pelos demais órgãos. Diante disto, a prática de gestão de equipes de manutenção de pavimentos com o auxílio de uma plataforma tecnológica pode ser replicada para outras empresas e órgãos, sem que se tenham muitas adaptações, porém com possíveis ganhos para o processo.

## 5 DISCUSSÕES

Diante do acima exposto, há de se convir que atualmente a utilização de plataformas tecnológicas, em qualquer meio, é uma prática quase que cotidiana, visto a facilidade que as mesmas trazem ao dia-a-dia das pessoas. Assim, nada mais justo que também se ter uma ferramenta que auxilie no nicho da engenharia rodoviária, mais precisamente na manutenção de pavimentos de rodovias.

O que se percebe é que a engenharia rodoviária é ampla, dominante de elevados recursos financeiros de uma nação, onde qualquer esforço para aprimorar ou facilitar os processos, principalmente buscando inovação, é de bom grado.

Também, o que se evidencia no mercado brasileiro é que a engenharia rodoviária anda na contramão da tecnologia, uma vez que se pode observar o crescimento do setor de transportes, com cada dia mais veículos nas ruas – e cada vez mais modernos, com maiores capacidades de cargas, entre outros vários aspectos –; e a infraestrutura é deixada para trás, com técnicas ultrapassadas e remotas.

Assim, com este intuito, a concessionária buscou imergir no campo da tecnologia para propiciar melhores condições de trabalho para um dos elementos mais importantes da concessão, o pavimento. Dito isto, com o viés de agregar tecnologia ao processo de manutenção de pavimentos é que foi concebida esta pesquisa, que culminou na elaboração de um app totalmente aderente à proposta da empresa, prosperando conhecimento e inovação aliado a melhorias em seus processos, conseqüentemente possibilitando a redução de custos.

Na explanação do processo de manutenção de pavimentos sem o uso de plataformas tecnológicas, evidenciaram-se quatorze problemas enfrentados pelas equipes nas diferentes instâncias do processo de manutenção de pavimento. Na Tabela 05 serão recapitulados resumidamente estes problemas evidenciados e, ao lado, como a nova plataforma tecnológica solucionou cada.

Tabela 5 – Problemas x Soluções

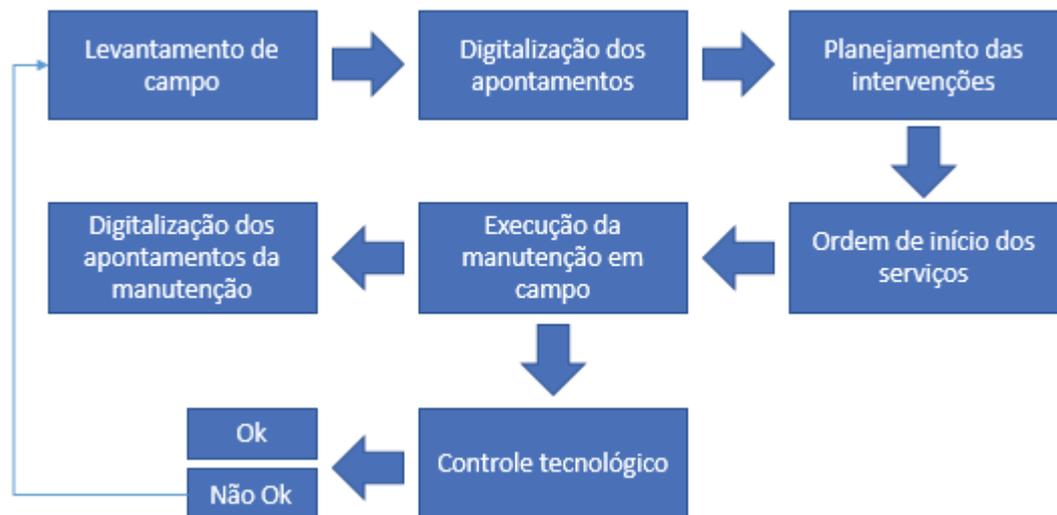
<b>Etapa</b>	<b>Problema</b>	<b>Solução</b>
Levantamento de campo	Insegurança nas paradas para apontamentos	Uso do app sem necessidade de parada do veículo, através do reconhecimento automático da geolocalização do apontamento
	Anotações manuais, com possibilidade de extravio	Tudo realizado pela ferramenta tecnológica
	Tempo perdido nas paradas	Uso do app sem necessidade de parada do veículo
Digitalização dos levantamentos de campo	Desconforto na digitalização, podendo não ser realizada Retrabalho	Levantamento feito através da plataforma tecnológica, não é necessária esta etapa
Planejamento das intervenções	Falta de rastreabilidade	Banco de dados salvo na nuvem
Ordem de início dos serviços	Elevados deslocamentos para repasse de informações	Não há necessidade de ir até a equipe repassar a informação, pois o sistema se encarrega de repassar aos diferentes níveis de usuários as informações
Execução das intervenções		
Digitalização dos apontamentos de campo	Possibilidade de troca de arquivos, em função da desconexão das fotos e apontamentos	As imagens são correlacionadas a cada atividade cadastrada, evitando o descompasso das informações
	Anotações manuais, com possibilidade de extravio	Tudo realizado pela ferramenta tecnológica
	Desconforto na digitalização, podendo não ser realizada Retrabalho	Não há necessidade desta etapa
Controle tecnológico dos serviços	Desconforto na digitalização, podendo não ser realizada	Tudo realizado pela ferramenta tecnológica
Outros problemas	Falta de informações rápidas das equipes de campo para o escritório	Geolocalização da equipe em tempo real, possibilitando o acompanhamento dos serviços
	Falta de segurança do arquivamento das mídias digitais, não sendo realizado o salvamento em nuvem	Banco de dados salvo na nuvem

