



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

FRANCISCO ARTHUR ALVES NORONHA

**APRIMORAMENTO DE ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO EM VIAS NÃO
PAVIMENTADAS COM BASE NO NOVO SICRO**

FORTALEZA

2019

FRANCISCO ARTHUR ALVES NORONHA

APRIMORAMENTO DE ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO EM VIAS NÃO
PAVIMENTADAS COM BASE NO NOVO SICRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N767a Noronha, Francisco Arthur Alves.
Aprimoramento de estratégias de intervenção em vias não pavimentadas com base no novo SICRO / Francisco Arthur Alves Noronha. – 2019.
119 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira.
1. Estradas. 2. Manutenção. 3. Gerência. 4. Orçamento. I. Título.

CDD 388

FRANCISCO ARTHUR ALVES NORONHA

APRIMORAMENTO DE ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO EM VIAS NÃO
PAVIMENTADAS COM BASE NO NOVO SICRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes.

Aprovada em: 30/08/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Teresa Raquel Lima Farias
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

À minha mãe.

À minha avó, Dona Fransquinha (*in
memoriam*)

AGRADECIMENTOS

A Deus pai, fonte de vida e misericórdia, pela força, coragem, resiliência e o amparo durante toda a minha vida. Sem ele eu jamais teria chegado até aqui.

Ao meu orientador, Dr. Heber Oliveira, que sempre foi parceiro nessa empreitada. Pela sua disponibilidade e dedicação, minha eterna gratidão.

Ao professor Dr. Ernesto Nobre Júnior pelo auxílio acadêmico e os conselhos desde antes do início desta etapa, pelas contribuições a este trabalho, durante o exame de qualificação e por ter aceitado o convite para participar da banca avaliadora.

À professora Dra. Teresa Raquel Lima Farias, que gentilmente aceitou o convite para participar da banca avaliadora. Pela disponibilidade e pelos conhecimentos compartilhados, gratidão.

À minha mentora acadêmica, professora Dra. Suelly Barroso, desde os tempos de monitoria no Laboratório de Geomática Aplicada (LAG), pela amizade, os ensinamentos e todos os conselhos que muito me ajudaram nessa caminhada. Toda minha admiração e gratidão.

Ao professor Dr. Waldemiro de Aquino, meu orientador no LAG durante dois anos, pela sua atenção e experiência compartilhada. Ademais, às contribuições a este trabalho durante o exame de qualificação.

Aos demais professores que muito me ensinaram durante os mais de dois anos no LAG, Dra. Elisabeth Moreira, Dra. Nadja Dutra, Ma. Edjane Soares e Dr. Carlos Uchôa.

Aos meus alunos e ex-alunos da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e do Instituto Dom José (IDJ), pela convivência, o compartilhamento de conhecimento e por serem caminho para o meu encontro diário com a docência.

Aos meus amigos desde a graduação, Ítalo Ruan, Gizelle Heléne, João Victor, Henrique Petisco, Victor Lemos, Edilany Aguiar, Clara Pantoja, Isabele Nocrato, Mariana Muratori e Fernanda Sousa, pelo apoio e cordialidade.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação acadêmica, e para a elaboração deste trabalho.

“Jesus olhou para eles e respondeu:
“Para o homem é impossível, mas para
Deus todas as coisas são possíveis”.
(Evangelho de Mateus, 19, 26)

RESUMO

As estradas não pavimentadas correspondem a cerca de 88% da malha viária brasileira. O emprego inadequado da Gerência de Pavimentos no melhoramento dos procedimentos de manutenção de rodovias não pavimentadas pode desencadear perdas financeiras e má qualidade da superfície de rolamento. Em grande parte dos casos, isso ocorre devido a processos de intervenção inadequados, refletindo nos custos associados às operações de transportes e à segurança dos usuários. Baseado nessa questão, Santana (2006) propôs alternativas para possibilitar o dimensionamento adequado de equipes de trabalho, e insumos a serem dispostos nos serviços de manutenção mais recorrentes em estradas não pavimentadas, levando em conta os custos envolvidos em cada intervenção, visando permitir uma aplicação satisfatória por parte do gestor. A proposta, em discussão, baseou-se no Sistema de Custos Referenciais de Obras 2 (SICRO 2), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), vigente à época. Contudo, com o advento do novo SICRO, no primeiro semestre de 2017, vem à tona a necessidade do aprimoramento do método. Para tanto, foram observados diversos estudos acerca de estradas não pavimentadas, seus defeitos recorrentes, estratégias de manutenção e aplicações da Gerência de Pavimentos nessas vias. Ademais, foram tratadas as inovações do novo SICRO, visando estabelecer o método de composição de custos a ser utilizado neste trabalho. Por fim, após a elaboração dos orçamentos, os Custos Unitários das duas propostas foram comparados, a partir da atualização monetária da proposta de Santana (2006), através do Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M). Concluiu-se que a implantação do novo SICRO ocasionou modificações nas composições de custos dos serviços de manutenção em vias não pavimentadas, tratados neste trabalho, tornando os custos finais, em alguns casos, mais caros, em outros, mais baratos.

Palavras-chave: Estradas. Manutenção. Gerência. Orçamento.

ABSTRACT

Unpaved roads correspond to about 88% of the Brazilian road network. The inadequate use of Pavement Management in improving the procedures for maintenance of unpaved roads uncovers financial losses and poor quality of the rolling surface. In most cases, this is due to inadequate intervention processes, reflecting the costs associated with transport operations and user safety. Based on this issue, Santana (2006) proposed alternatives to enable the proper sizing of work teams, and inputs to be arranged in the most recurring maintenance services on unpaved roads, taking into account the costs involved in each intervention, allowing a satisfactory application. by the manager. The proposal in question was based on the System of Referential Costs of Works 2 (SICRO 2) of the National Department of Transport Infrastructure (DNIT), in force at the time. However, with the advent of the new SICRO, in the first half of 2017, the need to improve the model comes to light. Therefore, several studies were observed about unpaved roads, their recurrent defects, maintenance strategies and applications of Pavement Management on these roads. In addition, the innovations of the new SICRO were addressed, aiming to establish the cost composition method to be used in this work. Finally, after budgeting, the Unit Costs of the two proposals were compared, based on the monetary update of Santana's (2006) proposal, through the General Market Price Index (IGP-M). It was concluded that the implementation of the new SICRO caused changes in the cost composition of maintenance services on unpaved roads, treated in this work, making the final costs, in some cases, more expensive, in others, cheaper.

Keywords: Roads; Maintenance; Management; Budget.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrada não pavimentada	21
Figura 2 – Pista com seção transversal imprópria	23
Figura 3 – Trecho com drenagem inadequada	24
Figura 4 – Pista de rolamento com corrugações	26
Figura 5 – Estrada com excesso de poeira	27
Figura 6 – Via com presença de buracos	29
Figura 7 – Trecho com afundamento da trilha de roda	30
Figura 8 – Trecho expondo perda de agregados	31
Figura 9 – Exemplo de areião	32
Figura 10 – Trecho da via sujeito a atoleiro	33
Figura 11 – Pista escorregadia	34
Figura 12 – Pista de rolamento rompida devido à erosão	35
Figura 13 – Trecho apresentando facão	36
Figura 14 – Trecho apresentando rocha aflorante	37
Figura 15 – Fluxograma metodológico	44
Figura 16 – Relação entre os Custos Unitários de cada proposta de composição ..	87
Figura 17 – Relação entre os Custos Unitários de Santana (2006) e a respectiva atualização	89
Figura 18 – Relação entre os Custos Unitários de Santana (2006) + IGPM-H e este trabalho	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Composição de Custos	47
Tabela 2 –	Índices FIC	50
Tabela 3 –	Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade baixo	55
Tabela 4 –	Orçamento para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade baixo	55
Tabela 5 –	Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade médio	56
Tabela 6 –	Orçamento para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade médio	57
Tabela 7 –	Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de seção transversal imprópria com alta severidade	58
Tabela 8 –	Orçamento para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade alto	59
Tabela 9 –	Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade baixo ...	60
Tabela 10 –	Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade baixo	60
Tabela 11 –	Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (limpeza de bueiro)	61
Tabela 12 –	Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (limpeza de bueiro)	62
Tabela 13 –	Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (reconformação e/ou reconstrução de valetas)	62
Tabela 14 –	Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (reconformação e/ou reconstrução de valetas)	63
Tabela 15 –	Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade alto	64
Tabela 16 –	Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade alto	65

Tabela 17 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de excesso de poeira com nível de severidade baixo	67
Tabela 18 – Orçamento para correção de excesso de poeira com nível de severidade baixo	67
Tabela 19 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de areiões com nível de severidade baixo	70
Tabela 20 – Orçamento para correção de areiões com baixa severidade	71
Tabela 21 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de areiões com níveis de severidade médio e alto	72
Tabela 22 – Orçamento para correção de areiões com níveis de severidade médio e alto	73
Tabela 23 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para construção de um bueiro	75
Tabela 24 – Orçamento para construção de um Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC), com seção 1,5 x 1,5 m	76
Tabela 25 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de atoleiro com níveis de severidade médio e alto	77
Tabela 26 – Orçamento para correção de atoleiro com níveis de severidade médio e alto	77
Tabela 27 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de erosões (recomposição manual)	79
Tabela 28 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de erosões (recomposição mecânica)	80
Tabela 29 – Orçamento para correção de erosões (recomposição manual)	81
Tabela 30 – Orçamento para correção de erosões (recomposição mecânica)	82
Tabela 31 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de rocha aflorante	84
Tabela 32 – Orçamento para correção de rocha aflorante	85
Tabela 33 – Quadro resumo das composições de custos unitários	86
Tabela 34 – Quadro resumo das composições de custos, conforme a proposta de Santana (2006) e sua atualização	90
Tabela 35 – Correção monetária do Custo Unitário dos serviços propostos por Santana (2006)	92
Tabela 36 – Comparação de Custos Unitários dos serviços de manutenção	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
BDI	Bonificações e Despesas Indiretas
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DERSA	Desenvolvimento Rodoviário s/a
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ERA	<i>Ethiopian Roads Authority</i>
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FIC	Fator de Influência de Chuvas
FIT	Fator de Interferência do Tráfego
HDM	<i>Highway Development and Management</i>
IGP-M	Índice Geral de Preços do Mercado
IPCBR	Instituto Panamericano de Carreteras Brasil
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
MASSDEP	<i>Massachusetts Department of Environmental Protection</i>
RNA	Redes Neurais Artificiais
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos	18
1.3	Estrutura da dissertação	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	Vias não pavimentadas	20
2.1.1	Cenário geral das estradas brasileiras	20
2.1.2	Defeitos mais comuns e propostas de medidas corretivas	22
2.1.1.1	<i>Seção transversal imprópria</i>	22
2.1.1.2	<i>Drenagem inadequada</i>	24
2.1.1.3	<i>Corrugações</i>	25
2.1.1.4	<i>Excesso de poeira</i>	27
2.1.1.5	<i>Buracos</i>	28
2.1.1.6	<i>Trilha de roda</i>	30
2.1.1.7	<i>Perda de agregados</i>	31
2.1.1.8	<i>Areiões</i>	32
2.1.1.9	<i>Atoleiro</i>	33
2.1.1.10	<i>Pista escorregadia</i>	34
2.1.1.11	<i>Erosões</i>	34
2.1.1.12	<i>Facão</i>	36
2.1.1.13	<i>Rocha aflorante</i>	37
2.2	Manutenção	37
2.2.1	Manutenção de estradas não pavimentadas	38
2.2.2	Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) aplicado à manutenção de estradas não pavimentadas	40
2.3	Novo SICRO	42
3	MÉTODO DE PESQUISA	45
3.1	Análise do modelo proposto por Santana (2006)	45
3.2	Comparação entre SICRO 2 e o novo SICRO	46

3.3	Aprimoramento da proposta de orçamento de serviços em vias não pavimentadas de Santana (2006), com base no novo SICRO.....	46
3.3.1	<i>Custo Horário Total de Execução, Custo Unitário de Execução e Produção da Equipe</i>	49
3.3.2	<i>Fator de Influência de Chuvas (FIC)</i>	50
3.3.3	<i>Custo Unitário Direto Total e Custo Unitário Total</i>	52
3.3.4	<i>Fator de Interferência do Tráfego (FIT)</i>	52
3.3.5	<i>Momento de Transporte</i>	52
3.3.6	<i>Benefícios e Despesas Indiretas (BID)</i>	53
3.3.7	<i>Mão de Obra</i>	53
3.3.8	<i>Atualização monetária da proposta de Santana (2006) a partir do Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M)</i>	54
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
4.1	Seção transversal imprópria	55
4.1.1	<i>Nível de severidade baixo</i>	55
4.1.2	<i>Nível de severidade médio</i>	57
4.1.3	<i>Nível de severidade alto</i>	58
4.2	Drenagem inadequada	60
4.2.1	<i>Nível de severidade baixo</i>	61
4.2.2	<i>Nível de severidade médio</i>	62
4.2.3	<i>Nível de severidade alto</i>	64
4.3	Corrugações	67
4.4	Excesso de poeira	67
4.5	Buracos	69
4.6	Trilha de roda.....	69
4.7	Perda de agregados	69
4.8	Areiões	70
4.8.1	<i>Nível de severidade baixo</i>	70
4.8.2	<i>Nível de severidade médio e alto</i>	73
4.9	Atoleiro	74
4.9.1	<i>Nível de severidade baixo</i>	75
4.9.2	<i>Nível de severidade médio e alto</i>	75
4.10	Pista escorregadia.....	79
4.11	Erosões	79

4.12	Facão	84
4.13	Rocha aflorante	84
4.14	Discussão dos resultados apresentados	86
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	99
5.1	Principais contribuições	99
5.2	Principais constatações	100
5.3	Limitações da pesquisa	101
5.4	Sugestões para trabalhos futuros	101
	REFERÊNCIAS	102
	ANEXO A – PROPOSTA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DE SANTANA (2006)	107

1 INTRODUÇÃO

De utilidade indiscutível para indivíduos, sociedades e economias de qualquer período da história, o deslocamento por via terrestre transformou-se no principal meio de transporte de curtas, médias e longas distâncias do mundo contemporâneo.

A ampliação da infraestrutura de transporte rodoviário está diretamente ligada ao desenvolvimento econômico e social de regiões. À medida que viabiliza o intercâmbio entre polos produtores e consumidores e o acesso da população a bens e serviços, corrobora a necessidade de melhorias constantes em seu processo de gerenciamento.

Estradas não pavimentadas são fundamentais vias de acesso, principalmente, ligando regiões com baixo volume de tráfego a centros urbanos. Assim, viabilizam a circulação de veículos com finalidades socioeconômicas, como o acesso da população rural a bens e serviços e o escoamento da produção agrícola e agropecuária.

No intuito de garantir a eficácia do fluxo de recursos produzidos e o transporte de pessoas, é imprescindível que essa rede viária esteja em boas condições de rodagem. No entanto, de forma geral, várias estradas não pavimentadas são criadas sem qualquer planejamento, estando tradicionalmente atreladas ao aproveitamento de atalhos e veredas existentes.

Em grande parte dos casos, são construídas sem projeto geométrico ou sistema de drenagem. Sua pista de rolamento, geralmente, é constituída apenas pelo solo natural próprio, em alguns casos podendo haver um revestimento primário com camada granular composta por agregados naturais obtidos de suas proximidades.

Projetos de infraestrutura viária configuram operações que representam altos custos no capital final de obras e demanda de tempo considerável. Além da necessidade de conhecimento da região em que se dará a obra, equipamentos para levantamento da área, equipes treinadas para atividades específicas, há ainda empecilhos que podem surgir antes e depois da conclusão do projeto, como eventos hidrológicos extremos.

O emprego inadequado da Gerência de Pavimentos no melhoramento dos procedimentos de manutenção de vias não pavimentadas desencadeia perdas financeiras e má qualidade da superfície de rolamento. Em grande parte dos casos,

isso ocorre devido a processos de intervenção inadequados, refletindo nos custos associados às operações de transportes e à segurança dos usuários que trafegam na via.

Conceber rotinas de planejamento capazes de auxiliar em operações de monitoramento e conservação da infraestrutura de vias não pavimentadas é um desafio do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP). Tal empreitada visa o aprimoramento na alocação de recursos, reduções de prazo e custo e consequente aumento no bem estar e segurança dos usuários da via.

Diante do exposto, verifica-se a grande importância da conservação de estradas não pavimentadas e o consequente crescimento da demanda por um planejamento racional nesse processo, visando a redução do desperdício de materiais e a otimização do tempo de execução.

Santana (2006) propôs um modelo de composição de custos unitários e orçamento de serviços para o gerenciamento de obras de manutenção da infraestrutura viária em estradas não pavimentadas, a fim de sistematizar o processo de apoio à decisão.

A proposta, em questão, baseou-se no Sistema de Custos Referenciais de Obras 2 (SICRO 2), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), vigente à época. No entanto, com o advento do novo SICRO, no primeiro semestre de 2017, vem à tona a necessidade de aprimorar sua aplicação, a fim de sistematizá-la à nova metodologia de composição de custos.

1.1 Justificativa

Conforme El-Rayes e Moselhi (2001), otimizar a utilização dos recursos pode levar a um decréscimo significativo na duração e nos custos dos projetos de construção repetitivos, como rodovias, edifícios e conjuntos habitacionais. Ou seja, idealizar as atividades de forma sistemática pode representar um ganho significativo no conjunto da obra.

A análise correta da composição de custos unitários e do orçamento de serviços é essencial na busca pela otimização de recursos aplicados ao planejamento e à gestão de projetos de infraestrutura de transportes. Tal medida visa estimular uma perspectiva holística dos processos.

Acerca da importância das estradas não pavimentadas e da necessidade de conservá-las, Fontenele e Fernandes Júnior (2013, p. 11) afirmam,

[...] representam um importante papel no desenvolvimento socioeconômico de uma região, sendo responsáveis pelo escoamento agrícola e a integração entre o campo e a cidade através do acesso da comunidade rural aos serviços de saúde, educação e lazer. Infelizmente, essas estradas se deterioram mais rapidamente que as estradas pavimentadas, tornando necessária uma frequente manutenção que, geralmente, é feita de forma empírica e incorreta, implicando, por sua vez, em altas taxas de deterioração e, conseqüentemente, numa seqüência de custos aos usuários, que variam de acordo com as características da superfície.

Na mesma linha, Zoccal e Romero (2016, p. 25) declaram,

a estrada rural constitui-se em um importante componente da infraestrutura rodoviária para prover, especialmente às localidades mais distantes, um fluxo regular de mercadorias e de serviços, permitindo a fixação e o desenvolvimento das comunidades rurais. Assim, as estradas rurais devem ser mantidas e conservadas de modo a provocar o menor impacto no meio ambiente.

Ou seja, evidenciam que implementar rotinas adequadas de gerenciamento de obras de manutenção em estradas não pavimentadas, é essencial à conservação da via e ao conforto e segurança do usuário.

Santana (2006) constatou a carência de pesquisas que discutam o emprego da Gerência de Pavimentos no melhoramento dos procedimentos de manutenção de vias não pavimentadas. Fundamentado nesse problema, propôs alternativas para possibilitar o dimensionamento adequado de equipes de trabalho e definir, quantitativamente e qualitativamente, insumos a serem dispostos em cada serviço proposto, levando em conta os custos envolvidos em cada intervenção.

Para isso, baseou-se no Sistema de Custos Referenciais de Obras 2 (SICRO 2) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Ou seja, empregou o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), a fim de sistematizar procedimentos de reparos em vias não pavimentadas, visando à otimização de tempo e recursos. Assim, disponibilizou uma metodologia viável para auxiliar economicamente, sobretudo, às gestões públicas de pequenos municípios, visto que são as mais vulneráveis ao problema em questão.

Após aproximadamente 14 anos da publicação do Manual de Custos Rodoviários do SICRO 2 (DNIT, 2003), ocorreu a implantação do novo SICRO

(DNIT, 2017a), no primeiro semestre de 2017, visando melhorar a qualidade na elaboração de orçamentos.

A nova variante inclui composições aquaviárias e ferroviárias, novas variáveis para a matriz rodoviária, tais como o Fator de Influência de Chuvas (FIT) e o Fator de Interferência de Tráfego (FIT), e tenciona direcionar suas funcionalidades à modernidade tecnológica.

Além disso, durante esse tempo, houve avanços tecnológicos que desencadearam a modernização de equipamentos, contribuindo no incremento da produtividade das atividades e o aumento do custo de mão de obra.

Em função disso, tais mudanças podem afetar diretamente a composição de custos unitários, para manutenção de vias não pavimentadas, entre o SICRO 2 e o novo SICRO e, conseqüentemente, o orçamento final da obra, ensejando a necessidade de aprimoramento do modelo proposto por Santana (2006)..