Fonte: Próprio Autor (2019)

Diante do acima exposto, fica claro que a nova plataforma tecnológica auxiliará na execução dos serviços de manutenção do pavimento, uma vez que diversos pontos foram melhorados com a utilização da nova metodologia.

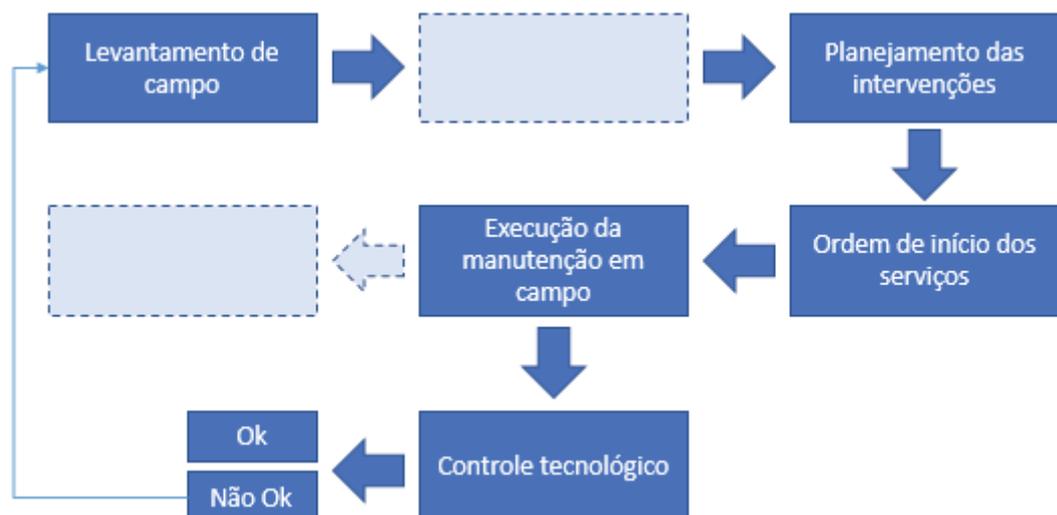
Nas Figura 42 e 43, logo abaixo, evidenciam-se também estes ganhos, através da otimização do processo de manutenção de pavimentos. Na primeira, se observa como é feita a manutenção do pavimento sem a utilização da plataforma tecnológica. Já na segunda, observam-se que macro etapas do processo foram suprimidas, apontando já uma otimização.

Figura 42 – Resumo das macro etapas do processo de manutenção de pavimentos



Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 43 – Resumo das macro etapas do processo de manutenção de pavimentos – com a utilização da plataforma tecnológica



Fonte: Próprio Autor (2019)

Deve-se destacar ainda mais algumas das possibilidades da plataforma tecnológica, muito úteis no dia-a-dia dos usuários.

Em primeiro lugar podemos citar o fato de se ter um aplicativo conectado ao painel de bordo do veículo, onde os apontamentos são realizados de maneira muito intuitiva e simplificada já é um grande avanço, mesmo parecendo algo muito pequeno.

Segundo, a maneira em que os dados são salvos em nuvem, tendo os administradores do sistema um grande banco de dados armazenado para consultas futuras, por si só já possibilita a implantação da ferramenta, pois se sabe que, principalmente em entes públicos devido às trocas de lideranças, os dados são perdidos, impossibilitando assim análises técnicas e econômicas mais profundas com base no histórico de patologias da rodovia.

Terceiro, o acompanhamento online das frentes de trabalho em campo pelos gestores das atividades, uma vez que se sabe precisamente onde estão trabalhando e, através dos dados carregados pelo encarregado de campo durante a jornada de trabalho, possibilita uma tomada de decisões muito mais ágil, em caso de necessidade.

Ainda, a integração do módulo de laboratório com a ferramenta, onde permite a inserção de uma série de resultados técnicos, conduz aos gestores de maneira mais simplificada a interpretação dos resultados, também auxiliando e agilizando a tomada de decisões.

O uso do aplicativo para a melhoria da gestão da manutenção da rodovia possibilitou um incremento na produtividade dos serviços, encurtando caminhos e estreitando a comunicação entre gestores e diversas equipes.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Como se viu, desde antigamente existiu a preocupação com construção de rodovias, sempre pensando em escoar o fluxo de pessoas e de cargas, sendo o modal rodoviário visto como um dos mais utilizados para tal tarefa, principalmente no Brasil. Porém, atualmente, o que se vê através das pesquisas publicadas é que as rodovias brasileiras estão na grande maioria precárias, uma vez que apenas 12% delas têm uma estrutura consolidada de rodovia e destas, pior, apenas 39% apresentam um bom estado de conservação.

Aliado ao descaso das autoridades com a situação de nossas rodovias, verifica-se que o setor de transportes vem crescendo fortemente, cada vez contando com equipamentos mais modernos e robustos. Isso indica que, como os veículos que trafegam pelas rodovias estão saindo de fábrica cada vez com maior capacidade de transporte, as rodovias deveriam, pelo menos, acompanhar tal evolução. Mas o que se percebe é que cada vez as rodovias estão mais degradadas, o que conseqüentemente acaba gerando maiores custos de manutenção para as mesmas, bem como alavancando maiores custos de transporte e manutenção dos veículos, obviamente repassados aos consumidores finais.

Diante disto, ficou evidente a necessidade de impulsos no setor da engenharia rodoviária, nos mais variados aspectos e setores, que contribuam para o avanço da área. Para contribuir é que se propôs a criação da ferramenta tecnológica que auxiliasse na gestão da manutenção de pavimentos, pois a mesma culminou na reorganização do processo, bem como modernizou a metodologia de gestão na concessão.

Se tratando de manutenção, ficou claro através da bibliografia consultada que este serviço não pode ser generalizado, tanto do ponto de vista da indústria, quanto da engenharia rodoviária. Ambas áreas entendem que a manutenção é algo primordial dentro de uma gestão, pois retorna para a companhia ou órgão em forma de vantagens, como por exemplo a competitividade, ou não, de acordo como é realizada, ou até mesmo em economia financeira.

Em conceitos da indústria, trazidos por Monchy (1989), pode-se dizer que a plataforma tecnológica desenvolvida nesta pesquisa tem o viés em atuar na manutenção corretiva na empresa, tanto na forma paliativa como curativa. Já se tratando de conceitos da engenharia rodoviária, trazidos nesta pesquisa pelas

citações do DNIT, o aplicativo tem o propósito em atuar na conservação do pavimento da rodovia, podendo ser corretiva rotineira, preventiva periódica e de emergência.