1.2 Objetivos

Perante a problemática constatada e de acordo com a justificativa evidenciada, foram esboçados os objetivos deste estudo.

1.2.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho é auxiliar aos tomadores de decisão acerca de estratégias de manutenção de defeitos recorrentes em vias não pavimentadas, a partir da proposta de Santana (2006), por meio do novo Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO).

1.2.2 Objetivos específicos

- a) descrever os defeitos mais comuns em vias não pavimentadas e as respectivas propostas de medidas corretivas;
- b) discutir acerca da importância da manutenção de vias não pavimentadas;
- c) compreender os principais aspectos relacionados ao novo SICRO e à inclusão de componentes em sua estrutura, verificando a influência dessas variáveis na metodologia de composição de custos;

- d) realizar a composição de custos dos serviços de manutenção de defeitos recorrentes em vias não pavimentadas, tratados neste trabalho, com base no novo SICRO;
- e) comparar os valores dos Custos Unitários deste trabalho com os propostos por Santana (2006), para cada intervenção.

1.3 Estrutura da dissertação

Além deste capítulo introdutório, esta dissertação é dividida em mais quatro capítulos. O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica, na qual se aborda uma contextualização geral acerca de vias não pavimentadas, estudos nacionais e internacionais direcionados à temática, principais defeitos que podem ocorrer e respectivas propostas de intervenção. Ademais, trata-se a importância da manutenção de estradas não pavimentadas e aplicações do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) nesse processo e considerações acerca do novo SICRO.

O capítulo 3 descreve o método utilizado para a obtenção e tratamento dos dados que visam atingir o objetivo deste trabalho. O capítulo 4 apresenta a análise do aprimoramento da proposta de composição de custos. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais da pesquisa e as recomendações para estudos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será abordada uma revisão da literatura sobre a situação das estradas no Brasil, definições gerais, importância da manutenção e composição de custos e orçamento de serviços em vias não pavimentadas, o sistema proposto por Santana (2006), além de características gerais acerca do novo SICRO.

2.1 Vias não pavimentadas

Essa seção está dividida em duas subseções. Serão discutidos o estado atual das estradas brasileiras, definições gerais e estudos acerca de vias não pavimentadas; e os defeitos mais comuns e propostas de medidas corretivas.

2.1.1 *Cenário geral das estradas brasileiras*

No Brasil, a matriz de transporte rodoviário é predominante, tendo sido responsável pelo transporte de aproximadamente 88.772.408 passageiros em 2017 (interestadual, internacional e fretamento), além de atender a aproximadamente 61,1% do transporte de cargas do país, em uma malha viária de 1.719.991 km de extensão (CNT, 2019).

Em contraponto à sua importância para o País, somente cerca de 12,4% das rodovias no Brasil são pavimentadas, existindo cerca de 1.349.474 km de vias não pavimentadas (87,6%), contra 213.208 km de rodovias pavimentadas (CNT, 2019).

Relativo ao baixo número de estradas pavimentadas no Brasil, Zoccal e Romero (2016) afirmam que isso ocorre devido aos altos custos envolvidos, tornando inviável a adoção prioritária de técnicas de pavimentação. Assim, concluem que é necessária, desse modo, a melhoria das condições de trafegabilidade da rede das estradas não pavimentadas, a partir da regulamentação e disseminação de critérios técnicos que envolvem as ações de recuperação, conservação e da sua operação em caráter permanente.

Estradas não pavimentadas (Figura 1) são aquelas em que a superfície do pavimento é constituída por materiais como: agregados naturais identificados como cascalho; pedregulhos oriundos de jazidas e seixo rolados; agregados artificiais conhecidos como materiais britados; solos constituídos por materiais da própria base ou subleito e solos naturalmente estabilizados (BAESSO; GONÇALVES, 2003).

Figura 1 – Estrada não pavimentada



Fonte: Romero (2010)

No que tange às estradas não pavimentadas, a função dessas vias é garantir o acesso da população rural aos serviços urbanos e o escoamento da produção agrícola. Apesar de sua relevância socioeconômica, essas estradas não possuem tratamento superficial, sendo revestidas apenas pelo solo local e, às vezes, misturado com um agregado granular em decorrência de sua manutenção (MOREIRA, 2018).

Para Baesso e Gonçalves (2003), muitas vias não pavimentadas, por terem evoluído originalmente de pequenas trilhas e caminhos utilizados pelos primeiros grupos de pessoas que se estabeleceram nas mais diversas regiões, apresentam traçados atravessando locais cujos solos denotam grande fragilidade em termos de suporte. À medida que o tráfego cresce, tais caminhos tornam-se estradas recebendo entre outros serviços, melhoramentos graduais na forma de revestimento de sua superfície de rolamento.

Na mesma linha, Zoccal e Romero (2016, p. 25) afirmam,

Em geral, a grande maioria das estradas situadas nas zonas rurais foi aberta por colonizadores que se orientaram por critérios de estrutura fundiária e pelas facilidades de transposição de obstáculos do terreno, critérios esses que deixaram brechas para o surgimento de processos erosivos prejudiciais aos terrenos em geral e de forma muito direta para as pistas de rolamento das estradas e às áreas marginais, com os reflexos ambientais acima relatados.

Conforme Mesquita Filho (2018), apesar de se constituírem em um importante instrumento de mobilidade de pessoas e de materiais, as estradas vicinais de terra apresentam problemas sérios de construção e de manutenção.

Fontenele e Fernandes Júnior (2013, p. 12), mencionam que a partir das características que as estradas não pavimentadas possuem, em “perder o material de sua superfície pela ação combinada do tráfego e das intempéries percebe-se que elas se deterioram mais rapidamente que as estradas pavimentadas, tornando necessária uma frequente manutenção.”.

De acordo com o MASSDEP (2001), os fatores que mais prejudicam a vida útil de estradas não pavimentadas correspondem a cargas provenientes do tráfego de carga pesada (número de veículos e peso), qualidade do subleito, processo construtivo (materiais de qualidade e técnica adequada), programas rotineiros de manutenção preventiva e drenagem deficiente.

As vias não pavimentadas têm sido objeto de estudo nas últimas décadas, tanto no Brasil quanto no exterior, conforme pode ser comprovado, dentre outras, nas pesquisas de Reid e Dunne (1984), Eaton e Beaucham (1992), Oda (1995), Schroeder e Castro (1996), Correia (2003), Moreira (2003), Nunes (2003), Griebeler *et al.* (2005), Santana (2006), Almeida (2006), Forsyth *et al.* (2006), Pruski (2009), Andrade *et al.* (2008), Correa e Ramos (2010), Fontenele e Fernandes Júnior (2013), Braga e Guimarães (2014), Ferreira *et al.* (2015), Reis *et al.* (2016), Quaresma *et al.* (2016), Mesquita Filho (2018) e Moreira (2018).

2.1.2 Defeitos mais comuns e propostas de medidas corretivas

Em relação aos defeitos mais comuns presentes em vias não pavimentadas e que são examinados durante a execução do estudo, Eaton e Beaucham (1992) consideram: seção transversal imprópria, drenagem inadequada, corrugações, excesso de poeira, buracos, trilha de roda, e perda de agregados. Por sua vez, Oda (1995) considera: areiões, pista escorregadia, atoleiro, erosão e facão.

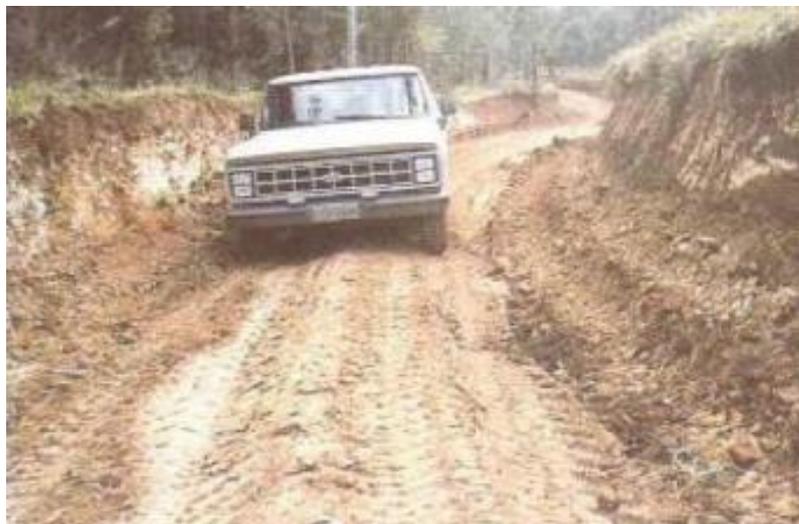
Ademais, IPT (1988) reflete acerca do defeito denominado rocha aflorante. Por fim, em conformidade com Santana (2006), foram adotados três níveis de severidade (baixo, médio e alto) para cada tipo de defeito.

2.1.1.1 Seção transversal imprópria

Ocorre quando há declividade transversal fora do intervalo entre 4% e 6% (IPCBR, 1994), conforme a Figura 2. Em valores diferentes do mencionado, pode

haver concentração de água sobre a plataforma, causando deteriorização da via, devido à deficiência do escoamento pelos dispositivos de drenagem.

Figura 2 – Pista com seção transversal imprópria



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003)

Nesse caso, Eaton e Beaucham (1992) consideram as seguintes intervenções para resolver o problema, de acordo com cada nível de severidade:

- a) Nível baixo de severidade (superfície sem abaulamento) – nivelamento da plataforma;
- b) Nível médio de severidade (superfície com depressões localizadas) – nivelamento da plataforma com adição de material e compactação adequada;
- c) Nível alto de severidade (grandes depressões nas trilhas de rodas da plataforma) – corte da base da plataforma, adição de material granular e compactação adequada.

Conforme Zoccal e Romero (2016), a plataforma, em estradas não pavimentadas, pode ser definida como parte da estrada compreendida entre os bordos dos acostamentos externos, mais as larguras das sarjetas e/ou as larguras adicionais, conforme se trate de seções de corte e ou aterro.

Ainda segundo os autores, o nivelamento da plataforma consiste em definir as conformações da pista de rolamento com devido abaulamento transversal, promover correções na inclinação das rampas, inclinação de taludes e, também, estabelecer cotas convenientes para os canais laterais de drenagem em relação ao eixo da estrada (ZOCAL; ROMERO, 2016).

O material deve ser espalhado com motoniveladora de forma regular e uniforme em toda a largura do leito, de forma tal que, após a compactação, sua espessura não exceda 20 cm e nem seja inferior a 10 cm (DERSA, 2006).

Também é importante a definição de compactação, visto que surge como atividade em diversas propostas de intervenção deste trabalho. A compactação tem como objetivo principal, promover a estabilização e/ou impermeabilização da estrada, sendo aplicada quando houver deposição de materiais, visando minimizar o processo erosivo e o desgaste da pista (ZOCCAL; ROMERO, 2016).

2.1.1.2 *Drenagem inadequada*

Decorrente do acúmulo de água na plataforma, devido à deficiência de funcionamento dos dispositivos de drenagem superficial, ou mesmo a ausência total destes (bueiros, valetas de proteção, sarjetas, meio fio, descida d'água), conforme a Figura 3.

Figura 3 – Trecho com drenagem inadequada



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003)

Braga e Guimarães (2014) sugerem para correção, “a retirada de vegetação e entulho. Depois retira-se a água acumulada no local através de sangras. Em alguns casos, é necessária a execução de um dreno profundo.”.

Estabelecendo a relação entre intervenções para resolver o problema e nível de severidade, Eaton e Beaucham (1992) indicam:

- a) Nível baixo de severidade (pouca água empoçada, valetas sem vegetação ou entulho) – limpeza das valetas no máximo a cada dois anos;

- b) Nível médio de severidade (quantidade moderada de água empoçada, valetas com pequena presença de vegetação e/ou entulho e evidência de erosão das valetas) – limpeza dos bueiros e reconformação das valetas;
- c) Nível alto de severidade (grande quantidade de água nas valetas, valetas cobertas de vegetação e/ou entulho, erosão das valetas) – instalação de dreno profundo, aumento do tamanho dos bueiros.

Conforme CODASP (2016), o dreno deve possuir profundidade de 1,50 m, e o comprimento dependente da extensão do trecho danificado. Para a instalação, abre-se uma valeta na borda da via, enche-se o fundo com uma camada de 20 cm de cascalho, coloca-se uma linha de tubos perfurados com diâmetro de 20 a 25 cm, preenche-se os espaços e recobre-se os tubos com mais 20 cm de cascalho, coloca-se uma camada de capim ou sacos plásticos sobre o cascalho e em seguida uma camada de argila compactada, de 20 cm, para fechar o dreno. Por fim, completa-se o reaterro com solo compactado.

2.1.1.3 *Corrugações*

Também conhecida como “costela de vaca”, Figura 4, caracteriza-se por deformações na pista de rolamento, no formato de ranhuras regularmente espaçadas em intervalos bastante regulares, perpendiculares ao sentido de fluxo do tráfego (SANTANA, 2006).

As principais causas para a ocorrência desse tipo de defeito são a perda de agregados finos da plataforma, deficiências no subleito e abaulamento inadequado. Causam trepidações, comprometendo a estabilidade dos veículos, e consequente desconforto aos usuários.

Figura 4 – Pista de rolamento com corrugações



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003)

Conforme Baesso e Gonçalves (2003), em teoria, qualquer classe de superfície desenvolve leves níveis de corrugações a partir da ação do tráfego. Um material de revestimento com composição granulométrica adequadamente balanceada, considerando a presença de fração plástica que confira poder de aglutinação à mistura, tende a resistir melhor à formação de corrugações.

Braga e Guimarães (2014) propõem “Melhorar o subleito aplicando um material ligante (argila) ou executando-se um revestimento primário. Se o solo for argiloso, a execução do agulhamento¹ também resolve o problema.”.

No caso das corrugações, Eaton e Beaucham (1992) propõem, para:

- a) Nível baixo de severidade (ranhuras menores que 2,50cm ou com percentual inferior a 10% da superfície total da estrada) – nivelamento da plataforma;
- b) Nível médio de severidade (ranhuras com profundidade entre 2,50cm e 7,50cm ou com percentual entre 10% e 30% da superfície total da estrada) – nivelamento da rodovia com adição ou não de material;
- c) Nível alto de severidade (ranhuras com profundidade superior a 7,50cm ou com percentual maior que 30% da superfície total da estrada) – corte da plataforma, acréscimo de material granular com compactação adequada.

¹ “É uma atividade executada por compactação direta de material grosseiro no subleito através de cravação, caso esse subleito seja argiloso, ou se esse estiver sob uma camada argilosa.” (ASSIS, 2018)

2.1.1.4 Excesso de poeira

Braga e Guimarães (2014, p. 10) admitem,

Quando a passagem dos veículos causa a perda em excesso da fração fina integrante de materiais que compõem a superfície da pista de rolamento. O excesso de poeira pode causar perigo aos usuários da rodovia e problemas de saúde. A severidade desse defeito é avaliada conforme ao nível de visibilidade dos usuários.

A perda de frações finas de partículas componentes da superfície de rolamento ocasiona o seu acúmulo, de forma dispersa, sobre a plataforma, causando a dispersão de poeira (BAESSO; GONÇALVEZ; 2003), conforme a Figura 5.

Figura 5 – Estrada com excesso de poeira



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003)

De acordo com Santana (2006), a formação de nuvem de pó nas estradas deve ser considerada não apenas como um simples desconforto a seus usuários, tendo em vista dificultar a visão dos motoristas.

Além disso, eleva a probabilidade de ocorrência de acidentes, problemas de saúde às pessoas, danos aos motores dos veículos devido às partículas em suspensão, e o encarecimento da manutenção da via, tendo em vista a necessidade de acréscimo de materiais decorrentes da fuga contínua, especialmente dos finos que compõem o corpo da estrada (SANTANA, 2006).

Em relação ao defeito, Eaton e Beaucham (1992) defendem, para:

- a) Nível baixo de severidade (nuvem pouco densa que não obstrui a visibilidade e de altura máxima de 1m) – adição de água na pista com o uso de caminhão pipa;
- b) Nível médio de severidade (nuvem densa que obstrui parcialmente a visibilidade, com altura entre 1m e 2m) – adição de estabilizante;
- c) Nível alto de severidade (nuvem muito densa que obstrui severamente a visibilidade, com altura superior a 2m) – aumento do uso de estabilizante; realizar o corte da plataforma, aplicar estabilizante e realizar a compactação; ou cortar a plataforma, adicionar agregado e estabilizante e compactar.

Porém, levando em conta o custo benefício, Santana (2006) propôs um método mais econômico para os casos de vias não pavimentadas com médio e alto níveis de severidade, excluindo a estabilização por componentes químicos, levando em conta a dificuldade de disponibilidade dos materiais sugeridos por Eaton e Beaucham (1992), no caso, linosulfatos, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio.

Dessa forma, Santana (2006) propôs a realização de escarificação da plataforma, adição de material granular e realização de homogeneização e compactação do solo.

2.1.1.5 *Buracos*

Possuem diversas causas de surgimento, como deficiências ou mesmo inexistência de revestimento primário, ausência na coesão de partículas de materiais que compõem as camadas, problemas de drenagem e abaulamento transversal. A Figura 6 apresenta um trecho da via com presença de buracos.

Figura 6 – Via com presença de buracos



Fonte: Santana (2006)

Segundo Eaton e Beaucham (1992), os níveis de severidade podem ser resolvidos da seguinte forma:

- a) Nível baixo de severidade (profundidade menor que 5cm e diâmetro menor que 60cm) – nivelamento da superfície da via, ou operação ‘tapa-buracos’;
- b) Nível médio de severidade (profundidade entre 5cm e 10cm e diâmetro menor que 60cm) – nivelamento, adição de material, homogeneização e compactação adequadas;
- c) Nível alto de severidade (profundidade maior que 10 cm e diâmetro superior a 60cm) – corte da plataforma, adição de material granular, homogeneização e compactação adequadas.

Baesso e Gonçalves (2003, p. 84) admitem acerca da manutenção do defeito “buracos”,

Uma estratégia de intervenção pode envolver desde uma simples operação de tapa-buraco, para segmentos de baixa severidade. Uma leve regularização por meio da motoniveladora, que realizará uma espécie de nivelamento da superfície de rolamento, sem descuidar quanto à configuração do abaulamento ideal para a pista, situando-se em torno de 4%, para o caso de uma severidade média.

Na mesma linha, Santana (2006, p. 26) propõe,

Para uma via ou segmento desta, com um elevado número de buracos é sugerido o corte da plataforma, utilizando uma motoniveladora, a uma profundidade não menor que aquela das depressões, devendo ser realizada uma re-conformação da plataforma utilizando o material existente na via. Caso necessário deverá ser acrescido material para que não fique muito esbelta a camada a ser trabalhada.

2.1.1.6 *Trilha de roda*

Segundo Santana (2006), caracteriza-se por depressões longitudinais ao eixo da estrada que se formam nas faixas de tráfego dos veículos e se originam da deformação permanente da camada de rolamento, conforme a Figura 7. Quanto piores as condições de drenagem e composição da plataforma, maior chance do surgimento do defeito.

Figura 7 – Trecho com afundamento da trilha de roda



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003)

Em relação à trilha de roda, Eaton e Beaucham (1992) propõem:

- a) Nível baixo de severidade (ranhuras com profundidades menores que 2,50cm e com percentual inferior a 10% da superfície total da estrada) – nivelamento da plataforma;
- b) Nível médio de severidade (ranhuras com profundidade entre 2,50cm e 7,50 cm ou com percentual entre 10% e 30% da superfície total da

estrada) – nivelamento da rodovia com adição ou não de material, espalhamento e compactação;

- c) Nível alto de severidade (ranhuras com profundidade superior a 7,50cm ou com percentual maior que 30% da superfície total da estrada) – corte da plataforma, acréscimo de material granular com homogeneização e compactação adequadas.

2.1.1.7 *Perda de agregados*

A ausência de materiais finos com propriedades coesivas na via tencionam a ocorrência desse problema. Com a passagem de veículos, o material tende a acumular nas partes laterais e central da superfície de rolamento (BAESSO; GONÇALVEZ; 2003), consoante à Figura 8.

Figura 8 – Trecho expondo perda de agregados



Fonte: Santana (2006)

Nesse caso, Eaton e Beaucham (1992), consideram as seguintes intervenções para resolver o problema, de acordo com cada nível de severidade:

- a) Nível baixo de severidade (bordo de agregados de menos de 5cm no acostamento e no centro da via e menos de 10% de cobertura total por agregados soltos) – nivelamento da plataforma, retirada e reconformação do excesso de materiais soltos;

- b) Nível médio de severidade (bordo de agregados entre 5cm e 10cm no acostamento e no centro da via e entre 10% e 30% de cobertura total por agregados soltos) – nivelamento da plataforma com adição de material e compactação adequada;
- c) Nível alto de severidade (bordo de agregados de mais de 10cm no acostamento e no centro da via e mais de 30% de cobertura total por agregados soltos – corte da base da plataforma, adição de material granular, homogeneização e compactação adequadas.