Mesmo a pesquisa sendo focada na elaboração de uma plataforma tecnológica que auxiliasse na gestão dos serviços de manutenção do pavimento do trecho da BR-290/RS e BR-116/RS, estes concedidos, acredita-se que a pesquisa contribui significativamente aos demais segmentos de rodovias do País, públicos ou privados, podendo inclusive ser uma grande ferramenta de auxílio no controle de programas tipo PATO do DNIT (Plano Anual de Trabalho). Também, em trabalhos futuros se pode propor uma iteração entre esta ferramenta e outras dispostas no mercado, como o Waze por exemplo, de modo a permitir que o banco de dados seja alimentado até mesmo por usuários da rodovia, e não somente os colaboradores como é o aqui proposto.

Conforme tratado ao longo da pesquisa, existiu na empresa a necessidade da reorganização do processo de manutenção de pavimento. Através da bibliografia consultada, observou-se que a política de adequação de processos, buscando sempre uma maneira mais eficiente de condução, é um fator preponderante para a busca de ganhos mais apreciáveis. Nesta linha, a metodologia lean é totalmente aderente ao contexto ora proposto. O que se pode dizer é que nesta pesquisa esta filosofia auxiliou no processo de inovação e reorganização da empresa, na medida que todo processo foi desenhado e as possibilidades foram traçadas, acarretando na simplificação do processo como um todo e, até mesmo, removendo etapas desnecessárias através do uso da plataforma tecnológica.

Uma das dificuldades da filosofia lean é a aplicação na prática do novo processo, onde que, por exemplo, se conduzida sem que haja a aderência total dos usuários sua implantação pode falhar, visto as equipes não quererem mudar o modo de operação do tradicional para o novo. Como a plataforma tecnológica criada não foi efetivamente implantada, visto a falta de tempo hábil (por razões da Concessionária), destaca-se que não se pode visualizar esta questão, sendo esta uma barreira que pode ser melhor descrita em trabalhos futuros.

Pesquisando sobre plataformas tecnológicas, o que se viu é que cada vez mais a tecnologia está presente no dia-a-dia, tanto nas empresas quanto das pessoas, sendo o uso de aplicativos para smartphones uma tendência já confirmada, mas ainda com espaço para expansão. Com a construção da plataforma

tecnológica, destaca-se que a Concessionária não só deu um passo para otimização de seus processos internos, mas também está caminhando em conjunto com o desenvolvimento contemporâneo, adaptando-se ao presente e não mais ao futuro.

Das tendências futuras para o mundo da tecnologia, destaca-se que a plataforma tecnológica desenvolvida durante esta pesquisa está em grande parte de acordo com elas, uma vez que reúne informações em nuvem e oferece análises mais aprimoradas e organizadas, por exemplo.

Quanto ao método de trabalho escolhido para condução da pesquisa, destaca-se que o mesmo se tornou totalmente inerente ao processo de criação da plataforma tecnológica, auxiliando de forma bem simples a explanação dos achados da mesma.

Conforme se viu, o desenvolvimento da pesquisa trouxe basicamente duas etapas. Na primeira, onde se relacionou o estudo exploratório de uma outra ferramenta que foi criada também pela Concessionária, pode-se demonstrar que o uso de tecnologia nos processos de gestão de uma rodovia é aceitável, uma vez que a ferramenta se encontra em pleno funcionamento e agregou resultados satisfatórios. Ainda, a análise desta primeira ferramenta criada para a concessão encorajou a criação da plataforma tecnológica aqui defendida, para utilização na gestão de manutenção de pavimentos. Da mesma forma, espera-se que esta pesquisa contribua para o surgimento de mais ferramentas inovadoras, nos mais variados segmentos da engenharia rodoviária ou em qualquer outro.