2.1.1.8 Areiões

Conforme Oda (1995), areiões possuem material solto proveniente da própria constituição geológica do terreno, podendo, por exemplo, a segregação de agregados ocorrer quando o material da superfície da estrada que fica solto é importado.

Para Santana (2006), havendo homogeneidade dos elementos que compõem um solo arenoso, o material fica solto e com a ação do tráfego acaba formando bermas laterais longitudinais ao sentido do tráfego e entre as trilhas das rodas, dificultando o tráfego. A Figura 9 apresenta um areião de alta severidade.

Figura 9 – Exemplo de areião



Fonte: Santana (2006)

Oda (1995) classificou níveis de severidade:

- a) Nível baixo de severidade – bermas menores que 5cm de altura;
- b) Nível médio de severidade – bermas entre 5cm e 15cm de altura;
- c) Nível alto de severidade – bermas maiores que 15cm de altura.

Santana (2006) propôs a execução de um revestimento primário com material granular, com pelo menos 10 cm de espessura. Em casos extremos, é possível a reconformação e o nivelamento da plataforma e a execução de revestimento com material granular com espessura mínima de 15 cm.

2.1.1.9 Atoleiro

Estradas não pavimentadas com deficiência de drenagem, ou mesmo depressões na via de rolamento, e compostas por solos finos, ao sofrerem ação de chuvas, podem acumular água na superfície, formando lamaçais que comprometem severamente o tráfego de veículos (SANTANA, 2006), como é possível perceber na Figura 10.

Figura 10 – Trecho da via sujeito a atoleiro



Fonte: Nunes (2003)

Santana (2006) sugere a regularização da plataforma, adequando-a a drenagem da superfície, em casos menos complexos. Em situações mais agravadas, sugere a construção de um bueiro na seção e o levantamento do greide.

2.1.1.10 *Pista escorregadia*

Conforme Santana (2006), este problema ocorre em trechos onde a constituição geológica do solo é muito argilosa, havendo a predominância de material muito fino, que praticamente perdem o atrito e a aderência, com a incidência de chuvas. A Figura 11 apresenta um trecho da estrada sujeito a derrapagem.

Figura 11 – Pista escorregadia



Fonte: Santana (2006)

Ademais, Santana (2006) propôs duas soluções para a resolução do problema:

- a) Adição de material granular a fim de aumentar o atrito entre a via e o pneu do veículo;
- b) Adição de cal com a intenção de reduzir a plasticidade do solo.

2.1.1.11 *Erosões*

Em períodos chuvosos, estradas não pavimentadas com drenagem inadequada e solos pobres, podem formar grandes valas a partir do desmoronamento do solo (SANTANA, 2006), conforme a Figura 12.

Figura 12 – Pista de rolamento rompida devido à erosão



Fonte: Santana (2006)

Santana (2006) e Oda (1995) indicam níveis de severidade para o defeito denominado erosões:

- a) Nível baixo de severidade – profundidade menor que 20cm e largura menor que 10cm;
- b) Nível médio de severidade – profundidade entre 20cm e 60cm e largura entre 10cm e 30cm;
- c) Nível alto de severidade – profundidade maior que 60cm e largura maior que 30cm.

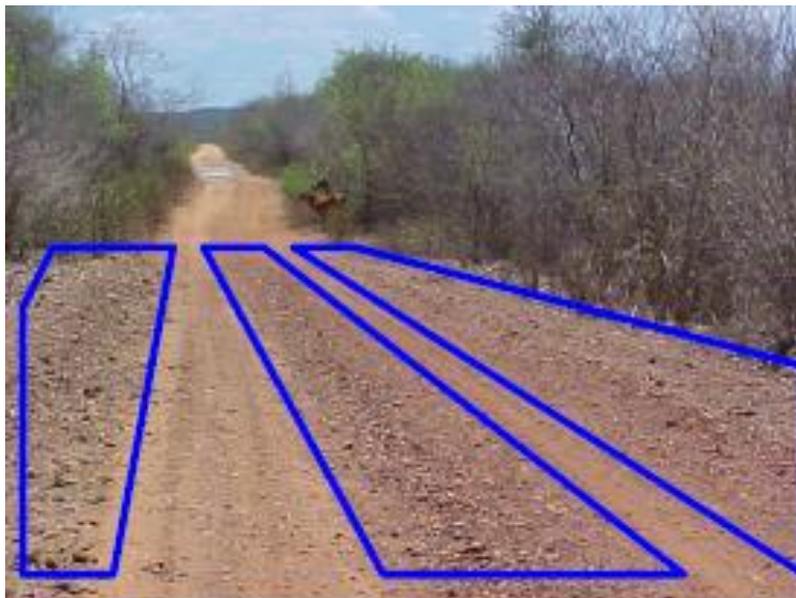
Santana (2006) propõe como prevenção para o defeito a implantação de um sistema de drenagem eficiente, manutenção da declividade transversal entre 3% e 5%, implantação de meio fio em pontos críticos, descidas d'água, sarjetas e contenção de taludes com vegetação.

As medidas corretivas indicadas são o preenchimento dos sulcos com solo local compactado e o enchimento dos últimos 30 cm com mistura própria de revestimento primário, compactação com rolo compressor ou manualmente, conforme a dimensão da cavidade (CODASP, 2016).

2.1.1.12 Facão

Esse defeito caracteriza-se pelo acúmulo de partículas no centro e nas bordas da pista de rolamento, de forma semelhante ao defeito denominado trilhas de rodas. Em estradas com baixo fluxo de veículos, pode haver o crescimento de vegetação no centro da pista de rolamento (SANTANA, 2006), consoante à Figura 13.

Figura 13 – Trecho apresentando “facão”



Fonte: Santana (2006)

A fim de delimitar a diferença entre ambos, Oda (1995) adverte que o facão é diferente do defeito ocasionado pelas trilhas das rodas porque é formado pelo material que é lançado pelas rodas dos veículos para as laterais e para o centro, enquanto as trilhas resultam do afundamento devido à baixa capacidade de suporte do solo.

Ainda segundo Oda (1995), os níveis de severidade podem ser classificados em:

- a) Nível baixo de severidade – profundidade das trilhas menor que 5cm;
- b) Nível médio de severidade – profundidade das trilhas entre 5cm e 10cm;
- c) Nível alto de severidade – profundidade das trilhas superior a 10cm.

Santana (2006) propõe como forma de solucionar o defeito em níveis baixo e médio de severidade, o nivelamento da plataforma. Em níveis altos de severidade, sugere a escarificação da via, adição de material granular e água, homogeneização e compactação adequadas.

2.1.1.13 Rocha aflorante

Caracteriza-se pela exposição do leito rochoso em estradas não pavimentadas, devido a finas camadas de solo e a processos erosivos. A irregularidade da plataforma, causada por esse defeito, pode comprometer substancialmente a depreciação do veículo e o conforto do usuário (IPT, 1988). A Figura 14 mostra um trecho da estrada não pavimentada com rocha aflorante.

Figura 14 – Trecho apresentando rocha aflorante



Fonte: IPT (1988)

Santana (2006) propõe a aplicação de uma camada de revestimento primário para equacionar esse problema. O revestimento primário compreende a execução de camada granular, composta por agregados naturais ou artificiais, aplicada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito compactado em rodovias não pavimentadas, com a função de assegurar condições de rolamento e de aderência do tráfego satisfatórias (DERSA, 2006).

Os materiais utilizados na execução do revestimento primário podem ser: saibro, cascalho, rocha decomposta, seixo rolado ou não, pedregulho, areia, material sílico-argilosos, subprodutos industriais, escórias, ou mistura de quaisquer um deles (DERSA, 2006).

2.2 Manutenção

Essa seção está dividida em duas subseções. Serão discutidos aspectos gerais acerca da manutenção de estradas não pavimentadas e aplicações do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) a vias não pavimentadas.

2.2.1 Manutenção de estradas não pavimentadas

Zoccal e Romero (2016, p. 30) afirmam acerca da manutenção de estradas não pavimentadas,

É o conjunto das atividades desenvolvidas para manter as condições de utilização da estrada rural, com os benefícios dela decorrentes, procurando maximizar a vida útil das mesmas, com a minimização do investimento realizado na malha rodoviária. Nesse sentido, a manutenção envolve serviços de natureza leve, tais como, necessidade de pequenos reparos de lombadas, de terraços, de bacias de captação, de sarjetas, do abaulamento da pista de rolamento, bem como a eventual necessidade de reposição de material granular e reparos do sistema de drenagem, a partir de uma vistoria de rotina.

Oda (1995) discute acerca da definição de manutenção de estradas como um grupamento de serviços que ao serem executados, visam reduzir defeitos, e por consequência, custos operacionais dos veículos. Ademais, aumenta a segurança e o conforto dos usuários e prolonga a conservação das estradas que dão acesso a áreas rurais.

Para Fontenele e Fernandes Júnior (2013, p. 12),

A manutenção de estradas visa diminuir a deterioração da via prolongando sua vida útil e reduzir os prejuízos decorrentes da má condição da estrada; prejuízos estes que envolvem não só os custos operacionais dos veículos, mas o prejuízo social devido à interrupção do transporte entre campo e cidade que conduzem crianças e professores às escolas, pacientes aos hospitais e tantos outros.

Corroborando, Waeyenbergh e Pintelon (2002) argumentam que a manutenção adequada ajuda a manter um baixo custo do ciclo de vida, assegura operações adequadas e facilita a logística interna.

Por sua vez, Zoccal e Romero (2016, p. 90) afirmam que “a deficiência nos serviços de manutenção é a causa mais importante da degradação das condições da plataforma da estrada e das deficiências da malha viária, provocando o surgimento de pontos críticos”.

Em relação à manutenção de estradas não pavimentadas no Brasil, Fontenele e Fernandes Júnior (2013, p. 13) consideram,

é geralmente limitada às práticas emergenciais (recomposição do corpo estradal) e à manutenção corretiva de rotina (limpeza de valetas e sarjetas, recomposição dos dispositivos de drenagem, reconformação da plataforma). A manutenção preventiva periódica (melhoria do traçado, proteção à erosão, obras de drenagem, etc.) só é realizada em casos excepcionais.

Zoccal e Romero (2016, p. 90) advertem, ainda, que “as ações para efetuar a manutenção são adotadas partindo do princípio de que as estradas estejam em boas condições técnicas, ou após terem passado por serviços de recuperação que sejam realizados de forma racional e programada”. Levando em conta um cadastro de prioridades que visa estabelecer o grau de importância dos serviços a serem executados.

Quanto ao cadastro de prioridades, os autores mencionam que:

Os aspectos específicos de cada atividade devem levar em conta dados preliminares que servem de subsídios iniciais, devendo conter os seguintes elementos:

- Levantamento dos Serviços a Executar;
- Plano Básico da Obra;
- Projeto Básico, Tipo;
- Especificações de Serviços;
- Escolha e Dimensionamento de Equipamentos;
- Fiscalização dos Serviços;
- Medições dos Serviços. (ZOCAL; ROMERO; 2016, p. 55)

Ou seja, segundo os autores, a especificação clara de cada uma dessas atividades, auxilia no processo de manutenção de estradas não pavimentadas.

Zoccal e Romero (2016) classificam, especificamente, os serviços de manutenção em estradas não pavimentadas em seis quesitos.

- a) referentes aos movimentos de terra: corte de materiais na faixa de domínio, aterro na faixa de domínio, troca de solo na faixa de domínio, corte de materiais na jazida, corte de materiais na área de empréstimo, transporte de materiais, descarga e espalhamento de materiais no bota fora, compactação de solos na área da faixa de domínio, tratamento de barrancos e taludes, desassoreamento de Bacias, terraços e reconstrução de lombadas;
- b) referentes à faixa da plataforma: limpeza da pista e acostamento, nivelamento longitudinal e abaulamento transversal da pista, nivelamento longitudinal, abaulamento transversal e compactação da pista, escarificação, espalhamento, regularização e compactação da camada com tratamento primário da pista, escarificação, mistura com adição de material granular, espalhamento, regularização e compactação da camada

com tratamento primário da pista, preparo do subleito, reforço de subleito com agulhamento;

- c) referentes aos sistemas de drenagem: limpeza e conserto de sarjetas, valetas, canaletas, bueiros, tubulações, caixas de captação e descarga;
- d) referentes às faixas livres e cercas de divisa: capina, roçada de mato e corte de galhos nas faixas livres, plantio de grama, recomposição de barrancos e taludes e conserto de cercas e muros de divisa;
- e) referentes à sinalização: consertos de placas e postes;
- f) referentes a obras de travessias (pontes e galerias): conserto de guarda-corpo, recuperação de pavimento e recomposição de taludes de encontro.

A manutenção de uma via não pavimentada deve ser feita com base em critérios técnicos e econômicos. Tais dados devem ser analisados e avaliados adequadamente visando a elaboração do planejamento da intervenção. A manutenção das estradas de terra se divide em Corretiva² e Preventiva³ (ZOCCAL; ROMERO, 2016).

2.2.2 Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) aplicado à manutenção de estradas não pavimentadas

O Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) possui a finalidade de administrar e conduzir procedimentos, visando a otimização de recursos financeiros empregados, assegurando pavimentos estáveis, confortáveis e economicamente adequados aos usuários. O SGP oportuniza a melhoria da condição dos pavimentos e a redução dos custos de manutenção e operação dos veículos (FERNANDES JR., 2001).

² É o conjunto de operações que normalmente são executadas uma ou mais vezes a cada ano e que tem como objetivo manter todos os elementos da estrada, com o mínimo possível de alterações, com as mesmas características e condições que apresentam logo após sua construção ou recuperação. Se ocupará de ações de reparação de avarias ou danos à estrada, tais como recolhimento de barreiras, recomposição de aterros, tapa buracos em pontos localizados, limpeza e reparos simples de dispositivos de drenagem, capina química, roçadas com roçadeiras portáteis e manutenção de cercas de mourões e arames. (ZOCCAL; ROMERO, 2016, p. 101).

³ Conjunto de atividades que normalmente são executadas com o intuito de evitar o surgimento ou agravamento dos defeitos, preservar as características superficiais, a integridade estrutural e, conseqüentemente, a serventia da estrada. Inclui nesta atividade, os serviços relacionados como: Recomposição ou construção da camada de revestimento primário; Reparos, limpeza ou construção de obras de arte corrente (canaletas, valetas, bueiros, escadas d'água, caixas e alas) e obras de arte especiais (pontes e túneis); Capina manual ou química, roçada manual ou mecanizada; Manutenção ou construção de cercas de divisa. (ZOCCAL; ROMERO, 2016, p. 102).

Haas *et al.* (1994) admite que o SGP é um amplo agrupamento coordenado de atividades que integram planejamento, construção, manutenção, avaliação e pesquisa, que formam um banco de dados com a missão de otimizar a disposição de recursos para embasamento de programas de manutenção, visando proporcionar conforto e segurança ao usuário.

Conforme Santana (2006), o planejamento, a priorização e a racionalização da alocação e aplicação dos recursos financeiros tratam-se dos principais objetivos de um SGP, sendo uma de suas principais funções a otimização do processo utilizado para a tomada de decisões.

A primeira ideia de SGP surgiu nos Estados Unidos da América (EUA) entre os anos 1970 e 1980, porém consolidou-se apenas em 1985 com a publicação de um guia totalmente dedicado à Gerência de Pavimentos, pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) (NUNES, 2003).

Porém, apenas após o lançamento do programa do Banco Mundial intitulado *Highway Development and Management* (HDM) em 1976, exigindo a aplicação do SGP a países que pleiteassem investimentos em infraestrutura viária, a gerência de pavimentos passou a se difundir pelo mundo (NUNES, 2003).

No Brasil, segundo Visconti (2000), em 1985, o extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) iniciou o uso da metodologia e dos procedimentos adotados pelos EUA, buscando selecionar, economicamente, as possibilidades de manutenção aplicando à rede federal de rodovias pavimentadas.

Durante, principalmente, o início dos anos 2000, alguns autores estudaram no Ceará a aplicação de ferramentas de auxílio ao gerenciamento de rodovias em estradas não pavimentadas, caso de Correia (2003), Moreira (2003), Nunes (2003) Santana (2006) e Almeida (2006). Braga e Guimarães (2014) também estudaram nessa linha.

Correia (2003) elaborou um modelo visando avaliar defeitos em rodovias não pavimentadas através da análise topológica de defeitos presentes nas vias, verificando a influência de cada um de acordo com o tipo e o nível de severidade e o impacto desses no nível de serventia dos trechos analisados.

O mesmo trecho utilizado por Correia (2003) foi estudado por Moreira (2003), porém em relação à influência de outras variáveis, intemperismo, relevo, solo e tráfego na evolução dos defeitos da estrada e o impacto em sua serventia.

Uma metodologia de previsão de defeitos em vias não pavimentadas baseado no uso de Redes Neurais Artificiais (RNA), a partir de dados coletados nos mesmos trechos que Correia (2003) e Moreira (2003), foi criada por Nunes (2003).

Conforme amplamente discutido neste trabalho, Santana (2006) criou um modelo de sistematização na elaboração do orçamento de obras de manutenção de defeitos em vias não pavimentadas.

Almeida (2006) colaborou na concepção de um SGP para vias não pavimentadas em duas etapas, sendo a primeira na avaliação das condições de rolamento de uma superfície não pavimentada e a segunda baseada na elaboração de um método de priorização de vias.

A importância da manutenção preventiva e corretiva nas estradas não pavimentadas, bem como, um procedimento para avaliação de vias não pavimentadas foi apresentado por Braga e Guimarães (2014), através de uma ferramenta de auxílio ao gerenciamento de estradas não pavimentadas.

A necessidade de otimização do sistema produtivo e a complexidade crescente de projetos viários, aliadas ao desenvolvimento tecnológico de novos produtos, conduz, progressivamente, à imprescindibilidade de estudos envolvendo a produtividade nas atividades diretamente relacionadas ao projeto e às operações posteriores.

Conceber modelos de uso integrado, empregados com este propósito, é de substancial relevância, à medida que se espera obter a celeridade, exigida atualmente, no emprego dos procedimentos a serem desenvolvidos.

2.3 Novo SICRO

A primeira versão do Sistema de Custos Rodoviários (SICRO) foi lançada em 1992 pelo extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), com o objetivo de simplificar a execução orçamentária de obras de infraestrutura viária em rodovias federais (DNIT, 2017a).

A partir da busca em tornar o sistema cada vez mais preciso, a segunda versão (SICRO 2) foi lançada em 2000. Após nova revisão, houve diversas alterações que culminaram com o lançamento do novo SICRO, em abril de 2017, por parte do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (DNIT, 2017a).

A ferramenta possui diversas variáveis que objetivam o fornecimento padronizado de valores de insumos, por regiões e estados da federação. Além disso, oferece a sistematização de valores de referência que viabilizam a elaboração de orçamentos de projetos viários, auxiliando na redução de discrepâncias em projetos licitatórios de interesse público, à medida que fornece médias de preços praticados no mercado. Assim, contribui para a estruturação de propostas, de fato, mais próximas da realidade do projeto (DNIT, 2017a).

Ainda de acordo com DNIT (2017a), o novo SICRO possui 6.060 composições de preços, nas quais estão incluídas composições dos modais aquaviário (893 composições de custos de hidrovias – dragagem e molhes) e ferroviário (352 composições de superestrutura ferroviária).

O DNIT (2017a) destaca as principais alterações entre as duas últimas versões do SICRO:

- a) Manutenção das composições de custos horários/unitários;
- b) Eliminação de custos indiretos das composições de custos;
- c) Eliminação da generalização de atividades;
- d) Eliminação da distinção entre composições de custos comuns de construção e restauração;
- e) Alteração da metodologia de cálculo do custo horário dos equipamentos;
- f) Adequação de preços em função do Fator de Influência de Chuvas (FIC);
- g) Adequação de preços em função do Fator de Interferência de Tráfego (FIT);
- h) Criação de composições de custos de transporte fluvial;
- i) Criação de composições de custos para a abertura e manutenção de caminhos de serviços;
- j) Criação de composições de custos de carga, descarga e manobras (Tempo Fixo);
- k) Eliminação da diferenciação de transporte local e comercial;
- l) Metodologia para definição dos custos de referência para aquisição e transporte de materiais betuminosos;
- m) Equações tarifárias de transporte de materiais betuminosos;
- n) Alteração na parcela de Bonificação e Despesas Indiretas (BDI).

Por meio de pesquisas de valores de insumos, em períodos previamente delimitados, nas capitais de todos os estados brasileiros, o DNIT (2019a) viabiliza a elaboração da composição de custos de diversos serviços de infraestrutura viária.