Durante a criação da plataforma tecnológica voltada para o serviço de gestão de manutenção de pavimento, destaca-se que a interação entre áreas de TI e engenharia foi fundamental para a condução da construção da ferramenta, possibilitando assim uma construção mais rápida e aderente ao propósito planejado.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. S. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo: Érica, 2014.
- ALVES, K.; SANTAREM, L. **Um panorama da manutenção rodoviária no Brasil e as experiências internacionais**. XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte – ANPET. Ouro Preto, 2015.
- ANGELO, M. **A onda da IoT no mar brasileiro**. Edição 126, HSM Management, 2017.
- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projeto e Restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BARNAGHI, P.; WANG, W.; HENSON, C.; TAYLOR, K. **Semantics for the Internet of Things**. International Journal on Semantic Web and Information Systems, 2012.
- BARTHOLOMEU, D.; CAIXETA, J. V. **Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso**. Revista de Economia e Sociologia Rural, vol. 46. Brasília, 2008.
- BAUMHARDT, E. O. **Sistemática para a operacionalização de conceitos e técnicas da construção enxuta**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2002.
- BAYAZIT, N. **Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research**. Massachusetts Institute of Technology. Design Issues, v. 20, n. 1, p. 16-29, 2004.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS-ABEDA, 2008.
- BEZERRA, J. E. A. **A manutenção de condomínios em edifícios, TPM, terceirização e o JIT/TQC**, 2000. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2000\\_e0210.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2000_e0210.pdf)> 12/08/2018.
- BRUSEBERG, A.; McDONAGH-PHILP, D. **Focus groups to support the industrial/product designer: a review based on current literature and designers feedback**. Applied Ergonomics, v. 33, p. 27-38, 2002.
- ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJAER, E. **Design research for cadastral systems**. Computers, Environment and Urban Systems, v. 35, p. 77-87, 2011.

CAMERA, E.; CASTRO, M.; CAMPOS, R. **Princípios e ferramentas da Lean Construction: uma comparação entre empresas**. In: V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, Paraná, 2015.

CEARLEY, D. **Top 10 strategic technology trends for 2019**. Gartner Group, 2018. Disponível em <https://www.gartner.com/doc/3891569> <Acesso em 25 de janeiro de 2019>.

CHAN, W. T.; FWA, T. F.; TAN, C.Y. **Road-Maintenance Planning Using Genetic Algorithms**. I: Formulation. Journal of Transportation Engineering, v.120, n.05, 1994.

CNT – Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial**, 18ª Edição, 2014.

CNT – Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial**, 20ª Edição, 2016.

CNT – Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial**, 21ª Edição, 2017.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

COSTELA, A. F. **Comunicação – Do Grito ao Satélite**. Campos do Jordão: Editora Mantiqueira, 2002.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Conservação Rodoviária**, 2ª Edição, Rio de Janeiro. 2005.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias**, 2ª Edição, Rio de Janeiro. 2005.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, 2ª Edição, Rio de Janeiro, 2006.

FARHAN, J. FWA, T. F. **Pavement Maintenance Priorization Using Analytic Hierarchy Process**. Journal of the Transportation Research Board, n. 2093, pp. 12-24, 2009.

FEIJÓ, V. C.; GONÇALVES, B. S.; GOMEZ, L. S. R. **Heurística para avaliação de usabilidade em interfaces de aplicativos smartphones: utilidade, produtividade e imersão**. Revista Design & Tecnologia 06, 2013.

FERREIRA, J. V. S. **Inspeção e monitoramento de obras de arte especiais com vista a manutenção preditiva**. Escola Politécnica – Rio de Janeiro, RJ, 2018.

FIGUEIREDO, A. A. P. **Avaliação do desempenho dos contratos de manutenção nas rodovias sob gestão do DNIT em Pernambuco**. Dissertação. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

GAO, S.; LOW, S. **The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction**. Total Quality Management & Business Excellence, 2013.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J. **Design Science in Information Systems Research**. MIS Quaterly, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HOOS, E.; GROGER, C.; MITSCHANG, B. **Mobile apps in Engineering: a process-driven analysis of business potentials and technical challenges**. 9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '14. Elsevier, 2015.

INOVAPARQ. **As principais plataformas tecnológicas e suas tendências**. Blog Inovaparc, Univelle. 2016. Disponível em <http://tiinside.com.br/tiinside/12/12/2017/10-principais-tendencias-tecnologicas-para-infraestrutura-e-operacoes-em-2018> <Acesso em 25 de janeiro de 2019>

JACKSON, D. J. **Pavement preventive maintenance guidelines**. In: Proceeding of 2nd International Symposium on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control, nº 01-128, Auburn, USA, 2001.

JÄRVINEN, P. **Action Research is Similar to Design Science**. Quality & Quantity, v. 41, p. 37-51, 2007.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES, J. A. V. **Design Science Research: A research method to production engineering**. Gestão & Produção, 2013.