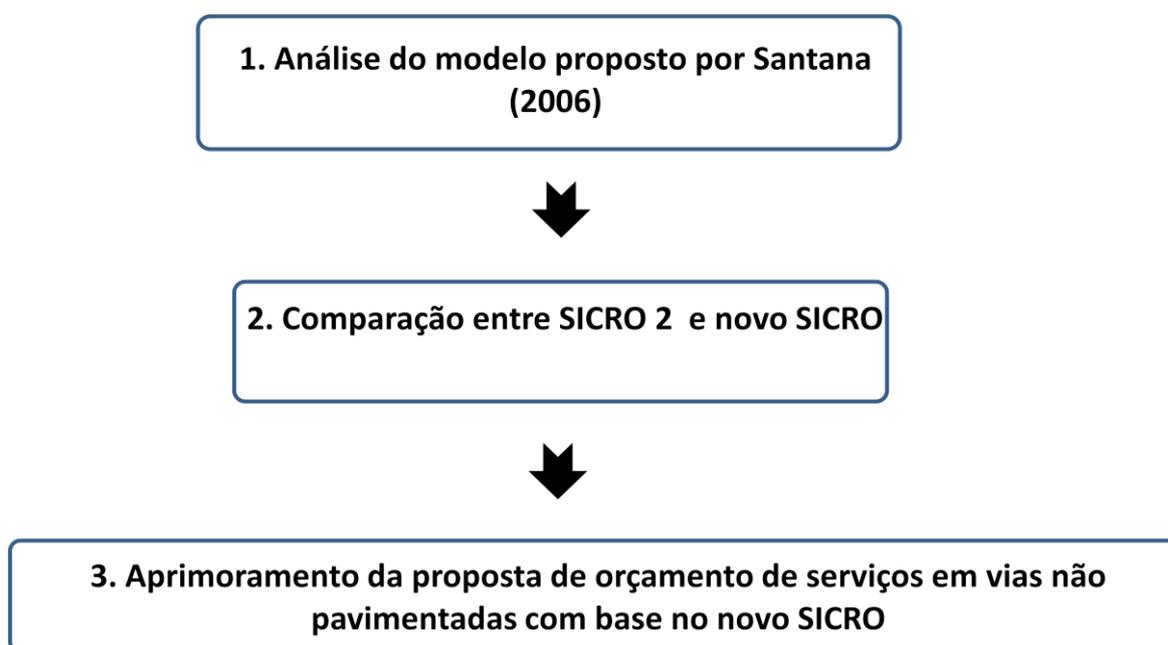
Isto ocorre levando em conta a legislação, disposição de insumos, variáveis econômicas, variações regionais e temporais de valores, distância dos centros de produção e demais especificidades de cada região do país (DNIT, 2017a).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo é dedicado ao método de pesquisa adotado neste estudo. Dessa forma, são descritos os procedimentos e etapas que compreendem a análise do modelo proposto por Santana (2006), a comparação entre o SICRO 2 e o novo SICRO e o aprimoramento da proposta de orçamento de serviços em vias não pavimentadas com base no novo SICRO.

A Figura 15 resume as etapas metodológicas que compõe esta pesquisa.

Figura 15 – Fluxograma metodológico



Fonte: elaborada pelo autor

3.1 Análise do método proposto por Santana (2006)

Inicialmente foi realizada uma análise geral acerca da proposta de Santana (2006). O método propõe a sistematização de procedimentos de intervenção aplicados à reparação de defeitos recorrentes, conforme apresentados no Capítulo 2, em vias não pavimentadas. Porém, sua elaboração se deu baseada na composição de custos apresentada pelo SICRO 2, vigente à época.

Em 2017, a nova versão do SICRO foi estabelecida, trazendo modificações na elaboração do orçamento de obras de infraestrutura viária. Assim, percebeu-se a

necessidade de atualização da proposta de composição de custos de Santana (2006).

3.2 Comparação entre SICRO 2 e novo SICRO

Após a análise da fase anterior, foi realizado um estudo bibliográfico por meio dos manuais do DNIT (2003, 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2017f, 2017g, 2017h, 2017i, 2017j, 2017k, 2017l, 2018, 2019a e 2019b) a fim de elencar as mudanças no novo SICRO e, dessa forma, verificar se estas, de fato, direcionavam a uma alteração na perspectiva de composição dos custos de obras viárias.

Com a confirmação de mudanças na metodologia de composição de custos adotada pelo DNIT, especialmente com a inserção do Fator de Influência de Chuvas (FIC), o Fator de Interferência do Tráfego (FIT) e a especificação direta das Atividades Auxiliares e do Tempo Fixo, evidenciou-se a necessidade de aprimorar a proposta de Santana (2006), levando em conta a importância em estudar aplicações efetivas da Gerência de Pavimentos em uma área importante como a manutenção de estradas não pavimentadas.

3.3 Aprimoramento da proposta de orçamento de serviços em vias não pavimentadas de Santana (2006), com base no novo SICRO

Santana (2006) tomou como base de análise de defeitos recorrentes em vias não pavimentadas, bem como respectivos processos de manutenção, os trabalhos de Eaton e Beaucham (1992), no que se refere às irregularidades de seção transversal imprópria, drenagem inadequada, corrugações, excesso de poeira, buracos, trilha de roda e perda de agregados. Do IPT (1988), o defeito afloramento de rochas.

Também foram utilizadas deformidades analisadas por Oda (1995), areiões, atoleiro, pista escorregadia, erosões e facão. Porém, nesse caso, visto que não foram mencionados serviços de manutenção pela autora, Santana (2006) propôs sugestões de reparos e serviços de manutenção.

A partir dos defeitos mencionados nos três trabalhos utilizados por Santana (2006), este realizou uma análise de cada um e aplicou em sua proposta de manutenção, graus de severidade classificados como baixo, médio e alto. A partir

disso, relacionou na composição de custos, equipamentos, materiais, mão de obra, e produção das equipes, tendo como base as tabelas de custos do SICRO 2.

Neste trabalho, além de utilizar as propostas de manutenção de IPT (1988), Eatom e Beaucham (1992), ODA (1995) e Santana (2006), foram apresentadas sugestões de Zoccal e Romero (2016). Ademais, os serviços de manutenção foram classificados em baixo, médio e alto, e orçados com base no novo SICRO, conforme consta em Santana (2006).

A partir de uma análise minuciosa dos manuais de custos de infraestrutura de transportes do novo SICRO, foi estabelecido o método de formação dos preços a ser aplicada neste trabalho. DNIT (2017a, p. 10) afirma que a composição de custos,

(...) é uma ferramenta que permite definir qualitativa e quantitativamente os insumos necessários à realização de um serviço. As quantidades e os consumos dos insumos (mão de obra, equipamentos, materiais, atividades auxiliares e transportes), ponderados por seus custos unitários, acrescidos da parcela de bonificação e despesas indiretas, resultam no preço final do serviço.

A Tabela 1 representa o formato adotado para dispor as composições de custos das intervenções de defeitos em vias não pavimentadas selecionadas para este trabalho.

Tabela 1 – Composição de Custos

Defeito		Estado		FIC XXX		
Nível de Severidade		Mês/Ano		Produção da Equipe XXX		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper.	Improd.	Prod.	Improd.	
	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
		0,00	0,00			
		Custo horário total de equipamentos				0,0000
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
	0,00000	h		0,0000		0,0000
		h		0,0000		0,0000
		Custo horário total de mão de obra				0,0000
		Custo horário total de execução				0,0000
		Custo unitário de execução				0,0000
		Custo do FIC				0,0000
		Custo do FIT				-
C - Material	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
	0,00000	m		0,0000		0,0000
	0,00000	m		0,0000		0,0000
		Custo unitário total de material				0,0000
D - Atividades Auxiliares	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
	0,00000	m		0,0000		0,0000
	0,00000	m		0,0000		0,0000
		Custo total de atividades auxiliares				0,0000
		Subtotal				0,0000
E - Tempo fixo	Código	Quantidade		Unidade		Custo Unitário
	0000000	0,00000		t	0,0000	0,0000
	0000000	0,00000		t	0,0000	0,0000
		Custo unitário total de tempo fixo				0,0000
		Custo unitário direto total				0,00
		BDI (00,00%)				0,00
		Custo unitário total (R\$)				0,00

Fonte: adaptado de DNIT (2019a)

A Tabela 1 apresenta diversas informações pertinentes à composição de custos, como o tipo de defeito e o nível de severidade, o Estado a que se refere (neste caso, o Estado do Ceará), o mês e o ano de referência, o valor do Fator de Influência de Chuvas (FIC), e a Produção da equipe. Ademais, se divide em cinco tópicos principais:

- a) A – Equipamentos: consistem no conjunto de máquinas, instrumentos ou aparelhos necessários à produção de determinado bem ou à execução de

determinado serviço. O custo horário de um equipamento é definido por meio de seus custos horários de propriedade, de manutenção e de operação (DNIT, 2017a);

- b) B – Mão de obra: consiste no conjunto de trabalhadores envolvidos diretamente na execução de determinado serviço ou na administração local. O custo desse insumo é obtido por meio do salário do trabalhador acrescido dos encargos inerentes a cada categoria profissional, expresso de forma horária ou mensal (DNIT, 2017a);
- c) C – Material: correspondem à matéria prima empregada na confecção de determinado bem ou na execução de determinado serviço. Os materiais podem ser comercializados a granel, individualizados por meio de embalagens ou produzidos no local da obra, devendo atender às especificações particulares concernentes às propriedades de toda ordem técnica e construtiva. Os preços devem se referir ao pagamento à vista e contemplar toda a carga tributária que sobre eles incidem (DNIT, 2017a);
- d) D – Atividades auxiliares: corresponde à confecção, fornecimento, preparo e colocação de materiais auxiliares ao serviço (DNIT, 2017a);
- e) E – Tempo fixo: Consiste no tempo, medido em minutos, necessário às operações de carga, descarga e manobra de um equipamento. Não se aplica Benefícios e Despesas Indiretas (DNIT, 2017a).

Em cada proposta de intervenção, a Tabela 1 admitirá a substituição dos valores, e conseqüente adaptação, conforme o defeito e o grau de severidade, baseados em DNIT (2019a) e DNIT (2019b). Nos próximos subitens, mais algumas definições fundamentais para o cálculo da composição de custos.

3.3.1. Custo Horário Total de Execução, Custo Unitário de Execução e Produção da Equipe

O Custo Horário Total de Execução corresponde à soma entre o Custo Horário Total de Equipamentos e o Custo Horário Total de Mão de Obra, conforme a expressão (1).

Custo Horário Total de Execução =

Custo Horário Total de Equipamentos + Custo Horário Total de Mão de Obra (1)

O Custo Unitário de Execução corresponde ao quociente do Custo Horário Total de Execução pela Produção da Equipe, de acordo com a expressão (2). Assim, tem-se:

$$\text{Custo Unitário de Execução} = \frac{\text{Custo Horário Total de Execução}}{\text{Produção da Equipe}} \quad (2)$$

A Produção da Equipe corresponde ao dimensionamento de uma equipe mecânica compatível ao tipo de serviço a ser realizado, visando o aproveitamento do conjunto. Com o objetivo de reduzir a ociosidade de um equipamento em relação a outro, normalmente, o equipamento principal da patrulha condiciona a atuação dos demais. Esta, por sua vez, pode ser determinada de forma teórica ou empírica, levando em conta:

- a) informações de fabricantes;
- b) informações de manuais de uso dos equipamentos;
- c) experiência de profissionais;
- d) noções de aferições de produções de serviço no campo;
- e) critérios técnicos fundamentados em conceitos de engenharia. (DNIT, 2017a)

As principais variáveis utilizadas pelo método de dimensionamento teórico, são capacidade, velocidade, tempo de ciclo, consumos específicos, espessura, afastamento, espaçamento, profundidade e fatores de correção, visando ajustar os resultados teóricos às condições reais em que os serviços são executados (DNIT, 2017a).

Assim, neste trabalho, foi utilizado como referência, para custos de equipamentos e mão de obra, respectivamente, DNIT (2019a) e DNIT (2019b). Em relação à produção da equipe, esta foi estabelecida mediante análise de cada serviço, comparadas às composições de custos de equipamentos, presentes em DNIT (2019a).

3.3.2 Fator de Influência de Chuvas (FIC)

Conforme DNIT (2017f), com intuito de prever a influência da pluviometria e de outras condições climáticas desfavoráveis sobre a eficiência dos equipamentos e

a produção das equipes mecânicas e de mão de obra, o SICRO propõe a utilização de um Fator de Influência de Chuvas (FIC) a ser aplicado diretamente sobre o custo unitário de execução (mão de obra e equipamentos).

O FIC é calculado pelo produto entre o fator da natureza da atividade (fa), o fator de permeabilidade do solo (fp), o fator de escoamento superficial (fe) e a intensidade das chuvas, que expressa o percentual médio de dias efetivamente paralisados em função das chuvas (nd), conforme a expressão (3).

$$FIC = fa \times fp \times fe \times nd \quad (3)$$

Neste trabalho, serão adotados valores padrão para “fa”, “fp” e “fe”. O valor utilizado para o “fa” se deve à atividade em estradas de terra, os valores padrão para “fp” e “fe”, respectivamente, devido à inexistência de informações acerca da composição granulométrica do subleito que irá receber o serviço de manutenção e o percentual de declividade da pista de rolamento, conforme indicado por DNIT (2017a).

No caso do “nd”, foi considerada a média pluviométrica de quatro Postos Pluviométricos localizados no Estado do Ceará (Amontada, Baú, Icó e Croata), conforme indicação de DNIT (2017a). A Tabela 2 apresenta os valores de “fa”, “fp”, “fe” e “nd” utilizados na composição de custos deste trabalho.

Tabela 2 – Índices FIC

fa	1,5
fp	0,75
fe	0,95
nd	0,01382

Fonte: adaptado de DNIT (2017a)

Dessa forma, a partir da aplicação dos valores adotados (Tabela 2), à expressão (3), tem-se o valor do FIC igual ao produto de 0,01477 pelo Custo Unitário de Execução do serviço.

3.3.3 Custo Unitário Direto Total e Custo Unitário Total

O Custo Unitário Direto Total é a soma entre Custo Unitário de Execução, Custo do FIT, Custo do FIC, o Custo Unitário Total de Material e o Custo Total de Atividades Auxiliares, conforme apresentado na expressão (4).

$$\begin{aligned} \text{Custo Unitário Direto Total} &= \text{Custo Unitário de Execução} + \text{Custo do FIT} & (4) \\ &+ \text{Custo do FIC} \\ &+ \text{Custo Unitário Total de Material} + \text{Custo Total de Atividades Auxiliares} \end{aligned}$$

Por sua vez, o Custo Unitário Total é a soma entre o Custo Unitário Direto Total e o Custo Unitário Total de Tempo Fixo, de acordo com a expressão (5).

$$\begin{aligned} \text{Custo Unitário Total} &= \text{Custo Unitário Direto Total} & (5) \\ &+ \text{Custo Unitário Total de Tempo Fixo} + \text{BDI} \end{aligned}$$

3.3.4 Fator de Interferência do Tráfego (FIT)

Apesar do advento do FIT (Fator de Interferência de Tráfego) na nova versão do SICRO, este não foi utilizado no trabalho porque em conformidade com DNIT (2017a), apenas durante a elaboração do projeto será possível identificar o volume médio diário de veículos e as possíveis interferências no tráfego local e nos serviços.

Além disso, considera que o volume médio diário de até 2000 veículos resulta em uma interferência de tráfego considerada baixa, correspondendo a um FIT de 0%. Conforme ERA (2016), vias não pavimentadas, em geral, são estradas com baixo volume de tráfego, circulando menos de 300 veículos por dia, e cerca de um milhão de eixos padrão acumulados durante sua vida útil.

3.3.5 Momento de Transporte

Conforme DNIT (2017a), o Momento de Transporte trata da composição de custos de equipamentos transportadores, levando em conta as condições do pavimento, os tempos fixos de carga, descarga e manobras dos equipamentos

transportadores de insumos. As operações de escavação, carga, descarga e manobra de equipamentos apresentam-se medidas em minutos no Tempo Fixo.

O Momento de Transporte não foi considerado nas composições de custos dos serviços de manutenção deste trabalho. Conforme DNIT (2017a), somente durante a elaboração do projeto, com o conhecimento das condições locais de ocorrência de materiais, torna-se possível proceder a eventual inclusão dos respectivos custos de momentos de transporte, ou seja, apenas ao conhecer as distâncias entre fornecedores e locais de aplicação.

3.3.6 Benefícios e Despesas Indiretas (BDI)

De acordo com DNIT (2017a), o BDI consiste no elemento orçamentário que se adiciona ao custo de uma obra ou serviço para obtenção de seu preço de venda. Assim, visa suportar gastos que não estão diretamente ligados à obra, mas são fundamentais para a correta definição do preço total.

A composição da taxa de BDI utilizada neste trabalho está baseada em DNIT (2018), conferindo uma taxa de 25,93% ao preço final de obras de restauração rodoviária.

3.3.7 Mão de obra

Os custos referentes à mão de obra são definidos a partir de quatro variáveis: salários, encargos sociais, encargos complementares e encargos adicionais. Tais custos consideram condições normais de jornada e ambiente de trabalho. Casos em que haja a necessidade de previsão de horários especiais e/ou serviços que se caracterizam como penosos, insalubres e perigosos, são tratados de forma separada DNIT (2017d).

Além da mão de obra indispensável à realização dos procedimentos de reparo dos defeitos tratados neste trabalho, há a necessidade de inclusão de dois profissionais da administração local no acompanhamento das frentes de serviço. Conforme DNIT (2017I, p. 21),

A composição de custo para acompanhamento das frentes de serviço na administração local é definida por meio da previsão de um encarregado de turma, em tempo integral, e de um apontador, em tempo parcial, constituindo-se em equipe comum para todas as atividades.

Contudo, os custos envolvidos com profissionais da administração central estão incluídos no percentual de BDI, ou seja, as despesas com esses profissionais não são consideradas de forma individual na composição de custos dos serviços de manutenção. Assim, os dois profissionais e respectivas quantidades necessárias ao procedimento de manutenção serão inseridos na tabela de custos, porém sem mencionar o Custo Horário Total relativo às suas atividades.

Neste trabalho, os custos referentes à mão de obra foram baseados em DNIT (2019b), enquanto a quantidade de trabalhadores baseou-se em Santana (2006), DNIT (2017a) e DNIT (2019a).

3.3.8 Atualização monetária da proposta de Santana (2006) a partir do Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M)

A atualização monetária da proposta de Santana (2006) foi realizada a partir do Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). O IGP-M foi criado no final dos anos 1940 com a finalidade de medir o movimento dos preços de forma geral. Por isso, ele tem o objetivo de ser mais abrangente que outros índices do mercado (BRASIL, 2019).

O índice representa uma cesta criada para acompanhar a evolução dos preços de bens e serviços. O índice foi pensado para ser mais abrangente do que outros indicadores, por acompanhar mais etapas e estágios da cadeia produtiva. O IGP-M leva em conta uma composição de índices. Ao monitorar essa cesta é possível ver a evolução da medição ao longo do tempo (ALBUQUERQUE, 2019).

O IGP-M será utilizado como fator de correção monetária dos valores de Custo Unitário da proposta de Santana (2006), a fim de viabilizar a comparação entre os valores gerados com a proposta deste trabalho.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente, cada defeito foi analisado neste capítulo levando em conta a proposta de composição de custos de Santana (2006), inserindo apenas a atualização de custo dos componentes da composição. Posteriormente, foram elaboradas tabelas de custos baseadas no novo SICRO e levando em conta suas diversas mudanças, além da inclusão da variável FIC (Fator de Influência de Chuvas) no empenho final de cada tipo de manutenção.

Devido à novidade da variável FIC e de outras variáveis como eliminação dos custos indiretos das composições e metodologia para definição dos custos de referência da mão de obra que dependem diretamente da região do País em que o serviço é realizado, foi utilizado o Estado do Ceará como referência.

A seguir, serão apresentadas as composições de custos unitários para cada serviço, tipos de defeitos selecionados neste trabalho, respectivamente associados, e níveis de severidade em estradas não pavimentadas.

4.1 Seção transversal imprópria

Esta seção apresenta subseções tratando das composições de custos para os níveis de severidade, baixo, médio e alto, acerca do defeito seção transversal imprópria.

4.1.1 *Nível de severidade baixo*

As Tabelas 3 e 4, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO, para a manutenção do defeito denominado “seção transversal imprópria”, com nível de severidade baixo. A sugestão de reparo foi o nivelamento da plataforma.

Tabela 3 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade baixo

Seção Transversal Imprópria		Ceará				FIC 0,00000
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019				Produção da Equipe 1,00000 ha
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	184,3472
Custo horário total de equipamentos						184,3472
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364		16,7364	
P9875 – Encarregado de Turma	0,10000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						16,7364
Custo horário total de execução						201,0836
Custo unitário direto total (R\$)						201,08
BDI (23,90%)						48,06
Custo unitário total (R\$)						249,14

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 4 – Orçamento para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade baixo

Seção Transversal Imprópria		Ceará				FIC 0,01477
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019				Produção da Equipe 4.534,42000 m ²
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	184,3472
Custo horário total de equipamentos						184,3472
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364		16,7364	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						16,7364
Custo horário total de execução						201,0836
Custo unitário de execução						0,0443
Custo do FIC						0,0007
Custo unitário direto total (R\$)						0,05
BDI (25,93%)						0,01
Custo unitário total (R\$)						0,06

Fonte: elaborada pelo autor

4.1.2 Nível de severidade médio

Para o nível de severidade médio, a proposta de reparo compreende o nivelamento da plataforma, a adição de material granular, a adição de água e a compactação. As Tabelas 5 e 6, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO.

Tabela 5 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade médio

Seção Transversal Imprópria		Ceará				FIC 0,00000	
Nível de Severidade Médio		Janeiro/2019		Produção da Equipe		75,00000 m ³	
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,2315	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,0200	241,9638	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	0,86	0,14	184,3472	81,5192	169,9513	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9530 – Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11t – 97KW	1,00000	1,00	0,00	140,6548	60,7895	140,6548	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	1,34000	1,00	0,00	1,7900	-	2,3986	
Custo horário total de equipamentos						1147,7924	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	6,00000	h		16,7364		100,4184	
P9875 – Encarregado de Turma	0,10000	h		25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						100,4184	
Custo horário total de execução						1.248,2108	
Custo unitário direto total (R\$)						16,64	
BDI (23,90%)						3,98	
Custo unitário total (R\$)						20,62	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 6 – Orçamento para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade médio

Seção Transversal Imprópria		Ceará				FIC 0,01477	
Nível de Severidade Médio		Janeiro/2019		Produção da Equipe 216,26000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,0200	241,9638	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	0,86	0,14	184,3472	81,5192	169,9513	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9530 – Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11t – 97KW	1,00000	1,00	0,00	140,6548	60,7895	140,6548	
Custo horário total de equipamentos						708,5525	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824 – Servente	2,00000	h	16,7364		33,4728		
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-		
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-		
Custo horário total de mão de obra						33,4728	
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
Caminhão basculante – 10m ³	5915407	2,00000	t	1,7900	3,5800		
Custo unitário total de tempo fixo					3,5800		
Custo horário total de execução					742,0253		
Custo unitário de execução					3,4312		
Custo do FIC					0,0507		
Custo unitário direto total (R\$)					3,48		
BDI (25,93%)					0,90		
Custo unitário total (R\$)					7,96		

Fonte: elaborada pelo autor

4.1.3 Nível de severidade alto

As Tabelas 7 e 8, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO para o nível de severidade alto, compreendendo, como propostas corretivas, o corte da base, a adição de material granular, a adição de água e a compactação do solo.

Tabela 7 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de seção transversal imprópria com alta severidade

Seção Transversal Imprópria		Ceará				FIC 0,00000	
Nível de Severidade Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 75,00000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,231 5	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,020 0	241,9638	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	2,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	368,6944	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9530 – Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11t – 97KW	1,00000	1,00	0,00	140,6548	60,7895	140,6548	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	1,34000	1,00	0,00	1,7900	-	2,3986	
Custo horário total de equipamentos						1.346,5355	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	6,00000	h		16,7364		100,4184	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h		25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						100,4184	
Custo horário total de execução						1.446,9539	
Custo unitário direto total (R\$)						19,29	
BDI (23,90%)						4,61	
Custo unitário total (R\$)						23,90	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 8 – Orçamento para correção de seção transversal imprópria com nível de severidade alto

Seção Transversal Imprópria		Ceará				FIC 0,01477	
Nível de Severidade Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 146,23000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,0200	241,9638	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	184,3472	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9530 – Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11t – 97KW	1,00000	1,00	0,00	140,6548	60,7895	140,6548	
Custo horário total de equipamentos						722,9484	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824 – Servente	2,00000	h	16,7364		33,4728		
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-		
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-		
Custo horário total de mão de obra						33,4728	
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
Caminhão basculante – 10m ³	5915407	2,00000	t	1,7900	3,5800		
Custo unitário total de tempo fixo						3,5800	
Custo horário total de execução						756,4212	
Custo unitário de execução						5,1728	
Custo do FIC						0,0764	
Custo unitário direto total						5,25	
BDI (25,93%)						1,36	
Custo unitário total (R\$)						10,19	

Fonte: elaborada pelo autor

4.2 Drenagem inadequada

Esta seção apresenta subseções tratando das composições de custos para os níveis de severidade, baixo, médio e alto, acerca do defeito drenagem inadequada.

4.2.1 Nível de severidade baixo

A sugestão de reparo para uma estrada não pavimentada com drenagem inadequada e baixo nível de severidade é a limpeza das valetas. As Tabelas 9 e 10, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO.

Tabela 9 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade baixo

Drenagem Inadequada		Ceará		FIC 0,00000	
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019		Produção da Equipe 50,00000 m	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total	
P9824 – Servente	20,00000	h	16,7364	334,7280	
P9875 – Encarregado de Turma	0,50000	h	25,2937	-	
Custo horário total de mão de obra				334,7280	
Custo horário total de execução				334,7280	
Custo unitário direto total (R\$)				6,69	
BDI (23,90%)				1,60	
Custo unitário total (R\$)				8,29	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 10 – Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade baixo

Drenagem Inadequada		Ceará		FIC 0,01477	
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019		Produção da Equipe 50,00000 m	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total	
P9824 – Servente	10,00000	h	16,7364	167,3640	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826	-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937	-	
Custo horário total de mão de obra				167,3640	
Custo horário total de execução				167,3640	
Custo unitário de execução				3,3473	
Custo do FIC				0,0494	
Custo unitário direto total				3,40	
BDI (25,93%)				0,88	
Custo unitário total (R\$)				4,28	

Fonte: elaborada pelo autor

4.2.2 Nível de severidade médio

A sugestão de reparo proposta para um problema de drenagem inadequada em estradas não pavimentadas, com nível de severidade médio, é a limpeza dos bueiros e a reconformação e/ou construção de valetas, visando o escoamento dos fluidos.

As Tabelas 11 e 12, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO para a limpeza de bueiros. Já as Tabelas 13 e 14, apresentam os gastos com a reconformação e/ou construção de valetas. A apresentação das medidas corretivas ocorre de forma separada, visando facilitar a seleção, por parte do gestor da obra, do serviço mais indicado para a correção do defeito, com a mesma severidade.

Tabela 11 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (limpeza de bueiro)

Drenagem Inadequada		Ceará		FIC 0,00000	
Nível de Severidade Médio – Limpeza de bueiro		Janeiro/2019		Produção da Equipe 5,00000 m ³	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total	
P9824 – Servente	5,00000	h	16,7364	83,6820	
P9875 – Encarregado de Turma	0,50000	h	25,2937	-	
			Custo horário total de mão de obra		83,6820
			Custo horário total de execução		83,6820
			Custo unitário direto total		16,74
			BDI (23,90%)		4,00
			Custo unitário total (R\$)		20,74

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 12 – Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (limpeza de bueiro)

Drenagem Inadequada		Ceará		FIC 0,01477	
Nível de Severidade Médio – Limpeza de bueiro		Janeiro/2019		Produção da Equipe 5,00000 m ³	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total	
P9824 – Servente	5,00000	h	16,7364	83,6820	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826	-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937	-	
Custo horário total de mão de obra				83,6820	
Custo horário total de execução				83,6820	
Custo unitário de execução				16,7364	
Custo do FIC				0,2472	
Custo unitário direto total				16,98	
BDI (25,93%)				4,40	
Custo unitário total (R\$)				21,38	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 13 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (reconformação e/ou reconstrução de valetas)

Drenagem Inadequada		Ceará		FIC 0,00000		
Nível de Severidade Médio – Reconformação e/ou reconstrução de valetas		Janeiro/2019		Produção da Equipe 5,00000 m ²		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	0,20000	0,20	0,80	1,7900	-	0,0716
E9647 – Compactador manual com soquete vibratório – 4,1KW	0,33000	1,00	0,00	4,3829	0,6655	1,4464
Custo horário total de equipamentos						1,5180
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	3,10000	h	16,7364		51,8828	
P9875 – Encarregado de Turma	0,23000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						51,8828
Custo horário total de execução						53,4008
Custo unitário direto total						10,68
BDI (23,90%)						2,55
Custo unitário total (R\$)						13,23

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 14 – Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade médio (reconformação e/ou reconstrução de valetas)

Drenagem Inadequada		Ceará				FIC 0,01477
Nível de Severidade Médio – Reconformação e/ou reconstrução de valetas		Janeiro/2019		Produção da Equipe 23,86000 m ²		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	
E9647 – Compactador manual com soquete vibratório – 4,1KW	1,00000	1,00	0,00	4,3829	0,6655	4,3829
Custo horário total de equipamentos						4,3829
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	2,00000	h	16,7364		33,4728	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						33,4728
Custo horário total de execução						37,8557
Custo unitário de execução						1,5866
Custo do FIC						0,0234
Custo unitário direto total						1,61
BDI (25,93%)						0,42
Custo unitário total (R\$)						2,03

Fonte: elaborada pelo autor

4.2.3 Nível de severidade alto

A sugestão de reparo para um alto nível de severidade de drenagem inadequada em estradas sem pavimento é a instalação de um dreno profundo. As Tabelas 15 e 16, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO.

Tabela 15 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de drenagem inadequada com nível de severidade alto

Drenagem Inadequada		Ceará				FIC 0,00000
Nível de Severidade Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 1,00000 m ³		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	0,02000	1,00	0,00	1,7900	-	0,0358
Custo horário total de equipamentos						0,0358
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	1,18000	h	16,7364		19,7490	
P9821 - Pedreiro	0,08000	h	21,7868		1,7429	
P9875 – Encarregado de Turma	0,20000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						21,4919
C - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
4816019 – Areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance	0,59000	m ³	5,5200		3,2568	
4816100 – Tubo de concreto poroso d=0,20m	1,00000	m	20,6600		20,6600	
Custo unitário total de material						23,9168
Custo horário total de execução						45,4445
Custo unitário direto total						45,44
BDI (23,90%)						10,86
Custo unitário total (R\$)						56,30

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 16 – Orçamento para correção de drenagem inadequada com nível de severidade alto

Drenagem Inadequada		Ceará		FIC 0,01477	
Nível de Severidade Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 1,00000 m	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total	
P9821 - Pedreiro	0,50000	h	21,7868	10,8934	
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364	16,7364	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826	-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937	-	
Custo horário total de mão de obra				27,6298	
C - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	
M2160 – Tubo de PEAD corrugado perfurado – D = 100mm	1,00000	m	10,5260	10,5260	
Custo unitário total de material				10,5260	
D - Atividades Auxiliares	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
4816019 – Areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance	0,50000	m ³	5,5200	2,8271	
4805757 – Escavação mecânica de vala em material de 1ª categoria	0,60000	m ³	5,9600	3,5760	
4816119 – Selo de argila apiloado (solo local)	0,08000	m ³	28,4500	2,2760	
Custo total de atividades auxiliares				8,6791	
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário
4816019 – Caminhão basculante – 10m ³	5915407	1,00000	t	1,7900	1,7900
M2160 – Caminhão carroceria 15t	5914655	0,00200	t	23,1800	0,0464
Custo unitário total de tempo fixo				1,8364	
Custo horário total de execução				27,6298	
Custo unitário de execução				27,6298	
Custo do FIC				0,4081	
Custo unitário direto total				47,24	
BDI (25,93%)				12,25	
Custo unitário total (R\$)				59,49	

Fonte: elaborada pelo autor

4.3 Corrugações

O defeito corrugações possui as mesmas propostas de reparo referentes ao defeito da seção transversal imprópria. Dessa forma, as composições de custos indicadas já estão presentes neste trabalho.

- Nível de severidade baixo: a sugestão de reparo corresponde à descrita no nível de severidade baixo do defeito “seção transversal imprópria”, no caso, o nivelamento da plataforma. As composições de custos destes estão presentes nas Tabelas 3 e 4.
- Nível de severidade médio: do mesmo modo, a proposta de intervenção para o nível de severidade médio do defeito “corrugações”, corresponde ao nivelamento da plataforma, adição de material granular, adição de água e compactação. Seus orçamentos estão presentes nas Tabelas 5 e 6.
- Nível de severidade alto: por fim, as Tabelas 7 e 8 correspondem às composições de custos do serviço capaz de mitigar esse tipo de defeito. A proposta de intervenção abrange o corte da base, a adição de material granular, a adição de água e a compactação.

4.4 Excesso de poeira

Para um baixo nível de severidade do defeito “excesso de poeira”, a sugestão de reparo é a adição de água. As Tabelas 17 e 18, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO, para este serviço.

Tabela 17 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de excesso de poeira com nível de severidade baixo

Excesso de Poeira		Ceará				FIC 0,00000
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019		Produção da Equipe 146,000000 tkm		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	
E9605 – Caminhão tanque com capacidade para 6000l – 136KW	1,00000	1,00	0,00	143,6866	47,3333	143,6866
Custo horário total de equipamentos						143,6866
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364		16,7364	
Custo horário total de mão de obra					16,7364	
Custo horário total de execução					160,4230	
Custo unitário direto total					1,10	
BDI (23,90%)					0,26	
Custo unitário total (R\$)					1,36	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 18 – Orçamento para correção de excesso de poeira com nível de severidade baixo

Excesso de Poeira		Ceará				FIC 0,01477
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019		Produção da Equipe 99,600000 tkm		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	
E9605 – Caminhão tanque com capacidade para 6000l – 136KW	1,00000	1,00	0,00	143,6866	47,3333	143,6866
Custo horário total de equipamentos						143,6866
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364		16,7364	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra					16,7364	
Custo horário total de execução					160,423	
Custo unitário de execução					1,6107	
Custo do FIC					0,0238	
Custo unitário direto total					1,63	
BDI (25,93%)					0,42	
Custo unitário total (R\$)					2,05	

Fonte: elaborada pelo autor

Para os níveis de severidade médio e alto, aplica-se a mesma proposta de intervenção destinada aos defeitos seção transversal imprópria e corrugações, com alto nível de severidade. Assim, o corte da base, a adição de material granular, a adição de água e a compactação, estão orçados nas Tabelas 7 e 8.

4.5 Buracos

Os buracos com baixo nível de severidade podem ser resolvidos a partir do nivelamento da plataforma, conforme composições de custos das Tabelas 3 e 4. Em nível de severidade médio, as composições de custos das medidas corretivas propostas estão presentes nas Tabelas 5 e 6, ou seja, nivelamento da plataforma, adição de material granular, adição de água e compactação.

Por fim, o nível de severidade alto, de buracos, pode ser resolvido através do corte da base, adição de material granular, adição de água e compactação. Os orçamentos referentes a estes serviços estão presentes nas Tabelas 7 e 8.

4.6 Trilha de roda

Em um baixo nível de severidade, o nivelamento da plataforma é capaz de resolver esse defeito. As Tabelas 3 e 4 apresentam as composições de custos para este serviço.

Para o nível de severidade médio, em conformidade com as intervenções propostas para outros defeitos, nivelamento da plataforma, adição de material granular, adição de água e compactação, as Tabelas 5 e 6 apresentam o orçamento para estes serviços.

Considerando como proposta corretiva, para o nível de severidade alta, o corte da base, a adição de material granular, a adição de água e a compactação, as composições de custos destas, estão presentes nas Tabelas 7 e 8.

4.7 Perda de agregados

Os três níveis de severidade do defeito perda de agregados, podem ser resolvidos, respectivamente, através das intervenções propostas para solucionar o problema de seção transversal imprópria.

Assim, para baixo nível de severidade, os orçamentos encontram-se nas Tabelas 3 e 4, a níveis médios de severidade, nas Tabelas 5 e 6, e a altos níveis de severidade nas Tabelas 7 e 8.

4.8 Areiões

Esta seção apresenta subseções tratando das composições de custos para os níveis de severidade, baixo, médio e alto, acerca do defeito areiões.

4.8.1 Nível de severidade baixo

A proposta de intervenção para solucionar o defeito areiões com nível de severidade baixo é o nivelamento da plataforma e a execução de revestimento primário. As Tabelas 19 e 20, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO, para este serviço.

Tabela 19 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de areiões com nível de severidade baixo

Areiões		Ceará				FIC 0,00000	
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019		Produção da Equipe 150,00000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,231 5	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,020 0	241,9638	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	2,68000	1,00	0,00	1,7900	-	4,7972	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	184,3472	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9762 – Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	1,00	0,00	150,6546	70,1133	150,6546	
Custo horário total de equipamentos						1.174,5867	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total			
P9824 – Servente	8,00000	h	16,7364	133,8912			
P9875 – Encarregado de Turma	1,50000	h	25,2937	-			
Custo horário total de mão de obra						133,8912	
Custo horário total de execução						1.308,4779	
Custo unitário direto total						8,72	
BDI (23,90%)						2,08	
Custo unitário total (R\$)						10,80	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 20 – Orçamento para correção de areiões com baixa severidade

Areiões		Ceará				FIC 0,01477	
Nível de Severidade Baixo		Janeiro/2019		Produção da Equipe 130,28000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9518 – Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,44	0,56	183,3968	52,8530	163,8152	
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,44	0,56	83,9473	32,3036	55,0268	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	0,32	0,68	184,3472	81,5192	114,4242	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9685 – Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropeido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	124,0464	56,2016	124,0464	
E9762 – Rolo compactador de pneus autopropeido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,69	0,31	150,6546	70,1133	125,6868	
Custo horário total de equipamentos						738,9820	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364		16,7364		
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-		
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-		
Custo horário total de mão de obra						16,7364	
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
Caminhão basculante – 6m ³	5915407	2,00000	t	1,3400	2,6800		
Custo unitário total de tempo fixo						2,6800	
Custo horário total de execução						755,7184	
Custo unitário de execução						5,8007	
Custo do FIC						0,0857	
Custo unitário direto total						5,89	
BDI (25,93%)						1,53	
Custo unitário total (R\$)						10,10	

Fonte: elaborada pelo autor

4.8.2 Níveis de severidade médio e alto

Para os níveis de severidade médio e alto, a proposta de intervenção consiste no levantamento do greide com bota dentro e no revestimento primário. A diferença de serviços em relação aos níveis de severidade corresponde à quantidade de bota dentro, ou seja, à espessura de material a ser colocada. As Tabelas 21 e 22, respectivamente, apresentam a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO, para este serviço.

Tabela 21 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de areiões com níveis de severidade médio e alto

Areiões		Ceará				FIC 0,00000	
Nível de Severidade Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 150,0000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,231 5	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,020 0	241,9638	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	2,68000	1,00	0,00	1,7900	-	4,7972	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	2,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	368,6944	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9762 – Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	1,00	0,00	150,6546	70,1133	150,6546	
Custo horário total de equipamentos						1.358,9339	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	8,00000	h		16,7364		133,8912	
P9875 – Encarregado de Turma	1,50000	h		25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						133,8912	
Custo horário total de execução						1.492,8251	
Custo unitário direto total						9,95	
BDI (23,90%)						2,38	
Custo unitário total (R\$)						12,33	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 22 – Orçamento para correção de areiões com níveis de severidade médio e alto

Areiões		Ceará				FIC 0,01477	
Nível de Severidade Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 150,0000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9518 – Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,44	0,56	183,3968	52,8530	163,8152	
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,44	0,56	83,9473	32,3036	55,0268	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	2,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	368,6944	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9685 – Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	124,0464	56,2016	124,0464	
E9762 – Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,69	0,31	150,6546	70,1133	125,6868	
Custo horário total de equipamentos						993,2522	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	1,00000	h		16,7364		16,7364	
P9804 - Apontador	0,50000	h		21,9826		-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h		25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						16,7364	
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
Caminhão basculante – 10m ³	5915407	2,00000	t	1,7900		3,5800	
Custo unitário total de tempo fixo						3,5800	
Custo horário total de execução						1.009,9886	
Custo unitário de execução						6,7333	
Custo do FIC						0,0995	
Custo unitário direto total						6,83	
BDI (25,93%)						1,77	
Custo unitário total (R\$)						12,18	

Fonte: elaborada pelo autor

4.9 Atoleiro

Esta seção apresenta subseções tratando das composições de custos para os níveis de severidade, baixo, médio e alto, acerca do defeito atoleiro.

4.9.1 *Nível de severidade baixo*

As composições de custos da sugestão de reparo para o nível de severidade baixo do defeito atoleiro estão presentes nas Tabelas 3 e 4, ou seja, nivelamento da plataforma.

4.9.2 *Níveis de severidade médio e alto*

Para os níveis de severidade médio e alto, a proposta de intervenção consiste no nivelamento da plataforma, adição de material granular, adição de água e compactação, com composições de custos presentes nas Tabelas 5 e 6. Além da construção de um bueiro.

A Tabela 23 apresenta a proposta de Santana para a construção de um bueiro, enquanto a Tabela 24 apresenta o orçamento para a construção de um Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC), com seção 1,5 x 1,5 m, com areia e britas comerciais, adaptado de DNIT (2019a).

Tabela 23 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para construção de um bueiro

Areiões		Ceará		FIC 0,00000		
Nível de Severidade Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 1,00000 m		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper.	Improd.	Prod.	Improd.	
4413995 – Caminhão carroceria	0,07000	1,00	0,00	19,660 0	-	1,3762
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	0,06000	1,00	0,00	1,7900	-	0,1074
E9686 – Caminhão carroceria com guindaste	0,01000	1,00	0,00	175,17 50	75,2430	1,7518
Custo horário total de equipamentos						3,2354
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário	Custo Horário Total		
P9824 – Servente	0,90000	h	16,7364	15,0628		
P9821 - Pedreiro	0,30000	h	21,7868	6,5360		
P9875 – Encarregado de Turma	5,82000	h	25,2937	-		
Custo horário total de mão de obra						21,5988
C - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário		
0805436 – Dentes para bueiro simples d=0,60m	0,20000	un	14,9600	2,992		
3103302 – Forma comum de madeira	7,59000	m ³	59,8600	454,3374		
1106165 – Concreto ciclópico fck = 12mMPa	2,55000	m ³	283,8600	723,8430		
1109670 – Argamassa cimento e areia – 1:4	0,09000	m ³	6,1500	0,5535		
4816121 – Confecção de tubos de concreto	1,00000	m ³	19,97	19,97		
Custo total de material						1.201,6959
Custo horário total de execução						1.226,5301
Custo unitário direto total						1.226,53
BDI (23,90%)						293,14
Custo unitário total (R\$)						1519,67

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 24 – Orçamento para construção de um Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC), com seção 1,5 x 1,5 m

Areiões		Ceará		FIC 0,01477		
Nível de Severidade Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 27,57000 m		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total
		Oper.	Improd.	Prod.	Improd.	
E9052 – Empilhadeira a diesel com capacidade de 10t – 100KW	2,00000	1,00	0,00	146,04 92	60,8750	292,0984
E9763 – Grupo gerador – 36/40 kVA	1,00000	1,00	0,00	21,469 8	3,0660	21,4698
E9022 – Pórtico rolante com capacidade de 25t – 30KW	1,00000	1,00	0,00	65,413 1	48,9075	65,4131
Custo horário total de equipamentos						378,9813
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	2,00000	h	16,7364		33,4728	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						33,4728
D - Atividades Auxiliares	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
0407819 – Armação em aço CA-50 – fornecimento, preparo e colocação	10,56300	kg	7,8200		82,6027	
1119528 – Concreto fck=25MPa – confecção em central dosadora de 30m ³ /h – areia e brita comerciais	0,76000	m ³	263,9000		200,5640	
3117750 – Forma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados – utilização de 100 vezes	9,66569	m ²	11,2700		108,9323	
0408067 – Tela de aço eletrosoldada – fornecimento, preparo e colocação	32,70600	kg	6,1500		201,1419	
Custo total de atividades auxiliares						593,2409
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
1119528 – Concreto fck=25MPa – confecção em central dosadora de 30m ³ /h – areia e brita comerciais – Caminhão betoneira 8m ³	5909007	1,82400	t	11,0000	20,0640	
Custo unitário total de tempo fixo						20,0640
Custo horário total de execução						412,4541

Continua

Tabela 24 – Orçamento para construção de um Bueiro Simples Celular de Concreto (BSCC), com seção 1,5 x 1,5 m

	Custo unitário de execução	14,9603
	Custo do FIC	0,2210
	Custo unitário direto total	608,42
	BDI (25,93%)	157,76
	Custo unitário total (R\$)	786,24

Fonte: adaptada de DNIT (2019a)

Dessa forma, o custo unitário total final das propostas de intervenção, compreendem todos os serviços listados, conforme as Tabelas 25 e 26, respectivamente para a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO.

Tabela 25 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de atoleiro com níveis de severidade médio e alto

Serviço	Custo unitário total (R\$)
Nivelamento da plataforma, adição de material granular, adição de água e compactação (Tabela 5).	20,62
Construção de Bueiro (Tabela 23).	1519,67
Custo unitário total final (R\$)	1540,29

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 26 – Orçamento para correção de atoleiro com níveis de severidade médio e alto

Serviço	Custo unitário total (R\$)
Nivelamento da plataforma, adição de material granular, adição de água e compactação (Tabela 6).	7,96
Construção do Bueiro Simples Celular de Concreto (Tabela 24).	786,24
Custo unitário total final (R\$)	794,20

Fonte: elaborada pelo autor

4.10 Pista escorregadia

Independente dos três níveis de severidade (baixo, médio e alto), a proposta de intervenção considerada mais adequada é o levantamento do greide. Este possui composições de custos representadas nas Tabelas 5 e 6, respectivamente para a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e a composição de custos com base no novo SICRO.

4.11 Erosões

Para os três graus de severidade, há duas propostas de intervenção, a recomposição manual e a recomposição mecânica. Em casos mais simples, ou que haja dificuldade de disposição de equipamentos pesados, a recomposição manual é a mais indicada. Em casos de erosões de maior proporção, apenas a recomposição mecânica se aplica.

A composição de custos de ambas está presente, respectivamente, nas Tabelas 27 e 28 para a atualização de custos da proposta de Santana (2006), e nas Tabelas 29 e 30 para a composição de custos com base no novo SICRO.

Tabela 27 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de erosões (recomposição manual)

Erosões		Ceará				FIC 0,00000	
Níveis de Severidade Baixo, Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 1,50000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,231 5	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,020 0	241,9638	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	0,24	0,76	184,3472	81,5192	106,1979	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	1,00000	0,20	0,80	1,7900	-	0,3580	
E9647 – Compactador manual com soquete vibratório – 4,1KW	1,00000	0,79	0,21	4,3829	0,6655	3,6022	
Custo horário total de equipamentos						788,9632	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	7,00000	h		16,7364		117,1548	
P9875 – Encarregado de Turma	1,50000	h		25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						117,1548	
Custo horário total de execução						906,118	
Custo unitário direto total						604,08	
BDI (23,90%)						144,37	
Custo unitário total (R\$)						748,45	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 28 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de erosões (recomposição mecânica)

Erosões		Ceará				FIC 0,00000	
Níveis de Severidade Baixo, Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 15,00000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,231 5	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	1,00	0,00	329,9196	130,020 0	329,9196	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	0,24	0,76	184,3472	81,5192	106,1979	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	1,34000	1,00	0,00	1,7900	-	2,3986	
E9530 – Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11t – 97KW	1,00000	1,00	0,00	140,6548	60,7895	140,6548	
Custo horário total de equipamentos						1.016,0122	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	1,00000	h		16,7364		16,7364	
P9875 – Encarregado de Turma	0,10000	h		25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						16,7364	
Custo horário total de execução						1032,7486	
Custo unitário direto total						68,85	
BDI (23,90%)						16,46	
Custo unitário total (R\$)						85,31	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 29 – Orçamento para correção de erosões (recomposição manual)

Erosões		Ceará		FIC 0,01477		
Níveis de Severidade Baixo, Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 1,00000 m ³		
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo
		Oper	Improd	Prod.	Improd.	Horário
						Total
E9647 – Compactador manual com soquete vibratório – 4,1KW	1,00000	1,00	0,00	4,3829	0,6655	4,3829
Custo horário total de equipamentos						4,3829
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo	
					Horário	
					Total	
P9824 – Servente	7,00000	h	16,7364		117,1548	
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-	
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						117,1548
C - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo	
					Unitário	
M0220 – Adubo NPK	0,15000	kg	1,1540		0,1731	
M0225 – Adubo orgânico	250,00000	kg	0,1809		45,2250	
M0017 – Saco de aniagem ou de ráfia de 95 x 65 cm de 50 kg	25,00000	Um	1,6036		40,0900	
M0223 – Sementes para hidrossemeadura	0,09000	kg	14,4238		1,2981	
Custo unitário total de material						86,7862
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo	Custo	
				Unitário	Unitário	
Caminhão basculante – 10m ³	5915407	1,00000	t	1,7900	1,7900	
Custo unitário total de tempo fixo						1,7900
Custo horário total de execução						121,5377
Custo unitário de execução						121,5377
Custo do FIC						1,7951
Custo unitário direto total						210,12
BDI (25,93%)						54,48
Custo unitário total (R\$)						266,39

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 30 – Orçamento para correção de erosões (recomposição mecânica)

Erosões		Ceará				FIC 0,01477	
Níveis de Severidade Baixo, Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 15,00000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,2315	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	1,00	0,00	329,9196	130,0200	329,9196	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	0,24	0,76	184,3472	81,5192	106,1979	
E9530 – Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11t – 97KW	1,00000	1,00	0,00	140,6548	60,7895	140,6548	
Custo horário total de equipamentos						1.013,6136	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364		16,7364		
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-		
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-		
Custo horário total de mão de obra						16,7364	
C - Material	Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário			
M0220 – Adubo NPK	0,15000	kg	1,1540	0,1731			
M0225 – Adubo orgânico	250,00000	kg	0,1809	45,2250			
M0017 – Saco de aniagem ou de ráfia de 95 x 65 cm de 50 kg	25,00000	Um	1,6036	40,0900			
M0223 – Sementes para hidrossemeadura	0,09000	kg	14,4238	1,2981			
Custo unitário total de material						86,7862	
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
Caminhão basculante – 10m ³	5915407	1,00000	t	1,7900	1,7900		
Custo unitário total de tempo fixo						1,7900	
Custo horário total de execução						1030,3500	
Custo unitário de execução						68,69	
Custo do FIC						1,0146	
Custo unitário direto total						156,49	
BDI (25,93%)						40,58	
Custo unitário total (R\$)						198,86	

Fonte: elaborada pelo autor

4.12 Facão

A composição de custos da sugestão de reparo para os níveis de severidade baixo e médio do defeito facão está presente nas Tabelas 3 e 4, ou seja, nivelamento da plataforma.

Para o nível de severidade alto, a proposta de intervenção consiste no corte da base, adição de material granular, adição de água e compactação, com composições de custos presentes nas Tabelas 7 e 8.

4.13 Rocha Aflorante

Para os três graus de severidade, a proposta de intervenção consiste em realizar um processo de revestimento primário. As Tabelas 31 e 32 apresentam, respectivamente, os custos envolvidos na intervenção mencionada para a atualização de custos da proposta de Santana (2006) e para a composição de custos com base no novo SICRO.

Tabela 31 – Atualização de custos da proposta de Santana (2006) para correção de rocha aflorante

Rocha Aflorante		Ceará				FIC 0,00000	
Nível de Severidade Baixo, Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 150,00000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9541 – Trator de esteiras com lâmina – 259KW	1,00000	1,00	0,00	436,8413	160,231 5	436,8413	
E9511 – Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3m ³ – 213KW	1,00000	0,56	0,44	329,9196	130,020 0	241,9638	
5915407 - Caminhão basculante – 5m ³	2,68000	1,00	0,00	1,7900	-	4,7972	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	1,00	0,00	184,3472	81,5192	184,3472	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9530 – Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11t – 97KW	1,00000	1,00	0,00	140,6548	60,7895	140,6548	
Custo horário total de equipamentos						1.164,5869	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824 – Servente	5,00000	h		16,7364		16,7364	
P9875 – Encarregado de Turma	0,50000	h		25,2937		-	
Custo horário total de mão de obra						83,6820	
Custo horário total de execução						1.248,2689	
Custo unitário direto total						8,32	
BDI (23,90%)						1,99	
Custo unitário total (R\$)						10,31	

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 32 – Orçamento para correção de rocha aflorante

Rocha Aflorante		Ceará				FIC 0,01477	
Nível de Severidade Baixo, Médio e Alto		Janeiro/2019		Produção da Equipe 189,00000 m ³			
A - Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Oper	Improd	Prod.	Improd.		
E9518 – Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,00000	0,44	0,56	183,3968	52,8530	163,8152	
E9577 Trator agrícola - 77 kW	1,00000	0,44	0,56	83,9473	32,3036	55,0268	
E9524 – Motoniveladora – 93KW	1,00000	0,32	0,68	184,3472	81,5192	114,4242	
E9571 – Caminhão tanque com capacidade de 10.000l – 188KW	1,00000	0,79	0,21	183,3968	52,8530	155,9826	
E9685 – Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	124,0464	56,2016	124,0464	
E9762 – Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,69	0,31	150,6546	70,1133	125,6868	
Custo horário total de equipamentos						738,9820	
B - Mão de obra	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824 – Servente	1,00000	h	16,7364		16,7364		
P9804 - Apontador	0,50000	h	21,9826		-		
P9875 – Encarregado de Turma	1,00000	h	25,2937		-		
Custo horário total de mão de obra					16,7364		
E - Tempo fixo	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário		
Caminhão basculante – 6m ³	5915407	2,00000	t	1,3400	2,6800		
Custo unitário total de tempo fixo					2,6800		
Custo horário total de execução					755,7184		
Custo unitário de execução					3,9985		
Custo do FIC					0,0591		
Custo unitário direto total					4,06		
BDI (25,93%)					1,05		
Custo unitário total (R\$)					7,79		

Fonte: elaborada pelo autor

4.14 Discussão dos resultados apresentados

A Tabela 33 apresenta um resumo de todas as propostas de intervenção, a respectiva associação com os tipos de defeitos estudados, unidade de medida e

custo unitário do serviço de manutenção, gerados a partir da atualização dos valores da proposta de Santana (2006) e das composições deste trabalho.

Tabela 33 – Quadro resumo das composições de custos unitários

Intervenção	Tipo de defeito	Unid	Custo Unitário (R\$)	
			Santana (2006) At	Este Trabalho
- nivelamento da plataforma.	- seção transversal imprópria; ¹ - corrugações; ¹ - buracos; ¹ - trilha de roda; ¹ - perda de agregados; ¹ - atoleiro; ¹ - facão. ²	m ²	0,02	0,06
- nivelamento da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ³ - corrugações; ³ - buracos; ³ - trilha de roda; ³ - perda de agregados; ³ - pista escorregadia. ³ - atoleiro. ⁴	m ³	20,62	7,96
- corte da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ⁵ - corrugações; ⁵ - buracos; ⁵ - trilha de roda; ⁵ - perda de agregados; ⁵ - facão. ⁵ - excesso de poeira. ⁴	m ³	23,90	10,19
- limpeza de valetas.	- drenagem inadequada. ¹	m	8,29	4,28
- limpeza de bueiro.			20,74	21,38
- reconformação e/ou reconstrução de valetas;	- drenagem inadequada. ³	m ²	13,23	2,03
- instalação de dreno profundo.	- drenagem inadequada. ⁵	m	56,30	59,49
- adição de água.	- excesso de poeira. ¹	tkm	1,36	2,05
- nivelamento da plataforma; - execução de revestimento primário.	- areiões. ¹	m ³	10,80	10,10
- levantamento do greide com “bota-dentro”; - revestimento primário.	- areiões. ⁴	m ³	12,33	12,18
- construção de bueiro na seção atingida; - levantamento de greide.	- atoleiro. ⁴	m m ³	1540,29	794,20

Fonte: elaborada pelo autor

¹ Baixa severidade

² Baixa e média severidades

³ Média severidade

⁴ Média e alta severidades

⁵ Alta severidade

⁶ Baixa, média e alta severidades

Continua

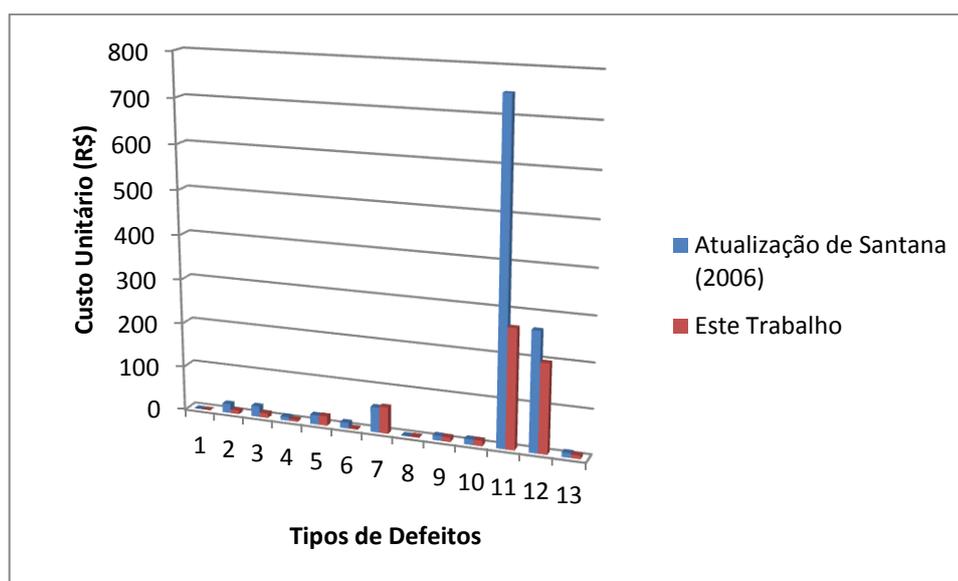
Tabela 33 – Quadro resumo das composições de custos unitários

Intervenção	Tipo de defeito	Unid	Custo Unitário (R\$)	
			Santana (2006) At	Este Trabalho
- recomposição manual; - recomposição mecânica.	- erosão. ⁶	m ³	748,45	266,39
			266,39	198,86
- revestimento primário.	- rocha aflorante. ⁶	m ³	10,31	7,79

Fonte: Adaptado de Santana (2006)

A fim de facilitar a visualização da relação entre os valores das duas propostas, ambas a partir do novo SICRO, a Figura 16 apresenta o resultado gráfico.

Figura 16 – Relação entre os Custos Unitários de cada proposta de composição



Fonte: elaborada pelo autor

Inicialmente, é importante frisar que algumas propostas de intervenção podem solucionar mais de um tipo de defeito. O nivelamento da plataforma, orçado em R\$0,06/m² neste trabalho e em R\$0,02/m² na atualização da proposta de Santana (2006), por exemplo, é capaz de solucionar os defeitos seção transversal

¹ Baixa severidade

² Baixa e média severidades

³ Média severidade

⁴ Média e alta severidades

⁵ Alta severidade

⁶ Baixa, média e alta severidades

imprópria, corrugações, buracos, trilha de roda, perda de agregados e atoleiro com baixos níveis de severidade, além do defeito facão com baixa e média severidades.

O conjunto de intervenções que configura o nivelamento da plataforma, a adição de material granular, a adição de água, a homogeneização e a compactação (R\$7,96/m³ neste trabalho e R\$20,62/m³ em Santana (2006)), pode solucionar os defeitos seção transversal imprópria, corrugações, buracos, trilha de roda, perda de agregados e pista escorregadia com médio nível de severidade. Além disso, os níveis de severidade médio e alto do defeito atoleiro, podem ser resolvidos com esses procedimentos de manutenção.

As intervenções, corte da plataforma, adição de material granular, adição de água, homogeneização e compactação (R\$10,19/m³ neste trabalho e R\$23,90/m³ em Santana (2006)), são propostas para mitigar os problemas seção transversal imprópria, corrugações, buracos, trilha de roda, perda de agregados e facão de alta severidade. Ainda, o defeito excesso de poeira de média e alta severidades.

Em relação à drenagem inadequada, a limpeza de valetas (R\$4,28/m neste trabalho e R\$8,29/m em Santana (2006)), visa solucionar o defeito com baixo nível de severidade, enquanto a limpeza de bueiro (R\$21,38/m² e R\$20,74/m²) e a reconformação e/ou reconstrução de valetas (R\$2,03/m² e R\$13,23/m²) tenciona sanar à médio nível de severidade. A instalação de dreno profundo (R\$59,49/m e R\$56,30/m) direciona à solução do problema a níveis altos de severidade.

A adição de água (R\$2,05/tkm neste trabalho e R\$1,36/tkm em Santana (2006)), visa resolver o problema de excesso de poeira a baixos níveis de severidade.

O nivelamento da plataforma, aliado à execução de revestimento primário (R\$10,10/m³ neste trabalho e R\$10,80/m³ em Santana (2006)), admitem a solução do defeito areiões com baixo nível de severidade. O levantamento do greide com bota dentro junto ao processo de revestimento primário (R\$12,18/m³ e R\$12,33/m³) visam mitigar o mesmo defeito, a níveis médios e altos de severidade. Neste último caso, conforme mencionado neste capítulo, a espessura do levantamento de greide varia de acordo com o nível de severidade.

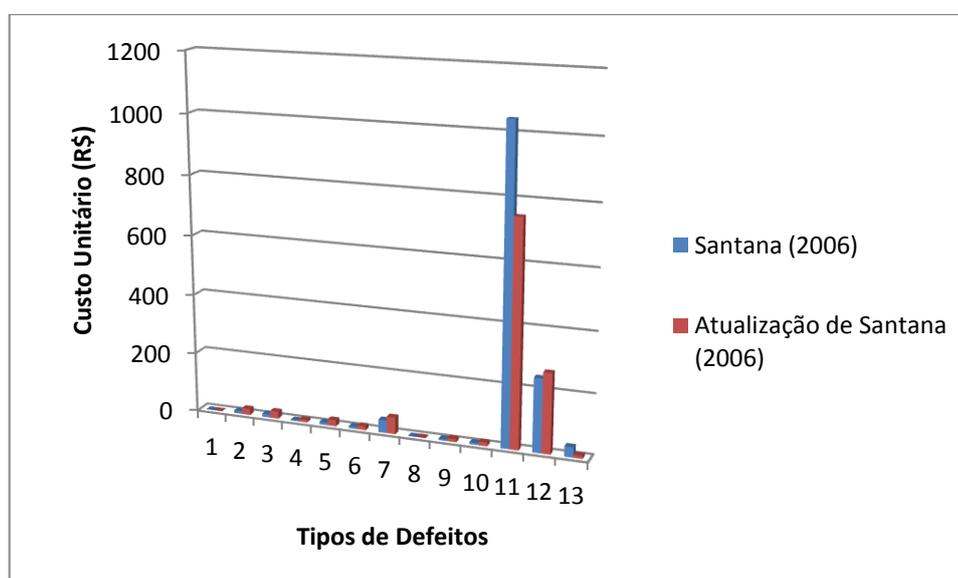
No caso do defeito atoleiro, a médias e altas severidades, pode ser resolvido a partir da construção de bueiro na seção atingida, aliado ao levantamento do greide (R\$794,20/m e m³ neste trabalho e R\$1540,29/m e m³ em Santana (2006)), com espessura variável, de acordo com o nível de severidade.

Para os defeitos, erosão e rocha aflorante nos três níveis de severidade, a solução indicada consiste, respectivamente, na recomposição manual (R\$266,39/m³ neste trabalho e R\$748,45/m³ em Santana (2006)) e na recomposição mecânica (R\$198,86/m³ e R\$266,39m³) e no revestimento primário da superfície de rolamento (R\$7,79/m³ e R\$10,31/m³).

Os valores dispostos apresentam diferenças consideráveis, principalmente devido à diferença de emprego de equipamentos, mão de obra, produção da equipe, inserção do Fator de Influência de Chuvas (FIC) e disposição de equipamentos que enquadram-se em Tempo Fixo.

A fim de estabelecer uma comparação entre a diferença de valores da proposta de Santana (2006) e a atualização desta, com base no novo SICRO, a Figura 17 e a Tabela 34 apresentam os Custos Unitários dos serviços de manutenção em vias não pavimentadas, considerados.

Figura 17 – Relação entre os Custos Unitários de Santana (2006) e a respectiva atualização



Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 34 – Quadro resumo das composições de custos, conforme a proposta de Santana (2006) e sua atualização

Intervenção	Tipo de defeito	Unid	Custo Unitário (R\$)	
			Santana (2006)	Santana (2006) At
- nivelamento da plataforma.	- seção transversal imprópria; ¹ - corrugações; ¹ - buracos; ¹ - trilha de roda; ¹ - perda de agregados; ¹ - atoleiro; ¹ - facão. ²	m ²	0,01	0,02
- nivelamento da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ³ - corrugações; ³ - buracos; ³ - trilha de roda; ³ - perda de agregados; ³ - pista escorregadia. ³ - atoleiro. ⁴	m ³	9,00	20,62
- corte da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ⁵ - corrugações; ⁵ - buracos; ⁵ - trilha de roda; ⁵ - perda de agregados; ⁵ - facão. ⁵ - excesso de poeira. ⁴	m ³	11,08	23,90
- limpeza de valetas.	- drenagem inadequada. ¹	m	2,98	8,29
- limpeza de bueiro.			8,71	20,74
- reconformação e/ou reconstrução de valetas;	- drenagem inadequada. ³	m ²	7,47	13,23
- instalação de dreno profundo.	- drenagem inadequada. ⁵	m	42,74	56,30
- adição de água.	- excesso de poeira. ¹	tkm	0,85	1,36
- nivelamento da plataforma; - execução de revestimento primário.	- areiões. ¹	m ³	5,59	10,80
- levantamento do greide com “bota-dentro”; - revestimento primário.	- areiões. ⁴	m ³	6,51	12,33
- construção de bueiro na seção atingida; - levantamento de greide.	- atoleiro. ⁴	m m ³	1042,83	1540,29
- recomposição manual; - recomposição mecânica.	- erosão. ⁶	m ³	245,54	748,45
- revestimento primário.	- rocha aflorante. ⁶	m ³	34,46	266,39
			9,00	10,31

Fonte: elaborada pelo autor

¹ Baixa severidade

² Baixa e média severidades

³ Média severidade

⁴ Média e alta severidades

⁵ Alta severidade

⁶ Baixa, média e alta severidades

A partir da observação dos dados, percebe-se que há uma tendência clara de crescimento do valor, isto, devido ao percurso inflacionário durante o período correspondente, em torno de 13 anos.

Além da diferença de procedimentos para a composição de custos de serviços, entre o SICRO 2 e o novo SICRO, o período de tempo entre os dois orçamentos representa um grande fator atenuante, visto que as mudanças econômicas do país e a inflação acumulada influenciam diretamente nos custos.

Dessa forma, a fim de comparar os valores dispostos à execução dos serviços, de acordo com a proposta de Santana (2006) baseada no SICRO 2, e esta baseada no novo SICRO, foi utilizado o Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M), calculado mensalmente desde 1989 pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Assim, é possível equiparar os valores de 2006, ano de referência para o orçamento proposto por Santana (2006), a valores atuais, do preço final da composição.

A Tabela 35 apresenta a correção monetária dos Custos Unitários Totais propostos por Santana (2006), a partir da aplicação do IGP-M, tendo como base o período que compreende janeiro de 2006 a julho de 2019, que corresponde a um índice de correção de 2,21409380. Ou seja, o valor de janeiro de 2006 deve ser corrigido em 221,409380%, a fim de equipara-se a valores atuais.

Tabela 35 – Correção monetária do Custo Unitário dos serviços propostos por Santana (2006)

Intervenção	Tipo de defeito	Unid.	Custo Unitário (R\$)
- nivelamento da plataforma.	- seção transversal imprópria; ¹ - corrugações; ¹ - buracos; ¹ - trilha de roda; ¹ - perda de agregados; ¹ - atoleiro; ¹ - facão. ²	m ²	326,91
- nivelamento da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ³ - corrugações; ³ - buracos; ³ - trilha de roda; ³ - perda de agregados; ³ - pista escorregadia. ³ - atoleiro. ⁴	m ³	19,93
- corte da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ⁵ - corrugações; ⁵ - buracos; ⁵ - trilha de roda; ⁵ - perda de agregados; ⁵ - facão. ⁵ - excesso de poeira. ⁴	m ³	24,53
- limpeza de valetas.	- drenagem inadequada. ¹	m	6,60
- limpeza de bueiro.			19,28
- reconformação e/ou reconstrução de valetas;	- drenagem inadequada. ³	m ²	16,54
- instalação de dreno profundo.	- drenagem inadequada. ⁵	m	94,63
- adição de água.	- excesso de poeira. ¹	tkm	1,88
- nivelamento da plataforma; - execução de revestimento primário.	- areiões. ¹	m ³	12,38
- levantamento do greide com “bota-dentro”; - revestimento primário.	- areiões. ⁴	m ³	14,41
- construção de bueiro na seção atingida; - levantamento de greide.	- atoleiro. ⁴	m m ³	2308,92
- recomposição manual; - recomposição mecânica.	- erosão. ⁶	m ³	543,65
- revestimento primário.	- rocha aflorante. ⁶	m ³	76,30
			11,80

Fonte: Adaptado de Santana (2006)

¹ Baixa severidade² Baixa e média severidades³ Média severidade⁴ Média e alta severidades⁵ Alta severidade⁶ Baixa, média e alta severidades

Com base nos dados apresentados na Tabela 35, é possível a comparação com os valores atuais. A Figura 18 e a Tabela 36 mostram esta comparação.

Tabela 36 – Comparação de Custos Unitários dos serviços de manutenção

Intervenção	Tipo de defeito	Unid	Custo Unitário (R\$)	
			Santana (2006)	Este Trabalho
- nivelamento da plataforma.	- seção transversal imprópria; ¹ - corrugações; ¹ - buracos; ¹ - trilha de roda; ¹ - perda de agregados; ¹ - atoleiro; ¹ - facão. ²	m ²	0,03	0,06
- nivelamento da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ³ - corrugações; ³ - buracos; ³ - trilha de roda; ³ - perda de agregados; ³ - pista escorregadia. ³ - atoleiro. ⁴	m ³	19,93	7,96
- corte da plataforma; - adição de material granular; - adição de água; - homogeneização; - compactação.	- seção transversal imprópria; ⁵ - corrugações; ⁵ - buracos; ⁵ - trilha de roda; ⁵ - perda de agregados; ⁵ - facão. ⁵ - excesso de poeira. ⁴	m ³	24,53	10,19
- limpeza de valetas.	- drenagem inadequada. ¹	m	6,60	4,28
- limpeza de bueiro.			19,28	21,38
- reconformação e/ou reconstrução de valetas;	- drenagem inadequada. ³	m ²	16,54	2,03
- instalação de dreno profundo.	- drenagem inadequada. ⁵	m	94,63	59,49
- adição de água.	- excesso de poeira. ¹	tkm	1,88	2,05
- nivelamento da plataforma; - execução de revestimento primário.	- areiões. ¹	m ³	12,38	10,10
- levantamento do greide com “bota-dentro”; - revestimento primário.	- areiões. ⁴	m ³	14,41	12,18
- construção de bueiro na seção atingida; - levantamento de greide.	- atoleiro. ⁴	m m ³	2308,92	794,20

Fonte: elaborada pelo autor

¹ Baixa severidade

² Baixa e média severidades

³ Média severidade

⁴ Média e alta severidades

⁵ Alta severidade

⁶ Baixa, média e alta severidades

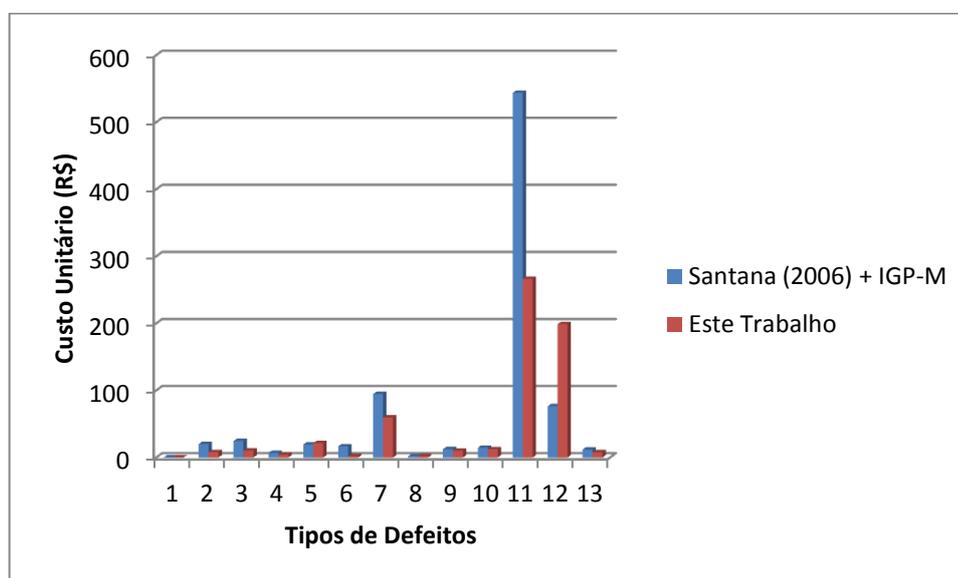
Continua

Tabela 36 – Comparação de Custos Unitários dos serviços de manutenção

Intervenção	Tipo de defeito	Unid	Custo Unitário (R\$)	
			Santana (2006)	Este Trabalho
- recomposição manual; - recomposição mecânica.	- erosão. ⁶	m ³	543,65	266,39
			76,30	198,86
- revestimento primário.	- rocha aflorante. ⁶	m ³	11,80	7,79

Fonte: Adaptado de Santana (2006)

Figura 18– Relação entre os Custos Unitários de Santana (2006) + IGPM-H e este trabalho



Fonte: elaborada pelo autor

A partir da comparação dos valores de Custos Unitários dos serviços de manutenção propostos por Santana (2006) e por este trabalho, percebe-se diferenças para mais e para menos. Valores em que a proposta de Santana (2006) é superior:

- nivelamento da plataforma, adição de material granular, adição de água, homogeneização e compactação;

¹ Baixa severidade

² Baixa e média severidades

³ Média severidade

⁴ Média e alta severidades

⁵ Alta severidade

⁶ Baixa, média e alta severidades

- corte da plataforma, adição de material granular, adição de água, homogeneização e compactação;
- limpeza de valetas;
- reconformação e/ou reconstrução de valetas;
- instalação de dreno profundo;
- nivelamento da plataforma e execução de revestimento primário;
- levantamento do greide com bota dentro e revestimento primário;
- construção de bueiro na seção atingida e levantamento de greide;
- recomposição manual;
- revestimento primário.

Em contrapartida, alguns Custos Unitários deste trabalho foram superiores à Santana (2006):

- nivelamento da plataforma;
- limpeza de bueiro;
- adição de água.
- recomposição mecânica.

Diante do exposto é possível considerar alguns fatores para justificar as diferenças de preços dos custos dos serviços.

Em relação aos equipamentos utilizados, estes podem apresentar uma redução de custo, atreladas à eliminação dos custos indiretos de sua composição e à expansão tecnológica que tende a desenvolver equipamentos mais robustos, com maior produtividade e barateamento dos custos de produção e, em alguns casos, aquisição.

Além disso, alguns equipamentos disposto por Santana (2006) nas composições de custos, foram retirados dos orçamentos deste trabalho, visto que não se aplicavam. Como exemplo, o procedimento de recomposição manual, em que foram retirados, o trator de esteira com lâmina, a carregadeira de pneus, e a motoniveladora.

Importante ressaltar que os equipamentos que participam de forma eventual das atividades e que podem ser alocados em novas composições ou em outras já existentes na base de dados foram excluídos das composições de custos originais.

Ou seja, conforme exemplificado por DNIT (2017a), nas composições de custos dos serviços de escavação, carga e transporte de materiais de jazida do

Sicro 2 sempre estava incluída uma motoniveladora para fins de manutenção dos caminhos de serviço. Entretanto, essa manutenção mostra-se necessária apenas em caminhos em leito natural ou em revestimento primário, caso desse trabalho.

Nas situações em que o transporte realizava-se em rodovias pavimentadas, a manutenção não se mostrava necessária. A fim de corrigir esta incoerência, o novo SICRO eliminou a motoniveladora das composições citadas e criou arranjos específicos para remunerar a manutenção dos caminhos de serviço.

Da mesma forma, nas composições de base ou sub-base em solo e de reforço do subleito, o Sicro 2 previa, em todos os casos, a execução de serviços auxiliares de limpeza da camada vegetal e de expurgo de material. Contudo, estes serviços nem sempre eram presentes nas condições de obras, como no caso de exploração de jazidas existentes e de situações em que não há necessidade de limpeza do terreno. No novo SICRO, os serviços auxiliares só são incorporados à composição principal quando necessários.

Em relação ao custo com a mão de obra, há variações na composição, entre o SICRO 2 e o novo SICRO. A mudança na composição de custo horário do trabalhador, além da inserção de outros custos agregados que aparecem bem definidos nas composições do novo SICRO.

Estes, chamados de encargos complementares, abrangem o custo do uso de ferramentas manuais (antes alocado de forma separada com adicional de 5%), equipamentos de segurança e proteção individual, custo horário de alimentação, direitos trabalhistas e acordos coletivos estão inclusos.

A inserção do Fator de Influência de Chuvas (FIC) que trata das condições climáticas da região de realização da obra, no caso desse trabalho o Estado do Ceará, baseado na série histórica de estações pluviométricas de cada região.

Alteração da metodologia de definição dos custos com materiais, visto que, em substituição ao critério de menor preço, foi introduzido tratamento estatístico, respeitada a natureza do insumo, com exclusão de extremos e definição de preços médios.

Além disso, o novo SICRO considera o cálculo dos custos com transporte em função da distância média de transporte que consiste na estimativa do preço através da soma do valor de aquisição, coletado na origem de fabricação/fornecimento do insumo, com o custo de frete da origem até o local de utilização do insumo.

O novo SICRO também incluiu em sua composição de custos, o tempo fixo, referente ao custos com carga, descarga e manobras, em detrimento do método de caminhões equivalentes do SICRO 2.

Em relação ao BDI, foram criadas faixas de diferenciação de valores em função da natureza e do porte da obra, diferente do SICRO 2. Estas incluem custos de referência para instalação dos canteiros de obras e para a administração local, além da inclusão dos custos de oportunidade do capital. Santana (2006), por sua vez, utilizou um índice denominado de “bonificação”, aplicando uma taxa de 23,90%.

Ademais, adequações das composições de produção de equipes de trabalho, insumos e equipamentos utilizados, influenciam nestas diferenças de Custo Unitário entre a proposta de manutenção de Santana (2006) e deste trabalho.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões desta pesquisa, tratando das principais contribuições e constatações, limitações da pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Principais contribuições

O aprimoramento de proposta de composição de custos, como estratégia de manutenção de defeitos recorrentes em estradas não pavimentadas, foi a principal contribuição deste trabalho. Visando o apoio à tomada de decisão no processo de Gerência de Pavimentos, foi realizada uma revisão bibliográfica a fim de descrever os defeitos mais comuns em vias não pavimentadas e as respectivas propostas de medidas corretivas, com base na literatura.

Ademais, foi discutido acerca da importância dos procedimentos de manutenção de estradas não pavimentadas e aplicações do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) à manutenção dessas vias. Deu-se ciência aos principais aspectos relacionados ao novo Sistema de Custos Rodoviários (SICRO) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), e à inclusão de novos componentes em sua estrutura, bem como à influência dessas variáveis à metodologia de orçamentos de obras viárias.

Foi elaborada uma metodologia de composição de custos a serem dispostos nos serviços selecionados, com base em DNIT (2003, 2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2017f, 2017g, 2017h, 2017i, 2017j, 2017k, 2017l, 2018, 2019a e 2019b).

Em seguida os resultados obtidos com esta metodologia foram apresentados, comparados com os resultados da proposta de Santana (2006), a partir da equiparação dos valores com base no Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M), e discutidos com base em variáveis que influenciaram nas diferenças de Custo Unitário.

Assim, procurou-se a adoção de técnicas que possuem aplicações práticas à infraestrutura viária e por fim, o aprimoramento da proposta de composição de custos unitários de serviços em vias não pavimentadas de Santana (2006), com base no novo SICRO.

O aprimoramento da proposta de Santana (2006) pode ser observado, principalmente, pela composição de custos apresentada neste trabalho, visto que utiliza a proposta vigente, no caso, o novo SICRO.

Assim, concluiu-se que a implantação do novo SICRO ocasionou modificações nas composições de custos dos serviços de manutenção em vias não pavimentadas, tratados neste trabalho, tornando os custos finais, em alguns casos, mais caros, em outros, mais baratos.

Este trabalho espera contribuir para o processo de tomada de decisão por produzir meios que podem ser utilizados na elaboração de projetos de manutenção de estradas não pavimentadas. Isto visa a organização dos procedimentos, e a otimização de recursos, visto que sistematiza a composição de custos para cada defeito recorrente em estradas não pavimentadas, de forma específica.

5.2 Principais constatações

Durante o desenvolvimento deste trabalho, surgiram algumas constatações, que serão apresentadas a seguir:

- a) na etapa inicial da pesquisa, ficou explícita a importância das estradas não pavimentadas para o desenvolvimento e a sobrevivência de diversas comunidades, nos mais diferentes rincões do país. Entre as estradas do país, 88 % (1.364.511 km) não possuem serviço de pavimentação, segundo o CNT (2019);
- b) os defeitos mais comuns em estradas não pavimentadas se devem principalmente à falta de manutenção, ou simplesmente à ausência de qualquer planejamento ou suporte estrutural;
- c) boa parte dos defeitos mais comuns, dentre eles: seção transversal imprópria, corrugações, buracos, trilha de roda, perda de agregados, atoleiro e facão, podem ser mitigados, ou mesmo solucionados, a partir do simples nivelamento da plataforma;
- d) o novo SICRO possui importante detalhamento dos componentes de sua estrutura, tornando mais claro o entendimento da composição de custos unitários de serviços;
- e) apesar da mudança rápida do custo unitário total, a sistematização dos procedimentos pode auxiliar durante o orçamento de obras.

5.3 Limitações da pesquisa

Algumas limitações foram percebidas durante o processo de investigação. A saber:

- a) inicialmente houve limitações de acesso a trabalhos que tratam de defeitos em estradas não pavimentadas, fundamentais para a composição desse estudo, principalmente no tocante à seleção dos principais defeitos e propostas de soluções;
- b) delinear de forma mais clara os níveis de severidade de cada tipo de defeito, estabelecendo padrões mais técnicos e claros;
- c) selecionar os equipamentos mais usados, para as propostas de composição de custos, a fim de obter maior aproximação no orçamento da obra, visto que os principais gestores de estradas não pavimentadas possuem orçamentos muito limitados e por isso tendem a utilizar equipamentos de desempenho inferior aos utilizados para delinear os custos unitários do SICRO.

5.4 Sugestões para trabalhos futuros

Visando complementar o estudo desenvolvido nesta pesquisa, seguem algumas sugestões e recomendações para execução de trabalhos futuros:

- a) aplicar a proposta de composição de custos unitários a um trecho de estrada não pavimentada, visando a validação e/ou calibração do modelo apresentado por este trabalho;
- b) avaliar o efeito de diferentes equipamentos na composição dos custos de um mesmo defeito, buscando a interface entre os processos;
- c) implementar, validar e testar modelos destinados à geração de estimativas de custos de obras em vias não pavimentadas;
- d) estudar a elaboração de novas composições de custos destinadas a estradas não pavimentadas;
- e) aperfeiçoar metodologias de avaliação funcional de estradas não pavimentadas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, N. **O que é e como funciona o IGP-M**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,entenda-o-que-e-e-como-funciona-o-igp-m,70002837903>>. Acesso em 10 de ago. de 2019.
- ALMEIDA, R. V. O. **Concepção de modelos de avaliação de condições de rolamento e indicação de priorização de vias como etapas de um sistema de gerência de vias não pavimentadas**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- ANDRADE, E. N. D.; SILVA, R. A. M. S.; OLIVEIRA ROÇA, R. D.; SILVA, L. A. C. D.; GONÇALVES, H. C.; PINHEIRO, R. S. B. Ocorrência de lesões em carcaças de bovinos de corte no Pantanal em função do transporte. **Ciência Rural**, 38 (7), 2008.
- ASSIS, J. C. S. **Estudo e verificação de patologias em estradas não pavimentadas e suas soluções**. 2018. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Departamento de Estradas e Rodovias (DER), Florianópolis, 2003.
- BRAGA, F. L. N.; GUIMARÃES, G. R. Avaliação de rodovias não pavimentadas: uma ferramenta para o gerenciamento de malhas viárias. **Revista Pensar Engenharia**, v.2, n.1, jan. 2014.
- BRASIL. **Calculadora do cidadão**. Banco Central do Brasil. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPo>>. Acesso em 10 de ago. de 2019.
- CNT. **Boletim estatístico rodoviário**. Confederação Nacional dos Transportes. Fevereiro, 2019.
- CODASP. **Estradas vicinais de terra: manual técnico para conservação e recuperação**. Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo, 2016.
- CORREA, V. H. C.; RAMOS, P. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 48 (2), 447-472, 2010.
- CORREIA, J. A. B. **Um Modelo de Análise de Defeitos em Estradas não pavimentadas de suporte à concepção de um Sistema de Gerência de Pavimentos**. 2003. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- CUNHA, M. C. **Avaliação da eficácia das caixas de contenção de sedimento em estradas rurais não pavimentadas na Bacia do Rio Das Pedras, Guarapuava –**

PR. 2011. 85 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2011.

DERSA. **Especificação técnica para revestimento primário**. Desenvolvimento Rodoviário S/A. São Paulo, SP, 2006.

DNER. **Custos rodoviários**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro, 1995.

DNIT. **Manual de Custos Rodoviários**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.1. Metodologia e conceitos**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017a.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.2. Pesquisa de preços**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017b.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.3. Equipamentos**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017c.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.4. Mão de obra**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017d.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.5. Materiais**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017e.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.6. Fator de influência de chuvas**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017f.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.7. Canteiros**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017g.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.8. Administração local**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017h.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.9. Mobilização e desmobilização**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017i.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.11. Composições de custos**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017j.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.12. Produções de equipes mecânicas**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017k.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. v.1. Anexo 04.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2017l.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. Relatório analítico de composições de custos, Ceará/janeiro.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2019a.

_____. **Manual de custos de infraestrutura de transporte. Relatório sintético de mão de obra, Ceará/janeiro.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2019b.

_____. **Memorando-circular nº 1651/2018/DIREX/DNIT SEDE.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasília, 2018.

EATON, R. A.; BEAUCHAM, R. E. **Unsurfaced road maintenance management.** Hanover: U. S. Army Corps of Engineers. Whashington, 1992.

EL-RAYES, K.; MOSELHI, O. Optimizing Resource Utilization for Repetitive Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, 127(1), 18–27, 2001.

ERA. **Manual for Low Volume Roads.** Ethiopian Roads Authority. Addis Ababa, 2016.

FERNANDES JR., J. L. **Sistemas de gerência de pavimento urbano para cidades de médio porte.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

FERREIRA, A.; JOAQUIM, A.; PAIVA, C. Análise comparativa de metodologias para o dimensionamento das camadas superiores de estradas não pavimentadas. **Anais do III Congresso de Ciência e Desenvolvimento dos Açores.** Açores, 2015.

FONTENELE, H. B.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. Desenvolvimento de um instrumento para avaliação da condição de estradas não pavimentadas. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiás, v. 7, n. 1, 2013.

FORSYTH, A. R.; BUBB, K. A.; COX, M. E. Runoff, sediment loss and water quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain Pinus plantation. **Forest Ecology and Management**, 221, 194-206. 2006.

FGV. **Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M).** Fundação Getúlio Vargas, Brasília, 2019.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; ALVES DA SILVA, J. M.; MOTA RAMOS, M.; DA SILVA, D. D. Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29 (03), 2005.

HAAS, R. C. G.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. Modern pavement management. **Krieger Publishing Company.** Malabar, Flórida, 1994.

IPCBR. **Manual Internacional de Manutenção Rodoviária – AIPCR/PIARC: Guia Prático para Manutenção de Rodovias Rurais.** v. 2 – Manutenção de Estradas Não Pavimentadas. 321 p. Instituto Panamericano de Carreteras Brasil. 1994.

IPT. **Estradas vicinais de terra: manual técnico para conservação e recuperação.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1988.

MASSDEP. **Unpaved roads BMP manual, a guidebook on how to improve water quality while addressing common problems.** Massachusetts Department of Environmental Protection. 2001.

MEIRELLES, E. B. **Proposição de uma plataforma tecnológica para serviços de manutenção de pavimentos em rodovias: estudo na concessão da BR-290/RS.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2019.

MESQUITA FILHO, A. **Diagnóstico do estado de estradas não pavimentadas atendidas pelo projeto de desenvolvimento sustentável – Microbacias 2: o caso do município de Santa Isabel – SP.** 2018. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2018.

MOREIRA, F. E. B. **Um modelo de avaliação da evolução geométrica das patologias em vias não pavimentadas: aplicação ao caso do Município de Aquiraz.** 2003. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

MOREIRA, A. N. Harmyans. **Modelo geolocalizado para conservação de estradas não pavimentadas.** 2018. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2018.

NUNES, T. V. L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso de redes neurais artificiais: trecho de Aquiraz –CE.** 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

ODA, S. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não pavimentadas.** 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica.** 2^aed. Viçosa, MG, UFV. 279p. 2009.

QUARESMA, C. C.; DA SILVA, B. M. F.; CASTÃO, E. S.; RUIZ, M. S. Condições da pista de rolamento e do grau de severidade de corrugações em uma estrada de terra: o caso da estrada municipal dos porretes em Francisco Morato – SP – Brasil. **Anais do V Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, SINGEP.** São Paulo, 2016.

REID, L. M.; DUNNE, T. Sediment production from forest road surface. **Water Resources Research**, v.20, 1753-1761. 1984.

REIS, E. F.; SANTOS, D. C. R.; VIANA, P. M. F.; OLIVEIRA, L. A. Uso de geossintéticos como reforço em estradas não pavimentadas. **Jornal Brasileiro da Associação de Agricultura e Engenharia**, v.36, n.3, 546-557. Jaboticabal, 2016.

ROMERO, S. **Estrada de terra dirige o debate sobre o futuro da Guiana**. G1, 2010. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2010/05/estrada-de-terra-dirige-o-debate-sobre-o-futuro-da-guiana.html>>. Acesso em 10 de nov. de 2018.

SANTANA, L. A. F. de. **Proposta de composição de custos unitários e orçamentos de serviços em vias não pavimentadas**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SCHROEDER, E.M.; CASTRO, J. C. D. Transporte rodoviário de carga: situação atual e perspectivas. **Revista do BNDS**, 1996.

VISCONTI, T. S. **O sistema gerencial de pavimentos do DNER**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Divisão de Apoio Tecnológico, Brasil, 84p, 2000.

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

ZOCCAL, J. C; SILVA, P. A. R. **Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: adequação de erosões em estradas rurais: causas, consequências e problemas na manutenção e conservação estrada rural**. São José do Rio Preto, São Paulo, 2016.

ANEXO A – PROPOSTA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DE SANTANA (2006)

SEÇÃO TRANSVERSAL IMPRÓPRIA - NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO						UNID.:ha
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Motoniveladora	1,00	1,00	-	112,14	13,32	112,14
TOTAL						112,14
MÃO-DE-OBRA	QUANT.			SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente		1,00		5,40	5,40	
Encarregado de Turma		0,10		12,96	1,30	
TOTAL						6,70
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				0,33
TOTAL						0,33
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	1,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				119,17
CUSTO DIRETO TOTAL						119,17
BONIFICAÇÃO:	23,90%					28,48
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						147,65

Fonte: Santana (2006)

SEÇÃO TRANSVERSAL IMPRÓPRIA - NÍVEL DE SEVERIDADE MÉDIO						UNID.:m ³
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	0,56	0,44	84,77	12,60	53,02
Caminhão basculante - 5m ³	1,34	1,00	-	74,22	11,52	99,45
Motoniveladora	1,00	0,86	0,14	112,14	13,32	98,31
Caminhão tanque	1,00	0,79	0,21	69,88	11,52	57,62
Rolo compactador	1,00	1,00	-	78,78	9,72	78,78
TOTAL						497,32
MÃO-DE-OBRA	QUANT.			SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente		6,00		5,40	32,40	
Encarregado de Turma		1,00		12,96	12,96	
TOTAL						45,36
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				2,27
TOTAL						2,27
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	75,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				544,95
CUSTO DIRETO TOTAL						7,27
BONIFICAÇÃO:	23,90%					1,74
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						9,00

Fonte: Santana (2006)

SEÇÃO TRANSVERSAL IMPRÓPRIA - NÍVEL DE SEVERIDADE ALTO						UNID.:m ³
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	0,56	0,44	84,77	12,60	53,02
Caminhão basculante - 5m ³	1,34	1,00	-	74,22	11,52	99,45
Motoniveladora	2,00	1,00	-	112,14	13,32	224,28
Caminhão tanque	1,00	0,79	0,21	69,88	11,52	57,62
Rolo compactador	1,00	1,00	-	78,78	9,72	78,78
TOTAL						623,29
MÃO-DE-OBRA	QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO	
Servente	6,00		5,40		32,40	
Encarregado de Turma	1,00		12,96		12,96	
TOTAL						45,36
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO	CUSTO UNITÁRIO	
Ferramentas	%	5,00			2,27	
TOTAL						2,27
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	75,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				670,92
CUSTO DIRETO TOTAL						8,95
BONIFICAÇÃO:	23,90%					2,14
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						11,08

Fonte: Santana (2006)

DRENAGEM INADEQUADA - NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO - LIMPEZA DE VALETAS				UNID.: m REF: DEZ/2006
MÃO-DE-OBRA	QUANT.	SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente	20,00	5,40	108,00	
Encarregado de Turma	0,50	12,96	6,48	
TOTAL			114,48	
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.	CUSTO	CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00		5,72
TOTAL				5,72
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	50,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL		120,20
CUSTO DIRETO TOTAL				2,40
BONIFICAÇÃO:	23,90%			0,57
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)				2,98

Fonte: Santana (2006)

DRENAGEM INADEQUADA - NÍVEL DE SEVERIDADE MÉDIO - LIMPEZA DE BUEIRO				UNID.:m ³ REF: DEZ/2006
MÃO-DE-OBRA	QUANT.	SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente	5,00	5,40	27,00	
Encarregado de Turma	0,50	12,96	6,48	
TOTAL			33,48	
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.	CUSTO	CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00		1,67
TOTAL				1,67
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	5,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL		35,15
CUSTO DIRETO TOTAL				7,03
BONIFICAÇÃO:	23,90%			1,68
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)				8,71

Fonte: Santana (2006)

DRENAGEM INADEQUADA - NÍVEL DE SEVERIDADE MÉDIO - RECONFORMAÇÃO E/OU CONSTRUÇÃO DE VALETAS						UNID.:m
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Caminhão basculante - 5 m ³	0,20	0,20	0,80	74,22	11,52	4,81
Compactador man. - seq. Vibratório	0,33	1,00	-	14,04	8,64	4,63
TOTAL						9,45
MÃO-DE-OBRA		QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO
Servente		3,10		5,40		16,74
Encarregado de Turma		0,23		12,96		2,98
TOTAL						19,72
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				0,99
TOTAL						0,99
PRODUÇÃO DA EQUIPE:		5,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL			30,15
CUSTO DIRETO TOTAL						6,03
BONIFICAÇÃO:		23,90%				1,44
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (RS)						7,47

Fonte: Santana (2006)

DRENAGEM INADEQUADA - NÍVEL DE SEVERIDADE ALTO - INSTALAÇÃO DE DRENO PROFUNDO						UNID.:m REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Caminhão basculante - 5m ³	0,02	1,00	-	74,22	11,52	1,48
TOTAL						1,48
MÃO-DE-OBRA	QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO	
Servente	1,18		5,40		6,37	
Pedreiro	0,08		9,36		0,75	
Encarregado de Turma	0,20		12,96		2,59	
TOTAL						9,71
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				0,49
TOTAL						0,49
MATERIAIS	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Tubo de concreto poroso d=0,20m	m	1,00		11,01		11,01
Areia extraída	m ³	0,59		20,00		11,80
TOTAL						22,81
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	1,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				34,49
CUSTO DIRETO TOTAL						34,49
BONIFICAÇÃO:	23,90%					8,24
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						42,74

Fonte: Santana (2006)

EXCESSO DE POEIRA - NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO						UNID.:tkm
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Caminhão tanque	1,00	1,00	-	94,44	11,52	94,44
TOTAL						94,44
MÃO-DE-OBRA	QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO	
Servente	1,00		5,40		5,40	
TOTAL						5,40
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	146,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				99,84
CUSTO DIRETO TOTAL						0,68
BONIFICAÇÃO:	23,90%					0,16
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (RS)						0,85

Fonte: Santana (2006)

AREIÕES - NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO						UNID.:m ³
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	0,56	0,44	84,77	12,60	53,02
Caminhão basculante - 5m ³	2,68	1,00	-	74,22	11,52	198,91
Motoniveladora	1,00	1,00	-	112,14	13,32	112,14
Caminhão tanque	1,00	0,79	0,21	69,88	11,52	57,62
Rolo compactador	1,00	1,00	-	78,78	9,72	78,78
TOTAL						610,61
MÃO-DE-OBRA	QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO	
Servente	8,00		5,40		43,20	
Encarregado de Turma	1,50		12,96		19,44	
TOTAL						62,64
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				3,13
TOTAL						3,13
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	150,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				676,38
CUSTO DIRETO TOTAL						4,51
BONIFICAÇÃO:	23,90%					1,08
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						5,59

Fonte: Santana (2006)

AREIÕES - NÍVEIS DE SEVERIDADE MÉDIO E ALTO						UNID.:m ³
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	0,56	0,44	84,77	12,60	53,02
Caminhão basculante - 5m ³	2,68	1,00	-	74,22	11,52	198,91
Motoniveladora	2,00	1,00	-	112,14	13,32	224,28
Caminhão tanque	1,00	0,79	0,21	69,88	11,52	57,62
Rolo compactador	1,00	1,00	-	78,78	9,72	78,78
TOTAL						722,75
MÃO-DE-OBRA	QUANT.			SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente		8,00		5,40	43,20	
Encarregado de Turma		1,50		12,96	19,44	
TOTAL						62,64
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				3,13
TOTAL						3,13
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	150,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				788,52
CUSTO DIRETO TOTAL						5,26
BONIFICAÇÃO:	23,90%					1,26
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						6,51

Fonte: Santana (2006)

ATOLEIRO - NÍVEIS DE SEVERIDADE MÉDIO E ALTO - CONSTRUÇÃO DE BUEIRO (D=0,60m)						UNID.:m REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Caminhão de carroceria	0,07	1,00	-	92,80	11,52	6,50
Caminhão basculante - 5m ³	0,06	1,00	-	74,22	11,52	4,45
Caminhão carroceria c/ guindaste	0,01	1,00		76,46	11,52	0,76
TOTAL						11,71
MÃO-DE-OBRA	QUANT.			SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente	0,90			5,40	4,86	
Pedreiro	0,30			9,36	2,81	
Encarregado de Turma	5,82			12,96	75,43	
TOTAL						83,10
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				4,15
TOTAL						4,15
MATERIAIS	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Dentes p/ bueiros simples	unid.	0,20		29,63		5,93
Forma comum de madeira	m ²	7,59		33,13		251,46
Concreto ciclópico fck=12mpa	m ³	2,55		136,01		346,28
Argamassa cimento-areia - 1:4	m ³	0,09		165,24		14,87
Confecção de tubos de concreto	m ³	1,00		116,91		116,91
TOTAL						735,45
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	1,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				834,41
CUSTO DIRETO TOTAL						834,41
BONIFICAÇÃO:	23,90%					199,42
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						1033,83

Fonte: Santana (2006)

EROSÕES - RECOMPOSIÇÃO MANUAL						UNID.:m ³
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	0,56	0,44	84,77	12,60	53,02
Caminhão basculante - 5m ³	1,00	0,20	0,80	74,22	11,52	24,06
Motoniveladora	1,00	0,24	0,76	112,14	13,32	37,04
Compactador manual	1,00	0,79	0,21	14,04	8,64	12,91
TOTAL						237,16
MÃO-DE-OBRA	QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO	
Servente	7,00		5,40		37,80	
Encarregado de Turma	1,50		12,96		19,44	
TOTAL						57,24
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				2,86
TOTAL						2,86
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	1,50	CUSTO HORÁRIO TOTAL				297,26
CUSTO DIRETO TOTAL						198,17
BONIFICAÇÃO:	23,90%					47,36
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						245,54

Fonte: Santana (2006)

EROSÕES - RECOMPOSIÇÃO MECÂNICA						UNID.:m ³
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	1,00	-	84,77	12,60	84,77
Caminhão basculante - 5m ³	1,34	1,00	-	74,22	11,52	99,45
Motoniveladora	1,00	0,24	0,76	112,14	13,32	37,04
Rolo compactador	1,00	1,00	-	78,78	9,72	78,78
TOTAL						410,18
MÃO-DE-OBRA	QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO	
Servente	1,00		5,40		5,40	
Encarregado de Turma	0,10		12,96		1,30	
TOTAL						6,70
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				0,33
TOTAL						0,33
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	15,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				417,21
CUSTO DIRETO TOTAL						27,81
BONIFICAÇÃO:	23,90%					6,65
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						34,46

Fonte: Santana (2006)

ROCHA AFLORANTE						UNID.:m ³
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	0,56	0,44	84,77	12,60	53,02
Caminhão basculante - 5m ³	2,68	1,00	-	74,22	11,52	198,91
Motoniveladora	1,00	1,00	-	112,14	13,32	112,14
Caminhão tanque	1,00	0,79	0,21	69,88	11,52	57,62
Rolo compactador	1,00	1,00	-	78,78	9,72	78,78
TOTAL						610,61
MÃO-DE-OBRA	QUANT.			SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente		5,00		5,40	27,00	
Encarregado de Turma		0,50		12,96	6,48	
TOTAL						33,48
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				1,67
TOTAL						1,67
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	150,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				645,76
CUSTO DIRETO TOTAL						4,31
BONIFICAÇÃO:	23,90%					1,03
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)						5,33

Fonte: Santana (2006)