LUNDGREN, C.; SKOOGH, A.; BOKRANTZ, J. **Quantifying the effects of maintenance – a literature review of mainenance models**. 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2018.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KOMNINAKIS, D.; PIRATELLI, C. L.; ACHCAR, J. A. **Análise de Confiabilidade para formulação de estratégia de manutenção de equipamentos em uma empresa da indústria alimentícia**. Revista Produção Online, 2018.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction. Technical Report** No. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992.

KRONER, W. **Produtividade e Qualidade na Manutenção**. São Paulo, 1999.

MERIJE, W. **Movimento: educação e comunicação mobile**. São Paulo: Peirópolis, 2012.

MONCHY, F. **A função manutenção**. São Paulo: EBRAS/DURBAN, 1989.

MOUBRAY, J. **RCM II: manutenção centrada em confiabilidade**. Grã Bretanha: Biddles Ltd., Guilford and King's Lynn, 2000. Edição Brasileira.

NIKAKHTAR, A.; HOSSEINI, A. A.; WONG, K. Y.; ZAVICHI, A. **Application of lean onstruction principles to reduce construction process waste using computer simulation: a case study**. Journal Services and Operations Management, v. 20, n. 4, p. 461-480, 2015.

NUNES, E. L.; SOUZA, J. R. R. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Ênfase para Falhas Ocultas**. In: XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE. 2001, Campinas – SP. Rio de Janeiro: SNPTEE, 2001.

PAKKALA, P.; JONG, W.; AIJO, J. **International overvier of innovative contracting practives for roads**. Finnish Road Administration. Helsink, 2007.

PINTO, A.; XAVIER, J. N. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro, ed. Qualitymark, 1999.

PORTAL CORREIO BRASILIENSE. **Brasil gasta o equivalente a 11,6% do PIB com logística em rodovias**. Disponível em: <[http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/08/11/interna\\_cidade\\_sdf,544003/brasil-gasta-o-equivalente-a-11-6-do-pib-com-logistica.shtml](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/08/11/interna_cidade_sdf,544003/brasil-gasta-o-equivalente-a-11-6-do-pib-com-logistica.shtml)>. Acesso em dezembro de 2017.

PREGO, A. S. **A Memória da Pavimentação no Brasil**. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

RAHMAN, H. A.; WANG, C.; LIM, I. Y. W. **Waste processing framework for non-value-adding activies using Lean Construction**. Journal of Frontiers in Construction Engineering, 2012.

ROMME, A. G. L. **Making a difference: Organization as Design**. Organization Science, v. 14, n. 5, p. 558-573, 2003.

SARHAN, J.; XIA, B.; FAWZIA, S.; KARIM, A. **Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry**. Construction, Economics and Build, v. 17, n. 1, 2017.

SELLITTO, M.A.; BORCHARDT, M.; ARAUJO, D.R.C. **Manutenção centrada em confiabilidade: aplicando uma abordagem quantitativa**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP. 2002.

SHAH, Y. U.; JAIN, S. S.; PARIDA, M. **Evaluation of prioritization methods for effective pavement maintenance of urban roads**. International Journal of Pavement Engineering, p. 1-13, 2012.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis. PPGE/UFSC, 2001.

SIMOES, D.; ALMEIDA, A.; BENTA, A. **Preventive maintenance of road pavement with microsurfacing – An economic and sustainable strategy**. International Journal of Sustainable Transportation, 2017.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

STRAUBHAAR, J.; LaROSE, R. **Comunicação, mídia e tecnologia**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

TROUNG, H.; DUSTDAR, S. **Principles for engineering IoT cloud systems**. Vienna University of Technology, 2015.

VACCARO, G. L. R. **Modelagem e análise da confiabilidade de sistemas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 222 p. Rio Grande do Sul, 1997.

VAN AKEN, J. E. **Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field- Tested and Grounded Technological Rules**. Journal of Management Studies, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004.

VENABLE, J. R. **The Role of Theory and Theorising in Design Science Research**. DESRIST, v. 24-25, p. 1-18, 2006.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. Escola Politécnica – Rio de Janeiro, RJ, 2015.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L. **A framework for maintenance concept development**. International Journal of Production Economics, 2002.

ZHU, S.; YU, M. **Evaluation framework design of Highway Traffic Safety Maintenance**. Applied Mechanics and Materials, v. 409-410, 2013.

## **ANEXO A – FLUXOGRAMA MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO**