

INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

ABRÃO ELIAS DE OLIVEIRA

**ANÁLISE PARCIAL DE UM TRECHO DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADA NO
MUNICÍPIO DE CARATINGA-MG E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO BÁSICA**

CARATINGA

2019

INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

ABRÃO ELIAS DE OLIVEIRA

**ANÁLISE PARCIAL DE UM TRECHO DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADO NO
MUNICÍPIO DE CARATINGA-MG E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO BÁSICA**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de engenharia Civil das Faculdades DOCTUM de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

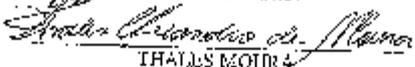
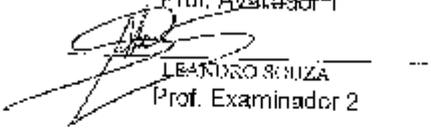
Área de concentração: Infraestrutura.

Orientador: Prof. Esp. João Moreira de Oliveira Júnior.

CARATINGA

2019

FICHA DE APROVAÇÃO

 <p>Faculdade de Caratinga DOCTUM</p>	<p>FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TERMO DE APROVAÇÃO</p>	<p>FORMULÁRIO 5</p>
<p>TERMO DE APROVAÇÃO</p>		
<p>O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE PARCIAL DE UM TRECHO DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADA NO MUNICÍPIO DE CARATINGA - MG E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO BÁSICA, elaborado pelo(s) aluno(s) ABRÃO ELIAS DE OLIVEIRA e foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de</p>		
<p>BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL</p>		
<p>Caratinga 09/07/2019</p>		
<p> JOÃO MOREIRA Prof. Orientador</p>		
<p> THALES MOREIRA Prof. Avaliador 1</p>		
<p> LEANDRO SOUZA Prof. Examinador 2</p>		

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela a vida que ele me concedeu.

Agradeço a minha amada esposa Elizabete Maria por estar sempre ao meu lado durante todo esse tempo.

Agradeço meu coordenador, orientador e professor Esp. João Moreira de Oliveira Junior pelo incentivo, paciência e conhecimentos transmitido durante toda orientação.

A todos os professores pela dedicação apoio e em especial professora Camila Silva e professor Ricardo Botelho.

As colaboradoras Priscila e Rose da coordenação pela confiança e amizade.

Ao professor Alexandre Almeida leitão pela oportunidade.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus

Dedico todos os meus colegas que estiveram ao meu lado durante os bons e os maus momentos

Ao meu irmão e minha querida mãe minha sogra dona Terezinha e meu sogro Sr Almerindo.

A minha ex diretora Célia Soares que me deu uma única chance de estar aqui hoje. E em memória de meu pai Genário Elias da silva

RESUMO

Este estudo teve como objetivo realizar uma avaliação parcial da qualidade da plataforma e uma caracterização física básica de um Latossolo Amarelo coletado em uma estrada vicinal no município de Caratinga, Minas Gerais. Os experimentos foram realizados de acordo com as normas da ABNT (ABNT NBR 6457, 1984, ABNT NBR 6459 1984; ABNT NBR 7180, 1984, ABNT NBR 7182, 1986, DNER-ME 092/94, NBR 9895/87), onde se pode encontrar sua classificação, seu IP (Índice de Plasticidade) = 39%, LL (Limite de Liquidez) = 56%, LP (Limite de Plasticidade) = 26%. A partir dos resultados dos ensaios de consistência do solo, se pode classificar em “CH”, ou seja, solo argiloso de alta compressibilidade, já a curva de compactação indicou peso específico seco do solo de 1,45 G/cm³, umidade ótima de 18%. O ensaio de CBR mostrou que o solo possui um IG de 6,7%, mostrando que este solo tem característica para o uso em subleto. Quando compactado o solo demonstra uma estrutura alternativa onde ela varia com certa quantidade de água presente em seu vazio sofrendo algumas variações dependendo da sua umidade. O questionário aplicado, mesmo que básico, permitiu o levantamento visual da qualidade do trecho da estrada estudada. O trecho apresenta diversas patologias e em grau de severidade diferente. Uma das grandes barreiras para intervenções no trecho estudado é o fato da área pertencer a uma Área de Proteção Especial – APE. Logo, existem manutenções que podem ser feitas, sugere-se a desobstrução dos drenos naturais, compactação na umidade correta, recuperação da vegetação em torno da estrada. Conclui-se que o conhecimento do comportamento dos solos e técnicas de melhorias básicas pode auxiliar na qualidade da pista para a locomoção de pessoas e veículos principalmente em períodos chuvosos.

Palavras-chave: Vicinais. Manutenção. Perenização.

ABSTRACT

This study aimed to perform a partial evaluation of the quality of the platform and a basic physical characterization of a Red Latosol collected on a road in the municipality of Caratinga, Minas Gerais. The experiments were carried out according to ABNT standards (ABNT NBR 6457, 1984, ABNT NBR 6459 1984, ABNT NBR 7180, 1984, ABNT NBR 7182, 1986, DNER-ME 092/94, NBR 9895/87). can find its classification, its IP (Plasticity Index) = 39%, LL (Liquidity Limit) = 56%, LP (Plasticity Limit) = 26%. From the results of the soil consistency tests, it is possible to classify as "CH", that is, clay soil of high compressibility, since the compaction curve indicated a specific dry soil weight of 1.45 G / cm³, 18%. The CBR test showed that the soil has a GI of 6.7%, showing that this soil has a characteristic for use in sublet. When compacted the soil demonstrates an alternative structure where it varies with certain amount of water present in its void suffering some variations depending on its humidity. The applied questionnaire, even if basic, allowed a visual survey of the quality of the section of the road studied. The section presents several pathologies and in different degrees of severity. One of the great barriers to interventions in the studied area is the fact that the area belongs to a Special Protection Area (APE). Therefore, there are maintenance that can be done, it is suggested to clear the natural drains, compaction in the correct humidity, recovery of vegetation around the road. It is concluded that knowledge of soil behavior and techniques of basic improvements can help in the quality of the trail for locomotion of people and vehicles mainly during rainy periods.

Key words: Vicinal. Maintenance. Perennialism.

LISTA DE FIGURAS

1 Plataforma sem abaulamento e sistemas de drenagem obstruídos	36
2 Plataforma sem sistemas de drenagem e abaulamento.	36
3 Imagem ampla da área do trecho em estudo.....	37
4 Imagem ampla da área do trecho em estudo.....	37

LISTA DE TABELAS

1	Alguns sistemas de drenagem.....	20
2	Teor de umidade do solo.	20
3	Parâmetros sobre granulometria e consistência do solo	20
4	Distribuição granulométrica do solo.....	22
5	Parâmetros para o índice de consistência do solo.....	24
6	Principais resultados obtidos para a classificação do solo segundo o sistema Unificado e Sistema Rodoviário.....	52
7	Resultados para os principais índices físicos.....	52
8	Resultados para os ensaios de CBR.....	54

LISTA DE QUADROS

1 Evolução da malha rodoviária Federal entre 1999 e 2013.....	18
2 Questionário para avaliação desenvolvido por Nunes (2003).....	39
3 Classificação Unificada dos Solos (SUCS)	50

LISTA DE GRÁFICOS

1 Rede Rodoviária Nacional por Tipo de Superfície (Fonte: SNV 2013)	17
2 Rede Rodoviária Nacional não Pavimentada por Jurisdição (Fonte: SNV 2013)	18
3 Índices em teor de umidade do método de Casa Grande ou Limite de Liquidez	48
4 Carta de plasticidade para determinação do tipo do solo	50

LISTA DE ESQUEMAS

1 Esquema didático da metodologia utilizada	35
--	-----------

SUMÁRIO

1	CAPITULO 1	15
1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Contextualização	16
2	OBJETIVOS	20
2.2.1	Objetivos Gerais	20
2.2.2	Objetivos Específicos	20
2.3	Estruturação do Trabalho.....	20
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1	Características técnicas	24
3.1.2	Condições de rolamento e aderência	24
3.1.3	Capacidade de suporte	25
3.1.4	Sistemas de drenagem	25
3.2	Materiais utilizados.....	27
3.2.1	Areia	28
3.2.2	Argila	29
3.2.3	Cascalhos e pedregulhos.....	30
3.3	Patologias frequentes	30
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1	Tipo de pesquisa	32
4.2	Preparação da amostra	33
4.3	Análise morfológica.....	34
4.4	Determinação da umidade do solo	34
4.5	Caracterização geotécnica	34
4.6	Compactação	36

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Serviços de readequação.....	42
5.1.1	Revestimento primário	42
5.1.2	Conformação da plataforma	43
5.1.3	Drenagem.....	43
5.2	Principais resultados obtidos para as análises do solo.....	43
5.2.1	Análise granulométrica.....	46
5.2.2	Limites de Consistência (Liquidez LL).....	47
5.2.3	Limites de Consistência (Plasticidade LP e índice de plasticidade IP).....	49
5.2.4	Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBCS)	49
5.2.5	Classificação Unificada dos Solos (SUCS)	50
5.2.6	Índice de consistência.....	43
5.2.7	Compactação	43
5.2.8	Ensaio de CBR.....	54
6	CONCLUSÃO	56
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
8	ANEXOS	64

CAPÍTULO 1

**ANÁLISE PARCIAL DE UM TRECHO DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADA NO
MUNICÍPIO DE CARATINGA-MG E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO BÁSICA**

1 INTRODUÇÃO

1 Contextualização

O sistema de transporte rodoviário no Brasil, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2008) é responsável por aproximadamente 71% do transporte interestadual de passageiros, o percentual aumenta muito quando se trata do transporte intermunicipal de passageiros, no transporte de carga esse número atinge os 58%, fazendo desse o principal meio de transporte que opera nos país. Isso mostra a importância da infraestrutura rodoviária adequada que garanta melhor movimentação da economia e mobilidade da população.

As estradas vicinais de terra, conhecida também como estradas rurais ou estradas não pavimentadas, são de suma importância para as comunidades rurais. Através delas que são feitas ligações entre as comunidades produtoras e as rodovias pavimentadas, de onde irão circular as mercadorias e produtos até seu destino.

Políticas públicas devem ser estabelecidas para garantir a manutenção dessas estradas, através de técnicas de readequação, além de serem focadas também na possibilidade de reduzir ao máximo os impactos ambientais com custo reduzido ao máximo. De tal forma, possibilita aos usuários da via o mínimo de infraestrutura, permitindo com que a região obtenha melhorias e maior qualidade de vida para a população.

Conforme a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2008), boa parte das estradas nacionais não são pavimentadas, cerca de 80% de toda malha viária, o que totaliza 1.367.601 delas, dos quais 1.236.128 quilômetros são de inteira responsabilidade municipal. Dessa forma, facilitando o escoamento da produção agrícola e o acesso a serviços essenciais para a população ao entorno.

Eaton et. al. (1987) relaciona cinco fatores principais que pode afetar a qualidade de uma estrada de terra, pondo em risco sua serventia, são eles carga do tráfego; qualidade mecânica do subleito; práticas construtivas de uso do solo; ação d'água; e programa de manutenção utilizado para a via.

O sistema de drenagem é o fator que irá garantir a manutenção das estradas não pavimentadas, visto que quando o sistema de drenagem é ineficaz, fazendo com que qualquer esforço para a readequação tenha resultados insignificantes (MOREIRA, 2018).

Gráfico 1 Rede Rodoviária Nacional por Tipo de Superfície (Fonte: SNV 2013)



Fonte: Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais (2013).

É notório que quando as intervenções feitas para a melhoria destas estradas são de caráter provisório, sem aplicação de técnicas corretas e adequadas no local, pouco tempo após essa intervenção, a situação se assemelha a anterior aos reparos, fazendo-se necessárias novas intervenções no local.

Observa-se, por tanto, que com o aumento da produção agrícola e conseqüentemente o aumento do número de veículos necessários para o escoamento da produção, além de todas as implicações já mencionadas que podem vir a ocorrer, é notável a importância do emprego de técnicas adequadas que possibilitem uma readequação, conservação e manutenção dessas estradas.

Os gráficos 1 e 2 e o quadro 1 apresentam alguns dados estatísticos obtidos por meio do Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais (2013).

A rede rodoviária nacional por tipo de Superfície e Porcentagem Extensão (km) são apresentados: Pavimentada 12,0% 202.988,10, não pavimentada 80,4% 1.358.913,70, planejada 7,6% 129.262,00, total 100,0% 1.691.163,80 segundo o Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais.

Gráfico 2 Rede Rodoviária Nacional não Pavimentada por Jurisdição (Fonte: SNV 2013)



Fonte: Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais (2013).

Quadro 1 Evolução da Malha Rodoviária Federal entre 1999 e 2013

Ano	Pavimentada (km)	Não Pavimentada (km)
1999	55.905	14.843
2000	56.097	14.522
2001	55.998	14.551
2002	57.211	13.575
2003	57.723	13.594
2004	57.933	14.777
2005	58.149	14.651
2006	58.152	14.857
2007	60.351	13.605
2008	60.304	13.636
2009	61.920	13.775
2010	62.351	13.844
2011	63.966	12.975
2012	64.921	12.541
2013	65.320	12.662

Fonte: Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais (2013).

A vantagem de se executar a recuperação de estradas não pavimentadas deve-se a implantação de práticas de conservação do solo e também da água. Sendo uma atividade certificada pela ABNT NBR 9001:2008 em projeto de planejamento, execução e controle de obras de readequação de estradas não pavimentadas, e visando sempre proteger o meio

ambiente, conservando ao máximo a água e o solo, e aumentando a recarga do lençol freático, sendo essas umas das principais características da perenização, além de possibilitar a infiltração de água no solo e garantir condições ideais do uso da estrada, melhorando as condições de suporte e rolamento da via.

Assim sendo, o trecho de aproximadamente 5 quilômetros de uma estrada vicinal (não pavimentada) que liga o município de Caratinga ao município de Piedade de Caratinga MG, sofre com problemas relacionados à superfície de rolamento da pista e capacidade de drenagem natural em épocas de grande volume de chuvas, principalmente. Neste trabalho, é realizada uma pesquisa quantitativa e qualitativa, experimental e de cunho exploratório. Por meio das análises visuais técnicas, dados geológicos e geotécnicos, acredita-se que a metodologia aplicada nesta pesquisa pode contribuir com a melhoria de trafegabilidade do trecho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor medidas de perenização para um trecho de estrada não pavimentada intermunicipal que liga Caratinga-Mg a Piedade de Caratinga-Mg, com início próximo à pedreira São Geraldo até chegar à BR 474, totalizando aproximadamente cinco quilômetros, de forma a melhorar a superfície de rolamento e o sistema de drenagem natural.

2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar através de documentos e imagens, a situação atual do trecho de 5 km da estrada intermunicipal que liga Caratinga-Mg a Piedade de Caratinga-Mg, com início próximo à pedreira São Geraldo até chegar à BR 474, que será objeto de estudo;
- Caracterizar o tipo de solo predominante, a superfície de rolamento e o sistema de drenagem natural atuantes no trecho da estrada não pavimentada, de forma a obter o melhor método de readequação do local;
- Determinar os principais índices físicos dos solos;
- Determinar a Consistência do solo;
- Realizar a classificação do solo segundo a Classificação Unificada dos Solos (SUCS);
- Determinar a umidade ótima de compactação;

2.3 Estruturação do Trabalho

A estrutura do trabalho aqui descrito segue a ordem: primeiro a parte introdutória, com descrição do tema, contextualização, objetivos e estrutura do trabalho; em segundo ponto a revisão bibliográfica, que dá o embasamento teórico para a pesquisa; a metodologia com a descrição dos métodos que foram utilizados e por fim a pesquisa de levantamento de dados e posteriormente as considerações finais e referências bibliográficas utilizadas.

CAPÍTULO 2

**ANÁLISE PARCIAL DE UM TRECHO DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADA NO
MUNICÍPIO DE CARATINGA-MG E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO BÁSICA**

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A patologia mais comum em estradas não pavimentadas advém de três principais causas, falta de capacidade de suporte do subleito, mau desempenho da superfície de rolamento e deficiência do sistema de drenagem, espera-se encontrar alguns defeitos nesse tipo de estrada, como rolamento muito estreito, curvas muito acentuadas, erosões, alagamentos, dentre outros, que tornam difícil o tráfego de pessoas e veículos (TAVARES, 2018).

Sendo assim, com o projeto de perenização do trecho de estrada não pavimentado a ser estudado, acredita-se que seja possível combater esses problemas e melhorar a estrada através de melhoria das condições de tráfego, de forma a evitar a perda de capacidade de suporte em estações chuvosas, e facilitar a circulação dos moradores e ao escoamento da produção agrícola local. (NUNES, 2003).

Acredita-se que com a realização do projeto no trecho a ser estudado, através de execução de atividades de baixo custo, propiciem condições mais favoráveis aos usuários, sem recorrer a intervenções mais profundas como mudanças substanciais no traçado ou greide, implantação de pavimentos nobres ou sistemas de drenagem completos. (CASARIN, 2008)

Segundo Eaton et al. (1988) as estradas não-pavimentadas conhecidas também com estradas vicinais de terra ou estradas rurais são as desprovidas de qualquer tipo de revestimento na sua superfície, seja de concreto ou asfalto, podendo em algumas vias ser encontrado revestimento granular.

O Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER nos orienta e indica em suas normas classificações para as estradas mediante alguns critérios técnicos que as agrupa em subsistemas providos do tipo de serviço e a função que oferecem.

Têm-se então as estradas coletoras, locais e arteriais, sendo que as estradas coletoras são destinadas a atender o tráfego intermunicipal, sem levar em consideração o volume do tráfego, são comuns velocidades mais reduzidas e as distâncias das viagens são menores que nas rodovias arteriais, sendo essas encarregadas de ligar municípios, estados e países mais próximos, onde se encontra grande volume de tráfego e com nível de alta mobilidade. Já as estradas locais são principalmente destinadas a garantir o tráfego inframunicipal, pois apresentam pequena extensão, atendendo pequenas localidades e áreas rurais

Segundo Ferreira (2007), a definição do traçado de uma estrada deve atender aos objetivos previamente convencionados, geralmente esses objetivos são de caráter social (com a expectativa de atender as angústias da população assim como as suas necessidades), econômico (visando o transporte de cargas e o escoamento de produtos) ou integrador, este último objetivo possui a intenção de unir parcelas remotas do território nacional, garantindo assim o acesso de populações de áreas rurais a serviços essenciais como trabalho, saúde, educação e lazer.

Ferreira (2008) também afirma que para não aja desequilíbrio no sistema os cuidados na escolha do local de implantação das estradas vicinais são muito importantes, evitando grandes problemas de estabilidade de encostas e de mudanças no regime hídrico. Essas vias devem ser desenvolvidas visando à melhor integração ambiental possível diminuindo, portanto, os efeitos de desequilíbrio ambiental respeitando as características do ambiente, e ajustando as características geométricas da via à capacidade de suporte do meio em que a estrada vicinal será incluída.

Guedes (2018) completa dizendo que através do conhecimento das características técnicas de uma estrada e analisando juntamente seus defeitos, pode contribuir para uma manutenção correta possibilitando assim obter melhorias no desenvolvimento social e econômico da região.

Os defeitos mais comuns em estradas rurais/vicinais são pistas de rolamento estreitas, curvas acentuadas, erosão, alagamentos, falta de sinalização entre outras, dificultando o tráfego de veículos e pessoas. Considerando isso, podemos citar o aumento de custos e o tempo de transporte, dificuldade de escoamento e perda de parte da produção agrícola, dificuldades de acesso aos mercados e aos serviços essenciais, desestímulo às atividades produtivas, isolamento econômico e social fazendo com que agricultores abandonem a região, em busca de localidades de melhor acesso (MATOS et al, 2018)

A manutenção dessas estradas deve ser realizada de forma adequada e freqüente para reduzir os custos de reconstrução em longo prazo. Segundo ele, a manutenção periódica deve incluir, entre outros serviços, uma configuração da pista de rolamento, recomposição de pequenas seções onde o aja deficiência no revestimento, manutenção das obras de drenagem, a inclusão de dispositivos de proteção às saídas de drenagem e ainda a recomposição de áreas degradadas através da adoção de técnicas de proteção vegetal (FILHO, 2018).

Nessa circunstância, devem ser conhecidas as características técnicas adequadas de uma estrada não pavimentada, buscando a adaptação da região estudada, para que possa ser implantada uma readequação correta da mesma, pois as manutenções que são realizadas como de costume, em situações precárias sem apoio técnico e financeiro e sem nenhum planejamento.

3.1 Características técnicas

As duas características técnicas essenciais de uma estrada não pavimentada são a capacidade de suporte, que deve ser equivalente ao tráfego do trecho, e as condições de rolamento e aderência, que devem ser adequadas ao conforto do usuário e sua segurança, garantindo assim uma condição de tráfego satisfatória (ARRIVABENI et al., 2018).

Uma boa estrada não pavimentada segundo Techio (2009) deve possuir largura na superfície de rolamento para acomodar o tráfego da região; resistência suficiente para suportar as cargas atuantes sem que ocorram deformações em excesso, e um sistema de drenagem de boa qualidade para evitando que a ação erosiva da água danifique o subleito provocando problemas a superfície de rolamento.

3.1.1 Condições de rolamento e aderência

A aderência e as condições de rolamento de uma estrada não pavimentada estão relacionadas com a normalização da pista. Em relação ao rolamento, os defeitos mais comuns são os buracos, ondulações e pedras soltas, os quais causam desconforto e diminuem a segurança dos usuários. Em relação à aderência, as irregularidades encontradas estão ligadas ao atrito entre os pneus dos veículos e a pista, ocasionada pelos materiais granulares soltos sobre a via e o uso de materiais muito finos na camada de revestimento deixando a mesma escorregadia (MARTIN, 2018)

A solução para esses problemas, seria a mistura perfeita de materiais granulares com um material ligante (argila) que reúna esses grãos, seguida de uma compactação adequada ao local (CADORA, 2018).

Entretanto, segundo Júnior (2016) para se obter boas condições de rolamento e aderência, deve-se utilizar material granular e material argiloso, e executando de maneira correta a mistura e compactação.

3.1.2 Capacidade de suporte

A capacidade de suporte de uma estrada está condicionada a deformação da mesma pelas solicitações do tráfego. Os problemas providos da falta de capacidade de suporte são provocados pelas deficiências técnicas localizadas no subleito (terreno natural sobre o qual está implantada a estrada), na camada de reforço (melhoramento do subleito), ou em ambas. (QUARIGUASI, 2018)

O funcionamento mecânico de uma estrada quando aplicada carga vertical constante deve ser perfeita, de modo a evitar afundamentos importantes. É muito importante que o material granular apresente um índice de forma adequada para garantir baixa degradação, grande dureza e forma angular a fim de resistir às cargas aplicadas. Para determinar a capacidade de suporte de um material é realizada a partir do ensaio CBR (Califórnia Bearing Ratio), também conhecido como Índice de Suporte Califórnia (ISC) (RAMOS e SILVA, 2018).

A solução para o problema em questão está em haver compactação adequada no momento da execução e no uso de matérias granulares, como a areia, cascalho e brita (JUNIOR, 2016).

3.1.3 Sistemas de drenagem

Um sistema de drenagem é composto por um conjunto de mecanismos cujo objetivo é direcionar o escoamento das águas superficiais para fora do corpo da estrada (MARTIN, 2018).

Segundo DER/SP (2012), Departamento de Estradas de Rodagem a água acelera a destruição dos pavimentos e os taludes laterais de uma via. Um dos principais e mais importantes itens para a manutenção de uma via é uma drenagem adequada, permitindo que a

via atue em condições apropriadas durante sua utilização. Os maiores danos e os mais ocorrentes são causados pela drenagem inadequada durante as estações chuvosas.

Fattori (2007) relata que o acúmulo de água no corpo da estrada, pode danificar a superfície de rolamento, comprometendo o conforto e a segurança dos usuários da via.

De acordo DEMARCHI (2003 apud CASARIN, 2008) as estradas causam grandes influências nos padrões de drenagem naturais, essa influência provoca o desequilíbrio do sistema assim promovendo pontos de concentração de água. Devido ao grau de compactação da superfície de rolamento da via a água tem capacidade limitada de infiltração, aumentando, portanto, o volume de escoamento superficial. DEMARCHI também afirma que os municípios devem elaborar um bom sistema de drenagem adaptados a caminhos rurais, sendo que esta questão necessita de cuidados na fase de projeto, levando em conta fatores como o clima da região, topografia, geológicos e característica do solo, sendo que essas medidas iram ocasionar na diminuição da impressionabilidade à erosão.

Para um correto dimensionamento e realização de um sistema de drenagem eficaz, Baesso e Gonçalves (2003) afirmam que devem ser considerados fatores topográficos climáticos, e geológicos, que tendem a variar de acordo com a região. Segundo os mesmos, alguns princípios básicos a serem adotados e que favorecem para que a drenagem de fato seja eficiente em estradas não pavimentadas são:

- Sempre que possível, desenvolver traçados próximos aos divisores de água;
- Remover toda a água da pista sem prejudicar a estrada ou sua estrutura;
- Reduzir a velocidade da água, e a distância por ela percorrida;
- Adotar, sempre que possíveis plataformas as quais larguras e altura dos cortes e aterros, produzam um mínimo de perturbações;
- Evitar a implantação das estradas em regiões instáveis, instáveis ou com fortes rampas;
- Preservar ao máximo a vegetação natural dos cortes e aterros ao longo da estrada.

Dentro dos sistemas de drenagem, podem ser classificados como dispositivos de drenagem superficial e dispositivos de drenagem profunda/subterrânea.

A drenagem superficial provém de num conjunto de dispositivos produzidos junto à estrada, com a finalidade de garantir o escoamento das águas das chuvas que caem sobre a pista e seus arredores. São compostos por bueiros, caixas de retenção, sarjetas, valetas de

proteção, valas de escoamento, bigodes, caixas coletoras, dissipadores de energia e murundu (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Porém a drenagem profunda tem como principal objetivo a obtenção de uma fundação seca para as estradas, visando o dessecamento dos aterros ou da camada superior do fundo dos cortes e o rebaixamento do lençol freático. Para isso, são utilizadas valas ou camadas preenchidas por um ou mais materiais, para permeabilidade ser bem maior que a do material a drenar, cuja função é receber as águas da superfície que se infiltram no pavimento e transportá-las para fora da plataforma da estrada (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

De acordo com o IPT (1985), uma estrada vicinal sem um sistema de drenagem eficiente terá, ao longo do tempo, a sua deterioração total, por melhores que sejam as condições técnicas da pista. O IPT também afirma que normalmente uma estrada atua na interrupção de águas pluviais de superfície, sendo assim além da água recebida em seu próprio leito as estradas recebem o escoamento de áreas adjacentes, considerando a grande influência negativa que a água possui sobre o corpo da estrada, fica claro que obras de drenagem adequadas são um caráter essencial e indispensável.

3.2 Materiais utilizados

Para recuperação e conservação de estradas não pavimentadas, materiais naturais de construção são utilizados, esses são geralmente encontrados em jazidas próximas ao local das obras. A abundância ou escassez destes materiais depende exclusivamente das características geológicas e pedológicas da região (MATIN et al, 2018).

Segundo Fattori (2007), os materiais a serem aplicados na construção ou manutenção de estradas que apresentem um baixo fluxo de tráfego e não são provido revestimento de concreto de cimento Portland ou mistura asfáltica, devem ser transportados desde jazidas próximas, por tanto reduzindo a distância de transporte e custos com materiais.

Esses materiais são encontrados de forma diferentes na natureza, misturados em porcentagens e granulometrias diferentes, tendo-se saibros, areias, argila, pedregulhos e cascalhos, entre outros (MATIN et al, 2018).

3.2.1 Areia

Para Fattori (2007), a origem de quartzo das areias constitui um grupo de materiais granulares grossos, e o comportamento deste material varia de acordo com a porcentagem de água que envolve os grãos. A areia não apresenta coesão, por isso sua resistência e deformação dependem somente das condições em que ela se encontra na natureza e do atrito entre as partículas que a constituem.

A areia é um material granular formado por grãos com diâmetros entre 0,05 mm a 4,8 mm, apresentando grãos claros com partículas são visíveis. Uma característica dentre outras que ela possui é, que quando ela seca seus grãos ficam soltos. Os solos arenosos podem ser encontrados em duas formas: no leito de rios, conhecidos como areias de rio, e em camadas na superfície de terreno, as conhecidas areias de barranco, as quais são geralmente de cores amarelas ou avermelhadas (BARREIRAS et al, 2018).

A areia, de acordo com a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas é um mineral particulado com diâmetros que variam entre 0,06 mm a 2,0 mm. As areias são provenientes de rios, de cava ou de britagem. Este agregado pode ser retirado dos leitos dos rios por meio de sucção. A água é bombeada e podem ser encontradas 5 a 10% de areia por volume de água. As areias de cava são obtidas por meio de desmonte hidráulico de depósitos aluvionares, retirados de fundos de vales (BRAGA et al., 2018).

Pode-se definir a areia como “material granular, sem forma e volume definido, geralmente inerte, com dimensões, características e propriedades adequadas ao uso da engenharia civil” (SANTOS et al., 2018).

A areia natural é um agregado miúdo que é composto por um misto de partículas, podendo ser fina, média e grossa. Os problemas ambientais causados pela extração da areia são diversos: com a agressão à calha natural do leito do rio acarreta erosão nas margens, e com o aumento da vazão há uma mudança no ciclo hidrológico prejudicando os lençóis de água subterrâneos.

Esses efeitos ainda causam a destruição das áreas de várzea, acarretando prejuízos à fauna e flora, desde perda de vegetação até a destruição de locais de procriação de diversas espécies de mamíferos de pequeno porte. Existem casos ainda mais graves onde as margens estão completamente depredadas e destruição total da mata ciliar (SILVA et al, 2019).

O processo de extração da areia pode ser realizado de duas maneiras: manualmente ou por meio de maquinário. Quando realizado manualmente é feito em pequenas proporções, causando menor dano ambiental, mas quando realizado de forma mecânica, traz prejuízos ao leito do rio e à sua margem.

Muitas restrições ambientais sobre a exploração da areia em várias regiões do país e o alto custo do produto têm dificultado se conseguir uma areia de qualidade alta. Por isso, se têm buscado soluções alternativas para resolver a questão. Como solução para a redução dos problemas encontrados vem surgindo a utilização de areia artificial, provenientes de britagem de rochas. Além da resolução de um problema ambiental, ainda é possível promover a economia na construção civil.

3.2.2 Argila

Segundo Nazareth e Rodrigues (2014), a argila é um material composto de partículas muito finas de cor variada apresentando granulometria das partículas menor a 0,002 mm. E podem apresentar cores como, marrom amarelo, vermelha ou quase preta dependendo da sua origem. A argila é um material que com características ligantes quando são utilizadas em conjunto com materiais granulares, ou seja, existe um aumento da aderência na mistura.

As argilas como o silte, são essenciais para as estradas rurais de terra devido as suas características ligantes. Por outro lado, o silte é um material muito semelhante à argila e seus grãos também são muito finos, no entanto, seu desempenho é inferior durante sua caracterização, podendo culminar em problemas de baixa capacidade de suporte. O silte ao contrário da argila apresenta dificuldade ao ser moldado quando ele se encontra úmido, apresenta baixa resistência quando seco, sendo a granulometria das partículas assimiladas entre 0,002 a 0,05 mm (PINTO, 2008).

3.2.3 Cascalhos e pedregulhos

Os cascalhos e pedregulhos segundo Nazareth e Rodrigues (2014), são partículas granulares com diâmetros acima de 4,8 mm. Geralmente são encontrados nos leitos dos rios em cascalheiras.

Os cascalhos e pedregulhos são materiais muito resistentes que apresentam uma granulometria de forma arredondada e variadas. O volume da jazida de cascalho é proporcional ao tamanho do rio no qual está ligada. Esses materiais também são encontrados em terraços aluvionares e em linhas de seixo que formam jazidas, classificados como ou pedregulhos de cava e cascalheiras (PINTO, 2008; FRANCO et al., 2012)

3.3 Patologias Frequentes

As principais patologias encontradas em estradas não pavimentadas segundo o IPT (1985) podem ser encaixadas em três causas, a falta de capacidade de suporte do subleito, desempenho negativo da superfície de rolamento e sistema de drenagem falho.

A seguir, o IPT (1985) elenca os problemas mais comuns ligados a essas causas são:

- Excesso de pó e causado grande quantidade de material fino na superfície da estrada, que em épocas de seca formam nuvens de poeira colocando em risco a segurança do tráfego.
- Areões de espigão ocorre frequentemente em áreas de solos arenosos, onde a parcela de argila é muito pequena ou inexistente. São formados pela ação do tráfego e da lavagem do material em estações de chuvosa, porém em épocas de seca a superfície fica coberta por uma camada arenosa colocando em risco a continuidade do tráfego.
- Areões de baixada ocorrem também em regiões de solo arenoso, esse efeito é promovido pelo carregamento de resíduos dos altos adjacentes pela água e que são depositados nas regiões de baixada.
- Ondulações, atoleiros que são causados devido à ausência de sistema de drenagem adequado e falta de capacidade de suporte do subleito.
- Rochas aflorantes são incidentes onde a camada de solo é pouco consistente ou existem quantidades elevadas de blocos dispersos no solo, também podendo se agravar pelos processos erosivos.
- Pista escorregadia é formada por trechos com alto índice de argila quando submetidos a uma umidade elevada provocando a perda de aderência e atrito, podendo ameaçar ou até mesmo impossibilitar o tráfego especialmente em rampas.
- “Costelas de vaca” surgem principalmente onde o leito foi “encascalhado” com material granular sem a utilização de ligante, devido a todo uso da via esse material é

acumulado em formas onduladas transversais, assim causando desconforto aos usuários.

- Segregação lateral é o resultado onde o material granular depositado na superfície é arremessado para as laterais da via.
- Buracos são manifestações que apontam drenagem irregular no trecho, esses buracos são formados pela a expulsão de partículas sólidas através da passagem do transito sobre poças de água existente na via.
- Pistas derrapantes acontecem em locais onde o “encascalhamento” foi executado sem os devidos cuidados com materiais granulares de qualquer dimensão e sem ligante, podendo ocorrer esse resultado também em áreas onde o leito e formado por pequenas rochas ou material granular.
- Erosões são os principais e mais sérios problemas encontrados em estradas não pavimentadas, esse efeito é decorrente da inexistência ou deficiência do sistema drenagem.

4 MATERIAIS E METODOS

A pesquisa descrita neste trabalho buscou avaliar de forma geotécnica básica e alguns atributos da qualidade da estrada como a drenagem e qualidade da plataforma do trecho de uma estrada vicinal não pavimentada intermunicipal que liga Caratinga-Mg a Piedade de Caratinga-Mg, com início próximo à pedreira São Geraldo até chegar à BR 474.

Sabendo a estrada pertence uma Área de Preservação Especial (APE), a pesquisa teve como objetivo avaliar e apresentar soluções viáveis e adequadas aos possíveis problemas identificados no local de estudo, tratando-se, portanto, de um projeto de caráter exploratório e limita-se as questões ambientais.

4.1 Tipos de Pesquisa

Como método de pesquisa utilizou-se o qualitativo, com fins de levantamento de dados sobre o assunto. Inicialmente foi realizada uma revisão de literatura, e posteriormente, uma coleta de dados no campo de estudo para análise.

A classificação da pesquisa quanto aos meios será feita através de métodos de coletas de amostras, tipos de ensaios de caracterização, revisão bibliográfica e estudo de caso.

Inicialmente foi identificado e elencado as principais deficiências da via, como o sistema de drenagem falho, superfície de rolamento, barrancos, largura da pista, dentre outros meios de caracterização. Assim as possíveis soluções poderão ser avaliadas quanto à disponibilidade tecnológicas e de matérias, levando em consideração que o trecho estudado passará por um processo de perenização, garantindo mais acessibilidade e qualidade de vida aos usuários da via em questão.

Foram avaliadas as condições de rolamento da via e sua influência no sistema, as condições do sistema de drenagem natural existente no local, o quanto esta influência nas deficiências da via como escoamento inadequado, considerando que de fato esse pode ser na maioria das vezes o principal e mais grave obstáculo a ser superado quando se trata de estradas vicinais/rurais.

A identificação da via se dará através de inspeção visual devido à ação natural que ocorre em diferentes épocas do ano. Para avaliar a superfície de rolagem desse trecho serão observados os defeitos existentes, que podem causar irregularidades na via.

Para as imagens do local foi utilizada a ferramenta via satélite do *Google Maps*, afim de expor as características locais e ao entorno da via não pavimentada.

Para a caracterização do solo predominante e características técnicas da via, foram realizados ensaios com o intuito de estimar o provável comportamento do solo, ou pelo menos, orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise do problema. Levando em consideração os dois sistemas mais empregados universalmente, o Sistema Rodoviário de Classificação e o Sistema unificado de Classificação dos Solos (SUCS).

Em paralelo a todo o processo, conta-se com o auxílio das normas específicas de terraplenagem. São elas:

- ABNT NBR 6.484 – Solos-Sondagem;
- ABNT NBR 6.497 – Levantamento Geotécnico;
- ABNT NBR 11.682 – Estabilidade de Taludes;

Após análise dos dados coletados, foi apresentado um relatório técnico contendo as medidas e projeto de perenização adequado, elaborados com objetivo de propor melhorias às condições do trecho estudado.

4.2 Preparações das amostras

Para a realização dos ensaios foi utilizado uma amostra composta de 8 sub-pontos de Latossolo argilosos retiradas de trecho da estrada estudada.

A preparação do solo começou com o peneiramento de toda a amostra, passando pela peneira de 4,8mm, descartando o solo retido na peneira como pede a NBR 7182/1984. Através de uma análise tátil-visual do solo, foi detectado que a umidade natural estava bem próxima da umidade ótima, e como a NBR 6457/1984 orienta utilizar a amostra com uma umidade de 5% abaixo ou 3% acima da umidade ótima, foram acrescentados ao solo 3% de água para que assim a umidade da amostra fique entre estes dois valores recomendados pela norma.

A mistura foi feita em uma bandeja metálica com as próprias mãos até obter um solo homogeneizado.

4.3 Análises morfológicas

Já para o estudo morfológico a cor do solo foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro De Classificação Do Solo (SIBCS). O restante das características foi obtido acordo com o Manual de Técnico de Pedologia divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4.4 Determinações da umidade do solo

O teor de umidade do solo foi determinado pelo método da estufa (Este método é o mais preciso para determinação da umidade do solo). Foram recolhidas três amostras de solo propriamente destorroadas em estado natural. Inicialmente foram pesadas as cápsulas metálicas na balança de precisão. Em seguida foi adicionado solo „úmido” em todas as cápsulas, pesando-as novamente após a adição de solo. Após isso, as amostras foram para a estufa onde permaneceram por 24 horas a uma temperatura entre 105° e 110° graus, que é a temperatura indicada para a secagem de solos não orgânicos

4.5 Caracterizações geotécnicas

A amostra de solo retirada da construção da pavimentação foi encaminhada para um laboratório de análise de solos no qual foram realizados os ensaios geotécnicos. Os seguintes procedimentos e ensaios foram realizados:

- Preparação da amostra (ABNT NBR 6457, 1984): secagem e homogeneização do solo;
- Teor de umidade do solo (ABNT NBR 6457, 1984): secagem e pesagem da amostra úmida e da amostra seca;
- Granulometria (ABNT NBR 7181, 1984): peneiramento do solo;

- Limite de consistência (ABNT NBR 6459, 1984; ABNT NBR 7180, 1984): limites de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP);

O solo será classificado de acordo com a SUCS (*Sistema Unificado de Classificação de Solos*), que permite a classificação sistemática da amostra. Criado pelo engenheiro Arthur Casagrande, os tipos de solos são representados pelo conjunto de duas letras, onde, a primeira letra indica o tipo principal e a segunda à descrição complementar.

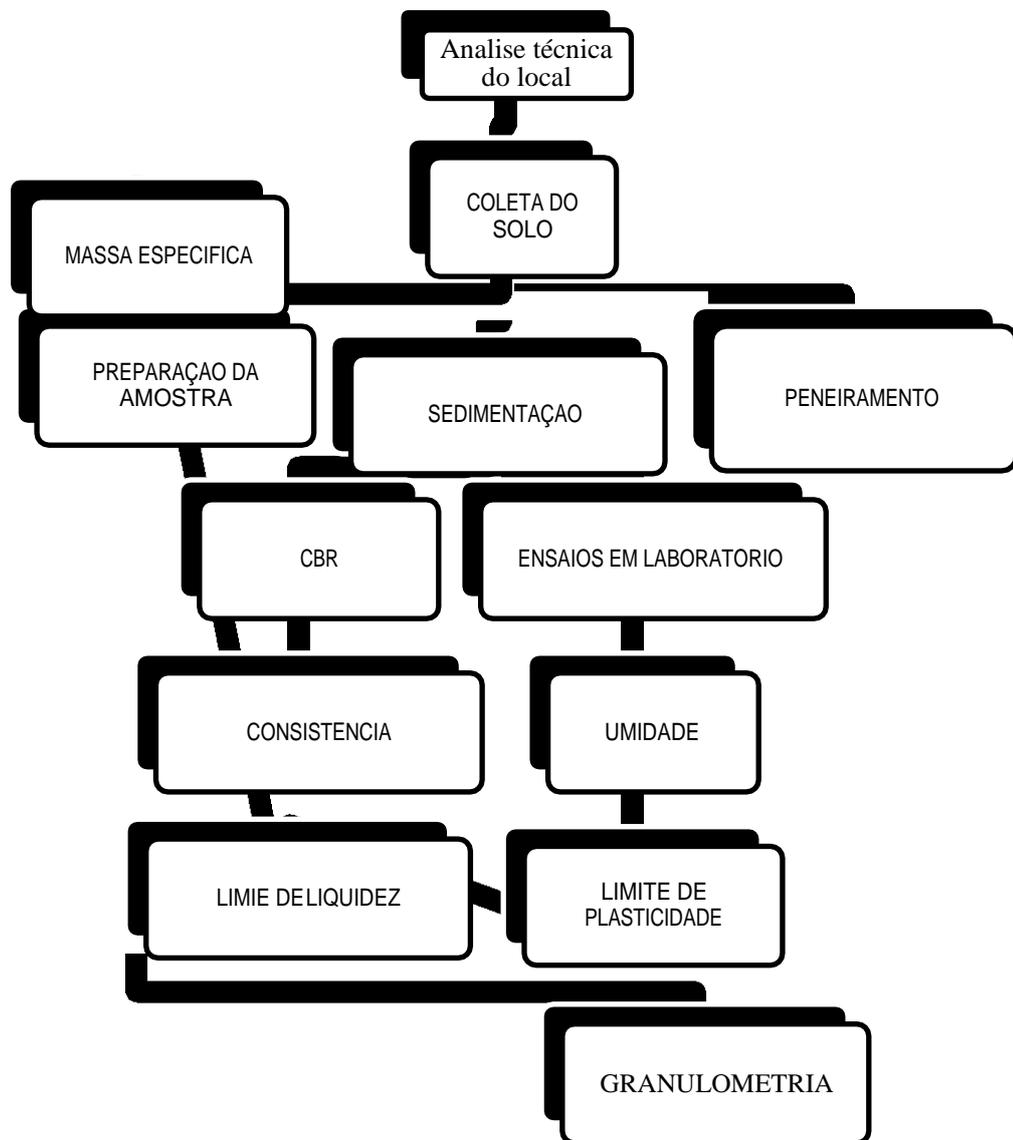
Nesta classificação os solos são distribuídos em 5 grupos: pedregulhos (G), areias (S), siltes (M), argilas (C), e solos orgânicos (O). Cada grupo é então subdividido em subgrupos, tais como, bem graduado (W), mal graduado (P), alta compressibilidade (H), baixa compressibilidade (L) e turfas (Pt), de acordo com seus índices mais significativos.

Se o solo, ao passar pela peneira de número 200 apresentar mais de 50% do seu peso retido será considerado de granulação grosseira (G ou S). Caso contrário, será considerado de granulação fina (M, C ou O). Se o solo (grosso) contém 5% a 12% de finos, deverá ser representado por símbolo duplo: primeiro o do solo grosso (GW, GP, SW, SP), seguido pelo que descreve a fração fina.

4.6 Compactação

O ensaio de compactação foi realizado seguindo as exigências da NBR 7182/1986. O cilindro utilizado foi o pequeno (Proctor). A tabela com as propriedades da compactação e os resultados obtidos podem ser visualizados no anexo.

O esquema 1 apresenta a metodologia de forma didática.

Esquema 1 Esquema didático da metodologia utilizada

Fonte: autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões apresentam os dados obtidos pelas análises visuais técnicas e por meio de um questionário aplicado, além das análises dos solos principais.

Figura 1 Plataforma sem abaulamento e sistemas de drenagem obstruídos



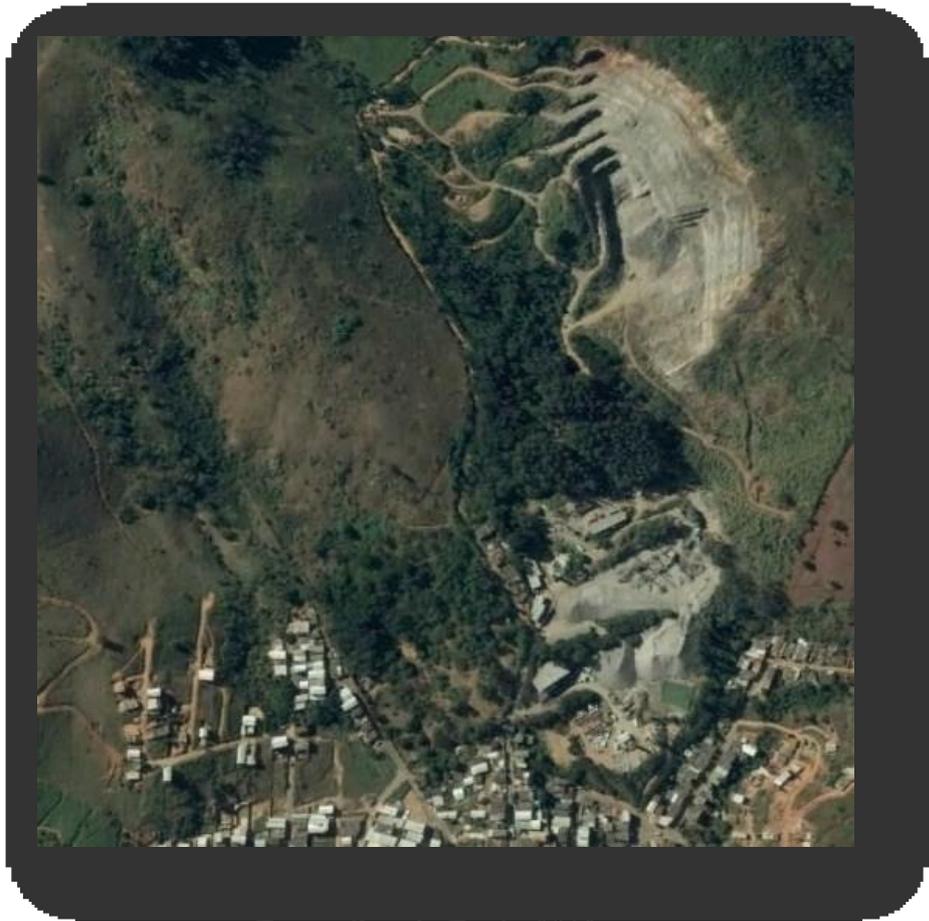
Fonte: Autor

Figura 2 Plataforma sem sistemas de drenagem e abaulamento.



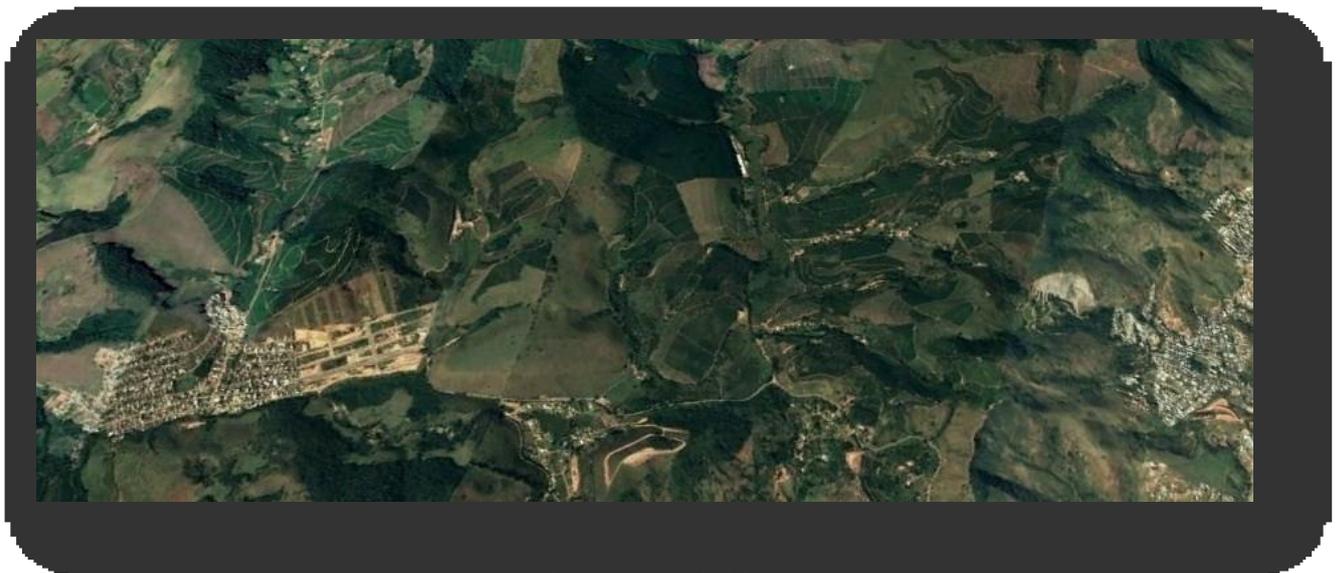
Fonte: Autor

Figura 3 Imagem ampla da área do trecho em estudo



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 4 Imagem ampla da área do trecho em estudo.



Fonte: Google Earth 2019.

Como pode se observar nas figuras 1 e 2, a plataforma do trecho estudado não possui um abaulamento transversal que desvia a água da estrada para as laterais nos sistemas de drenagem. Além disso, os sistemas de drenagem presentes estão obstruídos ou ausentes. É muito comum os assoreamentos das estradas pela ação das chuvas e ventos. Estes trazem os sedimentos não consolidados para as estradas formando “barro” e micro-regiões alagadas impossibilitando o tráfego.

Este trecho sem asfaltamento traz diversos problemas: no período de seca, muita poeira fina, que dificulta a visibilidade quando há trânsito de diversos veículos e que pode levar à derrapagem por não haver fixação da poeira no solo. No período de chuva é motivo de muita preocupação, pois há problemas de atolamento dos veículos e risco de derrapagem e acidentes.

Com vistas a isso, considera-se de suma importância a análise de parte desse trecho da para que pudesse ser elaborada uma proposta de perenização do referido trecho, a fim de que com base nessa proposta haja possibilidade de melhoria e redução dos riscos impostos aos motoristas.

Patologias frequentes de acordo com o IPT (1985), as principais patologias encontradas em estradas vicinais podem ser enquadradas em três causas, a falta de capacidade de suporte do subleito, o mau desempenho da superfície de rolamento e a deficiência do sistema de drenagem e os principais problemas ligados a essas causas são: Ondulações, rodeiros, atoleiros que ocorrem devido à falta de capacidade de suporte do subleito e ausência ou deficiência do sistema de drenagem.

Areões de espigão ocorrem frequentemente em regiões de solos arenosos, onde é muito pequena ou inexistente a parcela de argila. São formados pela ação do tráfego e da lavagem do material em épocas de chuva, porém em épocas de seca a plataforma fica coberta por uma camada de areia pondo em risco a continuidade do tráfego. Areões de baixada ocorrem também em regiões de solo arenoso, esse efeito é dado pelo carregamento de sedimentos dos altos adjacentes pela água e que se depositam nas regiões de baixada.

Excesso de pó tem como causa a abundância de material fino no leito da estrada, formando nuvens de poeira em épocas de seca colocando em risco a segurança do tráfego. Pista escorregadia é ocasionada por trechos muito argilosos quando submetidos a uma alta umidade gerando perda de aderência e de atrito, podendo até impossibilitar o tráfego principalmente em rampas.

Rochas aflorantes são incidentes em regiões onde a camada de solo é pouco espessa ou existem grandes quantidades de blocos disseminados no solo, esse efeito pode ser agravado também por processos erosivos.

“Costelas de vaca” surgem principalmente onde o leito foi “encascalhado” com material granular sem ligante, com a utilização da via o material é acumulado em ondulações transversais.

Pistas derrapantes surgem onde o “encascalhamento” foi realizado sem cuidados com materiais granulares de qualquer dimensão e sem ligante, esse efeito pode ocorrer também em regiões onde o leito é composto por material granular ou por pequenas rochas.

Segregação lateral é o efeito onde o material granular depositado sobre a superfície da plataforma é lançado pelo tráfego para as laterais da estrada. Inúmeros buracos são sintomas que indicam que o trecho está mal drenado, pois a formação desses buracos é dada pela expulsão de partículas sólidas pela passagem do tráfego sobre poças de água.

Erosões são os problemas mais sérios encontrados em estradas vicinais, esse efeito ocorre devido à inexistência ou deficiência do sistema drenante. O primeiro passo adotado foi à escolha e identificação do trecho a ser analisado. Posterior a isto, passou-se à avaliação do referido trecho, com preenchimento de um questionário baseado no trabalho desenvolvido por Nunes (2003) (Quadro 2):

Quadro 2 Questionário para avaliação desenvolvido por Nunes (2003).

ANÁLISE DE DEFEITOS E PATOLOGIAS
01. Seção Transversal Inadequada: Calha () Mista e Encaixada (x) Abaulada e encaixada () Severidade do Defeito: Baixa () Média (x) Alta ()
2. Ondulações/Corrugações Severidade do Defeito: Baixa () Média () Alta (x)
3. Poeira: Severidade do Defeito: Baixa () Média () Alta (x)
4. Buracos/Panelas Severidade do Defeito: Baixa () Média () Alta (x)
5. Afundamento das Trilhas de Roda Severidade do Defeito: Baixa (x) Média () Alta ()
6. Segregação dos Agregados Severidade do Defeito: Baixa () Média () Alta (x)
7. Areões Severidade do Defeito: Baixa (x) Média () Alta ()
8. Erosão Severidade do Defeito: Baixa () Média () Alta (x)
9. Atoleiro Severidade do Defeito: Baixa () Média () Alta (x)

Fonte: Nunes (2003)

Com relação ao sistema de drenagem, foi avaliado um trecho mais específico onde ocorre maior quantidade de ocorrências de problemas na qualidade da estrada. As maiores partes do sistema de drenagem estão obstruídos pela vegetação ou assoreados e comprometem o escoamento da água. Esta obstrução provoca erosões sobre as plataformas (pista) e a água empocha nas áreas planas.

Diversos tipos de buracos podem ser identificados e com severidades diferentes. Variando as profundidades de alguns centímetros até metros. O questionário aplicado, mesmo que assumindo de forma básica referentes a algumas questões, foi muito útil e permitiu ter um arquivo da qualidade do pavimento.

O sistema de drenagem comprometido principalmente no período chuvoso provoca a mistura da água e solo, fazendo surgir um material muito escorregadio, impedindo a passagem de veículos e pessoas. Diante disso, algumas pessoas ainda tentam passar pelo local, pelos mais diversos motivos, tornando-as mais susceptíveis a acidentes.

Pode-se encontrar no manual do DER (1987), três categorias para a manutenção de estradas vicinais:

Conservação de rotina: que tem o objetivo de manter todos os elementos da via, gerando o mínimo de alterações possíveis mantendo as mesmas características e condições de construção ou de recuperação; Conservação especial: visa melhorar as condições originais da via, através da execução sem interrupção do tráfego, de obras de pequeno vulto, complementando a construção inicial; Conservação emergencial: são os serviços destinados a re-estabilizar as condições de utilização em trechos que tenham tido o seu tráfego interrompido, devido a algum fator extraordinário (Nunes, 2003).

5.1 Serviços de readequação

Os serviços de readequação de estradas não pavimentadas abrangem a forma correta de construir, conservar e assegurar as boas condições das mesmas, garantindo assim o tráfego de passageiros e o escoamento da produção agrícola, especialmente em épocas chuvosas ou secas, além de reduzir os gastos com manutenção dessas estradas. A seguir são expostos alguns os principais serviços utilizados nas técnicas de readequação.

5.1.1 Revestimento primário

O revestimento primário é muito importante para a durabilidade e qualidade da estrada. Geralmente, realiza-se a mistura de materiais com partículas de tamanho diferentes. A mistura de partículas granulares de maiores diâmetro com partículas de diâmetros menores, as argilas. O processo basicamente é a mistura das partículas com a umidade correta de compactação proporcionando o melhor arranjo entre as partículas. Com relação à espessura das camadas do subleitos, geralmente observa-se a utilização da estrada, como úmero de veículos e volume, podendo variar entre 10 e 20 cm (GUEDES, 2018).

As argilas possuem característica de ligantes devido a sua estrutura química e física atua como ligante e regulariza a pista de rolamento, enquanto o material granular tem outra função a de aumentar o atrito da superfície com as rodas dos veículos (SOARES et al., 2018).

A recomposição do revestimento primário serve também para corrigir alguns defeitos da via, como as trilhas de roda, as erosões, buracos e perdas de declividade. Para Borges et.al. (2018), a mistura pode acontecer no local da aplicação, auxiliado por de grade de disco ou moto niveladora.

As etapas para a realização do revestimento primário, conforme Pinto et al., (2018) incluem a regularização e a compactação do subleito ou camada de reforço; escarificação do leito; lançamento do material e espalhamento; umedecimento ou secagem e por último a compactação.

5.1.2 Conformação da plataforma

Diversas patologias foram encontradas no trecho estudado. Devido aos sistemas de drenagem obstruídos e ausentes, fortalecem a presença de buracos, lamaçal, atoleiros, erosões e sulcos erosivos. A água. A falta de conformação da plataforma, ou seja, traçar um perfil transversal de acordo com a rodovia, que direcione a água de forma correta para os bueiros.

Para isso, deve ser feito corte de aterros de até 0,20m compensados lateralmente e abaulamento transversal. A regularização da pista de rolamento através de cortes e aterros de até 0,20m compensados lateralmente, no abaulamento transversal. Essa técnica tem o objetivo basicamente conseguir um perfil transversal apropriado para a rodovia, de modo a permitir a drenagem das águas da plataforma para as sarjetas VIEIRA (2019).

A ausência destes mecanismos avaliados estão atrapalhando o direcionamento da água para fora da pista. Foram identificados esta ausência e com isso as valetas laterais cobertas por vegetação. Este conjunto impede o movimento da água e sua drenagem.

5.1.3 Drenagem

Um dos objetivos principais do sistema de drenagem é controlar a ação da água sobre os pavimentos. O meio de isso ocorrer geralmente é deslocar a água que passa sobre a estrada e direcioná-la para as laterais das estradas.

Para diminuir a velocidade e a força da água, é indicado para os locais em que a declividade do pavimento segue de forma transversal do terreno, sejam feitos lombadas e bacias de contenção. Como o trecho em estudo possui muita água acumulada orientação a construção de bueiros para direcionar a água para o outro lado da estrada (CADORA, 2018).

A tabela 1 segundo Baesso e Gonçalves (2003) a definição de alguns mecanismos de drenagem.

Tabela 1 Alguns sistemas de drenagem.

Sarjeta	Mecanismos executados na lateral da via com o objetivo de coletar a água de escoamento superficial da pista e dos taludes e conduzi-la para um bueiro ou talvegue natural. É recomendado que elas sejam executadas juntamente às 23 operações de conformação da plataforma, com uma inclinação que acompanha o abaulamento da pista de rolamento.
Lombadas (murundum)	São elevações construídas ao longo da largura da pista de rolamento da estrada, com a finalidade de conduzir as águas procedentes das sarjetas e direcioná-las aos dispositivos como as bacias de retenção.
Bacia de retenção	Tem por objetivo receber as águas provenientes das lombadas e retê-la, impedindo assim que a mesma prossiga e cause erosão nas imediações. Esse dispositivo é formado basicamente por uma cava semicircular, escavada em formato de cunha, com diâmetro e profundidade variáveis em função das áreas de contribuição.
Bueiro	Dispositivo destinado a transportar a água de um lado via para outro ou permitir a passagem das águas coletadas pelas sarjetas. Geralmente são feitos por tubos de concreto simples ou armado. A altura de aterro entre seu topo e a plataforma de rolamento da via deve ser de no mínimo 1,5 vezes o seu diâmetro e a declividade deve estar entre 0,5 a 5%.

Fonte: Baesso e Gonçalves (2003)

5.2 Principais resultados obtidos para a análise dos solos

Uma das características que mais interferem no comportamento do solo é o teor de umidade que este apresenta, pois interfere diretamente em outras características físicas do solo, tais como o comportamento do solo quando este se torna plástico, o ponto em que ele deixa de ser plástico e se torna quebradiço e também, interfere no grau de compactação do solo.

A determinação do teor de umidade do solo estudado foi realizada através do método da estufa, onde se pesou uma amostra de solo em 3 cápsulas de metal e as levou para estufa onde permaneceram durante 24 horas.

Tabela 2 Teor de umidade do solo.

PESO SOLO ÚMIDO	PESO SOLO SECO	TEOR DE UMIDADE
106,5 g	94,32 g	12,91%
114,94 g	102,29 g	12,37%
114,64g	101,47 g	12,98%
MÉDIA DO TEOR DE UMIDADE		12,75%

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores.

Portanto, conforme apresentado na tabela 2, este solo possui aproximadamente (W_n)12,75% de umidade no seu estado natural. A tabela 2 foi baseada no livro “Curso básico de Mecânica dos Solos” do autor PINTO (2008). Ela mostra as principais características do comportamento das partículas do solo. Sendo a parte superior mostra as características granulométricas, e a parte inferior mostra os estados de consistência do solo. Pode ser percebido que para o tamanho das partículas do solo pode variar de 0,0005 mm até metros. Sendo as principais classificações argilas para as menores partículas e matacão para as maiores.

Esta medição é realizada por meios de peneiras específicas e para as partículas menores que 0,05 mm usa-se o método de sedimentação.

Tabela 3 .Parâmetros sobre granulometria e consistência do solo.

Fração		Limites definidos pela ABNT	
	Matacão		de 25cm a 1 m
	Pedra		de 7,6 cm a 25 cm
	Pedregulho		de 4,8 mm a 7,6 cm
	Areia grossa		de 2 mm a 4,8 mm
	Areia média		de 0,43 mm a 2 mm
	Areia fina		de 0,05 a 0,42
	Silte		de 0,005 a 0,42
	Argila		inferior a 0,005 mm
Estado		Limites	
Fonte:	Umidade	Líquido	LL = Limite de liquidez IP = Índice de plasticidade LP = Limite de plasticidade
		Plástico	
	Quebradiço		

Fonte: Livro Curso Básico de Mecânica dos Solos (2008) adaptado pelo autor

5.2.1 Análise granulométrica

Uma amostra do solo no qual serão feitos os ensaios laboratoriais é submetida a uma análise granulométrica para conhecer a distribuição do solo nas várias dimensões de grãos presentes na natureza. Através da realização deste ensaio é possível determinar uma curva granulométrica, cuja função é classificar o solo.

Realizou-se o ensaio segundo a norma NBR 7181/84 – Solo – Análise Granulométrica. A amostra foi seca na estufa durante 24 horas, destorroada com o auxílio do almofariz e dela retirou-se 1820,71 gramas de solo.

Iniciou-se o peneiramento grosso passando a amostra na peneira de 2,00 mm para a retirada da fração grossa do solo. Apenas 735,97 gramas da amostra passaram nesta peneira.

Prosseguiu-se o peneiramento colocando as peneiras em ordem decrescente de acordo com a abertura da malha, e por fim colocou-se o fundo. A amostra permaneceu no peneirador por 5 minutos. Os resultados estão apresentados na tabela 4:

Tabela 4 Distribuição granulométrica do solo.

Peneira	Abertura (mm)	Massa retida (g)	% Retida	% Acumulada	% Passante
1	1,2 mm	89,67 g	12,18%	12,18%	87,82%
2	0,6 mm	137,14 g	18,63%	30,81%	69,19%
3	0,42 mm	69,83 g	9,48%	40,29%	59,71%
4	0,25 mm	39,78 g	5,40%	45,69%	54,31%
5	0,15 mm	143,55 g	19,50%	65,19%	34,81%
6	0, 075 mm	123,96 g	16,84%	82,03%	17,97%
FUNDO		131,03 g	17,80%	100%	0,17%

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores.

5.2.2 Limites de Consistência (Liquidez LL)

Em relação aos dados obtidos nos ensaios dos Limites de Liquidez foram desenvolvidos cálculos para determinar o teor de umidade presente em cada ensaio realizado.

Este ensaio é regulamentado pela norma da ABNT NBR 6459/84 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez e para sua execução foi utilizado o Aparelho de Casagrande. Primeiramente foi retirada uma amostra de solo conforme a NBR 6457/86 da qual uma parte é destinada para determinar o limite de liquidez e outra para determinar o limite de plasticidade.

Posteriormente foi feito a homogeneização da amostra, foi acrescentado água a amostra misturando-a com auxílio de uma espátula, ate atingir uma consistência.

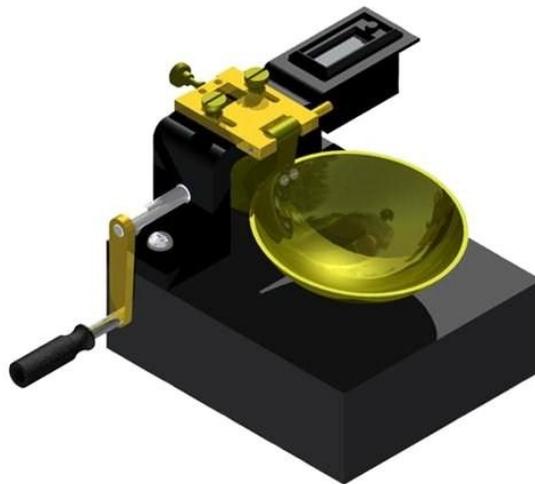
Posteriormente, foram feitos os ensaios dando golpes usando o aparelho de Casagrande contanto os golpes até o fechamento de um sulco feito na amostragem do solo.

Primeiramente foi tomada uma amostra de 200 g de solo conforme a NBR 6457/86 da qual 100 g é para determinação do limite de liquidez e 100g para o limite de plasticidade. A seguir procede-se à homogeneização da amostra. Após, esse procedimento a amostra homogeneizada foi colocada na concha do aparelho Casagrande e foi feito um corte na amostra com cerca de 1(um) centímetro de largura com a ajuda do pincel específico para solos argilosos de maneira que as duas partes de solo ficassem iguais.

Em seguida foram dados golpes regulares ate que os dois cortes se encontrassem novamente. Registrou-se o numero de golpes efetuados e retirou-se uma porção da amostra de solo que estava na concha para pesar e posteriormente determinar o teor de umidade.

A parte restante retornou a amostra inicial e foi adicionado um pouco de água e refeito todo o processo para determinar o segundo ponto. De acordo com a NBR 6459/84 é necessário no mínimo cinco (cinco) ensaio de Casagrande dentro de um intervalo de 15 a 35 golpes. A figura 3 apresenta o aparelho de Casa Grande.

Figura 4 Aparelho de Casa Grande

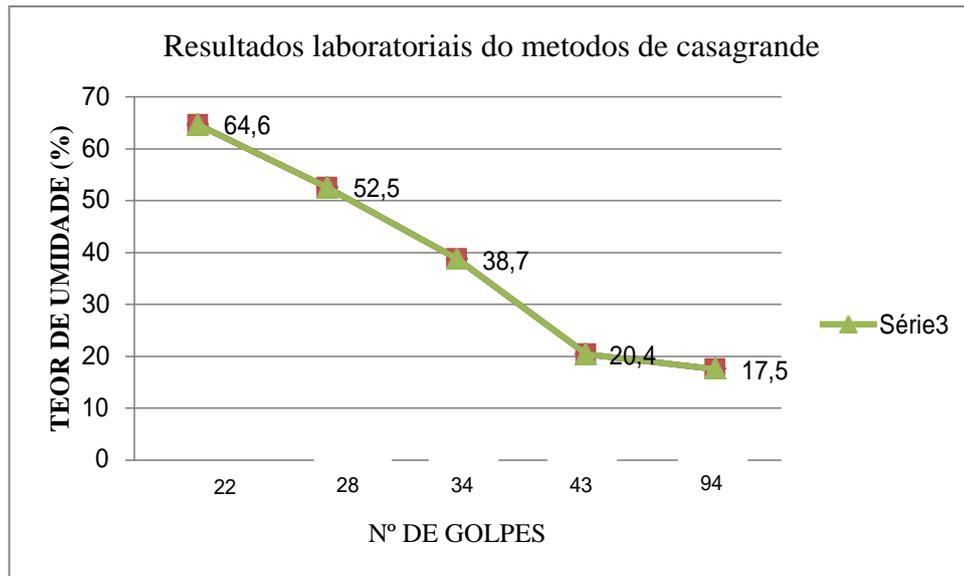


Fonte: Internet: Google, 2019.

Depois da massa homogeneizada, foi retirada uma porção de aproximadamente 10 gramas de solo e foi feito a confecção de um cilindro que atingiu aproximadamente o diâmetro de três mm. Logo após o molde é colocado na cápsula para encontrar o teor de

umidade, é necessário no mínimo três valores de umidade. O ensaio foi repetido até obter-se cinco teores de umidade, sendo limite de plasticidade, o resultado da média aritmética dos valores obtidos. O Gráfico 3 mostra o gráfico de Casa grande do ensaio realizado.

Gráfico 3 Índices em teor de umidade do método de Casa Grande ou Limite de Liquidez.



Fonte: Autor

Este método mostra a diferença significativa entre o teor de umidade do primeiro ensaio onde foi definido em 94 golpes até o último ensaio que foi definido em 22 golpes onde a amostra de solo coletada mudou-se do estado líquido para o estado plástico. Nos experimentos exercidos em laboratório revela o teor de umidade com que o solo fecha a determinada ranhura em impactos de 25 golpes ou menos no aparelho de “Casagrande”, onde foram feitas cinco tentativas com diferentes índices de umidade onde a ranhura do aparelho se fechou com diferentes números de golpes.

A consistência que o solo apresenta depois dos fechamentos de todas as ranhuras do aparelho e medida pelo número de golpes requeridos pela norma, onde sua resistência de cisalhamento será igual a sua umidade. Este ensaio classifica o quanto irá ser a consistência do solo coletado e assim irá estabelecer a variação com seu comportamento com a interferência do teor de umidade.

Ao todo é determinado Limite de Liquidez (LL) onde o teor de umidade equivale a 25 golpes, ou seja, o LL admissível nesse experimento é igual a 64,6% mais de acordo com os requerimentos das normas da ABNT arredondou esse valor para 65%.

5.2.3 Limites de Consistência (Plasticidade LP e índice de plasticidade IP)

Os dados obtidos nos ensaios de limite de plasticidade, da mesma forma do limite de liquidez, foram desenvolvidos cálculos onde se determinou o teor de umidade presente em cada ensaio realizado.

Após experimentos laboratoriais e experimentais chegou-se a um resultando onde ficam em evidencia o menor teor de umidade com o qual se consegue moldar um cilindro com 3 mm de diâmetro, rolando-se o solo com a palma da Mão

Neste ensaio pode se notar que a passagem de um estado para o outro ocorre de forma constante, com as diferenças de umidade encontrada no ensaio, e assim foi determinada a media de IP em relação aos teores de umidade encontrado.

A média dos ensaios que determinará o limite de plasticidade é dado pela media aritmética dos teores de umidade dividido pelo numero de ensaio para determinar o Índice de Plasticidade (IP) onde $(26,30+25,90+24,47+23,54 / 4 = 25,05)$

Como o resultado 23,54 se afasta um pouco da media aritmética superior a 5% usa-se o seguinte calculo: $23,54-25,05 / 25,05 = 6,02\%$ onde o resultado seria o Índice de plasticidade (IP), mas como o valor obtido é superior a 5% é desconsiderado e então se faz uma media com os três outros valores restantes $(26,30+25,90+24,47 / 3 = 25,55)$ onde o valor obtido é adotado como valor base, pois os três valores acima não têm uma diferença considerável. Segundo as recomendações da norma os valores obtidos em $(0,05 \times 25,55 = 1,27\%)$.

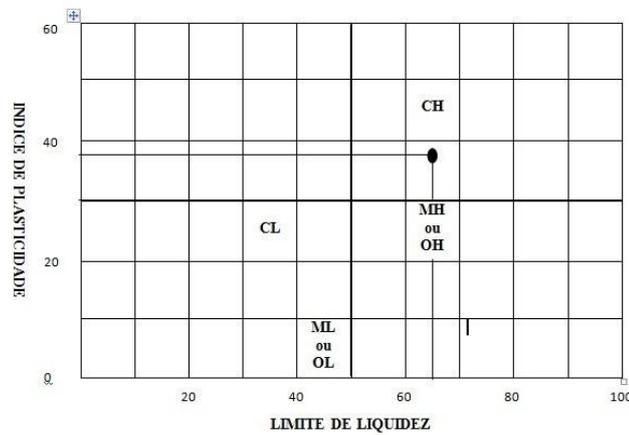
Por fim para determinar o Índice de plasticidade corresponde ao Limite de liquidez menos a media aritmética do limite de plasticidade, assim fica $(65-26 = 39\%)$, -IP = 39%.

5.2.4. Classificação Unificada dos Solos (SUCS) classificação morfológica

Para classificar o solo coletado basta fazer uma análise do índice de plasticidade (IP) e limite de liquidez (LL) na carta de plasticidade onde se conclui um “solo argiloso de alta compressibilidade (CH)”, de acordo com o gráfico 4 apresentando a carta de plasticidade e o quadro 3 apresentando a classificação segundo a Classificação Unificada dos Solos (SUCS).

De acordo com o sistema Brasileiro dos Classificação dos solos, o solo pertence ao grupo Latossolo Amarelo.

Gráfico 4 Carta de plasticidade para determinação do tipo do solo



Fonte: Autor

Quadro 3 Classificação Unificada dos Solos (SUCS).

% P #200 < 50	G > S : G	% P #200 < 5	GW CNU > 4 e 1 < CC < 3
			GP CNU < 4 ou 1 > CC > 3
		% P #200 > 12	GC / GM
	S > G : S	5 < #200 < 12	GW-GC, GP-GM, etc.
		% P #200 < 5	SW CNU > 6 e 1 < CC < 3
			SP CNU < 6 ou 1 > CC > 3
	% P #200 > 12	SC / SM	
	5 < #200 < 12	SW-SC, SP-SC, etc.	
% P #200 > 50	C	CL	
		CH	
	M	ML	
		MH	
	O	OL	
		OH	

Fonte: Livro Curso Básico de Mecânica dos Solos (2008)

$$(1) IP = LL - LP$$

Onde, $IP = 40\% - 25,9\%$ $IP = 14,1$

Sendo:

Fracamente plásticos. $1 < IP < 7$

Medianamente plásticos. $7 < IP < 15$

Altamente plásticos. $IP > 15$

Os dados apresentados por meio da fórmula 1, O solo apresenta características medianamente plástico.

5.2.5 Índice de Consistência

A consistência do solo obtive-se através dos valores do limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (IP) e a umidade natural da amostra (h) expressa numericamente pela Equação (2):

$$(2) \quad \text{---} \quad \text{---} \quad IC = 1,32$$

Tabela 5 Parâmetros para o índice de consistência do solo.

<u>Consistência</u>	<u>Índice de consistência</u>
Mole	$< 0,5$
Média	0,5 a 0,75
Rija	0,75 a 1
Dura	≥ 1

Fonte: Curso Básico de Mecânica dos Solos (2008)

De acordo com os parâmetros apresentados na tabela 6, o solo argiloso possui característica Dura.

Tabela 6 Principais resultados obtidos para a classificação do solo segundo o sistema Unificado.

Resultados para os solos finos						
solo	%<0,075	Grupo	Classificação Unificada rodoviária	%<0,002mm	IP	IA
S1		C	CH	50	14,1	0,2

Fonte: Autor

O Índice de atividade de uma argila demonstra a atividade da fração argila em relação à fração argila presente de acordo com a relação. De acordo com a fórmula (3), o solo.

Fórmula (3).

$$IA = \frac{a}{\bar{a}}$$

$$IA = \frac{a}{\bar{a}}$$

$$IA = 0,2$$

De acordo com os dados obtidos pelo Índice de atividade da argila, pode-se considerar a argila inativa segundo Pinto (2008), mostrada na tabela 6. Isso pode indicar a friabilidade das argilas presentes ali e sua pouca coesão. Este quadro pode explicar as características escorregadias anormais daquele trecho em período chuvoso.

A tabela 7 apresenta alguns dos principais resultados obtidos para os índices físicos da amostra do solo.

Tabela 7 Resultados para os principais índices físicos

Amostra de solo	Cor	γ (g/cm ³)	W(%)	γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)	e	S
S1 – CP1		1,69	12,8	1,473	2,60	0,99	60,3

γ – peso específico aparente natural; w – umidade natural; γ_d – peso específico aparente seco; γ_s – peso específico real dos grãos; e = índice de vazios; S = grau de saturação

Teor de umidade de uma amostra de solo pode ser definido como a razão entre o peso da água presente no solo e o peso da parte sólida existente nesse mesmo volume, expressa em porcentagem.

5.2.6 Compactação

Classifica-se o termo compactação de um solo como suas características por recursos laboratoriais. Quando compacta-se um solo se tem em fundamento exclusivamente duas características definidas: a expansão da densidade entre os grãos e fazer o solo mais homogêneo, no momento que é feito os ensaios tem-se a amplificação da densidade ou redução do índice de vazios, dependendo é desejável não por si, mas pelas diversas circunstâncias das propriedades do solo que melhoram com isto.

O experimento mais usado para compactar o solo é o de Proctor que foi formalizado pelas normas técnicas da ABNT NBR 7182/86. Já em relação aos ensaios feitos foi alcançado os valores do peso específico aparente seco (γ_{dmax}) e a umidade ótima (W_{ot}) e a definição dos valores encontrados são inseridos em um gráfico onde e agregado em uma “Curva de compactação” onde se dispõe as variações de peso específico aparente seco e a umidade ótima, em todo valor de energia alcançada é importada a uma curva com os índices de variações definidos como apresentado no gráfico 2 dos anexos.

Em relação aos valores definidos nos experimentos, quão grande for à energia de compactação maior será o peso específico Máximo e menor a umidade ótima.

A curva de compactação é alcançada em colocações em relação aos valores do peso específico seco e o teor de umidade, sempre que compactado o solo dele ira mostrar uma sistema alternativo onde ele fica diferente com quantidades diferentes de água que contem em seu vazio. O solo compactado seco mostra um sistema, mas floclada que se da pelo motivo da diminuição de energia concebendo em fim uma força de atração entre as partículas. Já no solo compactado úmido seu sistema se demonstra mais separado, assim suas características podem estar presentes quando a energia de compactação estiver maior, quanto maior for à umidade do solo, suas forças de atração são diluídas e os grãos começam a atuar como partículas dispersas em água.

Para determinarmos a curva de Saturação, obtém curvas como mostrada no gráfico3. Normalmente a curva de saturação 100% e feito de acordo com os valores encontrados na curva de compactação. Feito esses ensaios obtém resultados que mostra que os solos apresentam estruturas variadas que mudam de acordo com a quantidade de água contida em seus vazios.

5.2.7 Índice de Califórnia (CBR)

Nesse experimento foram determinados os valores de resistência a compressão. Em relação às curvas medias de tensão de deformação em todas as forças determinadas.

Os corpos de prova tiveram certa alteração em nexo com sua altura de 6,7% no momento da ruptura. Ao longo dos experimentos feitos, os corpos de prova moldados, então nas forças determinadas elas apresentam certa ruptura em relação à quebra de abrupta. Pensando nas mesmas deformações de 6,7%%, então suas camadas são de certa forma melhoradas e poderão resistir a 425,14 KPa, modificando 6,7% de sua espessura.

Feitos isso foram feitos cálculos experimentais e os melhores resultados de resistência a compressão foram jogados em uma curva para determinar sua resistência.

Tabela 8 Resultados para os ensaios de CBR

AMOSTRA	CBR (%)	EXPANSAO (%)
01	11	1,19

Fonte: Autor

De acordo com as especificações de Manual de Pavimentação, DNIT (2005), os materiais de subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio de CBR, menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%. Cruz (2005) relata que os solos lateríticos, possuem uma expansão pequena e tem um traço bem particular no que diz respeito à expansão, especialmente quando se trata de solos compactados (Tabela 8).

6. CONCLUSÃO

Os métodos aplicados neste trabalho mostraram ser bastantes confiáveis, uma vez que se pode ter uma visão geral do comportamento do solo bem como a sua influência no trecho da estrada não pavimentada estudada. Além disso, a análise realizada por meio de inspeção visual e o questionário avaliativo mostrou que o trecho estudado apresenta diversas patologias com diferentes graus de severidade. Muitas destas patologias podem ser perenizadas por de algumas intervenções básicas.

A área está inserida dentro de uma Área de Proteção Especial – APE, isto justifica, dentre outras coisas, o descaso com a estrada por meio da Prefeitura municipal, que o órgão responsável pelas manutenções. Diante disso, as principais sugestões de perenização são a desobstrução dos sistemas naturais de drenagem, fazendo abaulamento transversal da estrada, construção, manutenção da vegetação em torno da pista bem como a recuperação da vegetação em torno da estrada.

O solo estudado apresenta índices adequados, indicando o Latossolo Amarelo “CH” adequando para uso quando compactados corretamente. Em relação a esse fato se pode concluir que o solo tem um bom índice de plasticidade. Já a resistência a compressão, quanto maior for à energia de compactação maior será a tensão suportada do solo estudado, então assim se pode determinar se o solo é adequado para os fins pré-definido.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (1984) *NBR 6508* - Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica aparente: Método de ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ABNT (1986) *NBR 7182* - Solo - *Ensaio de Compactação*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ABNT (1988) *NBR 10838* - Solo - Determinação da massa específica aparente amostras indeformadas, com emprego de balança hidrostática: Método de ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ABNT (1988) *NBR 7181* - Solos - *Análise granulométrica: Método de ensaio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

NBR 6457: Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ABNT ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9895: Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017. 14 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRE (ANTT). Relatório anual de 2008. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/relatorio2008.pdf>. Acessado em: 18/06/2019.

ARRIVABENI, B. S; MACHADO, C. C; SILVA, C. H. C; SANT'ANNA, G. L. Estabilização Granulométrica e Química de Solo de Estradas Florestais Através do Uso de Cimento. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 41 - 2 / 2018 p. 410-415.

BAESSO, Dalcio Pickler; GONÇALVES, Fernando Luiz. Estradas Rurais: Técnicas Adequadas de manutenção. DER Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://ertam2003.blogspot.com.br/> Acesso dia 02/05/2019.

BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L. Estradas Rurais: Técnicas Adequadas de Manutenção. Departamento de Estradas de Rodagem. Florianópolis, 2003.

BAÑÓN, L. B.; BEVIÁ, J. G. Manual de Carreteras: Construcción y Mantenimiento. Universidad de Alicante, 2000. Disponível em: <<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>>. Acessado: 04/04/2019.

BORGES, A.B; NÚÑEZ, W. P; BRESSANI, L. A; NERVIS, L. O. Avaliação dos materiais de jazida para revestimento primário do município de Maquiné-RS e propostas de otimização. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2018 – 28 de Agosto a 01 de Setembro, Salvador, Bahia, Brasil. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Augusto_Borges2/publication/326331297_Avaliacao_dos_materiais_de_jazida_para_revestimento_primario_do_municipio_de_Maquine-RS_e_propostas_de_otimizacao/links/5bc776ca458515f7d9c0f645/Avaliacao-dos-materiais-de-jazida-para-revestimento-primario-do-municipio-de-Maquine-RS-e-propostas-de-otimizacao.pdf>. Acessado em: 18/06/2019.

BRAGA, L, M; CALDEIRA, D; NUNES, J, G, S; CARVAJAL, Y, Hussain;Hernán, M; UAGODA, R. Caracterização Geomorfológica e Dinâmica Erosivo-Deposicional de Encostas no Vale Fluvial do Ribeirão Contagem-DF, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 41 - 2 / 2018 p. 51-65.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Anuário estatísticos de transportes terrestres (AETT). 2009 Disponível em: <http://appweb2.antt.gov.br/InformacoesTecnicas/aett/aett_2009/1.1.2.asp> Acessado dia 10/05/2019.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de conservação rodoviária. 2 ed. 564p. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf> Acessado dia 01/02/2019.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de drenagem de rodovias. 2 ed. 333p. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/Manual%20de%20Drenagem%20de%20Rodovias.pdf>> Acessado dia 18/04/2019.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Frota de veículos. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>> Acessado dia 03/06/2019.

BRASIL. Lei Municipal nº 3786, de 09 de março de 2012. Dispõem sobre a obrigatoriedade da realização de obras de pavimentação com pedras irregulares somente em estradas rurais readequadas. Pato Branco, 2012. Disponível em: <<http://www.camarapatobranco.com.br/uploads/laws/1/2012/3786.pdf>> Acessado dia 03/04/2019.

CADORE, Luis Henrique. Análise da vida de projeto de estradas não pavimentadas. (2018). (Monografia). Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa,

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos solos e suas aplicações. Livros técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1988.

CASARIN, Rui Donizete. Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação. (2008). (Dissertação de mestrado). Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônomicas Campus de Botucatu.

DEMARCHI, L. C. Adequação de estradas rurais. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, jul. 2003, 64 p. (Manual Técnico, 77).

DNER (1994) *ME 122 - Solos - Determinação do limite de liquidez*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNER (1994) *ME 201 - Solo-cimento - compressão axial de corpos de prova cilíndrico*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNER (1994) *ME 213 - Solos - determinação do teor de umidade: método de ensaio*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNER (1994) *ME 256 - Solos – compactados por equipamento miniatura – perda de massa por imersão*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNER (1994) *ME 258 - Solos – compactados por equipamento miniatura Mini - MCV*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNER (1994) *ME 49 - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNER (1994) *ME 80 - Solo- Análise granulométrica por peneiramento*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNER (1994) *ME 82 - Solos - Determinação do limite de plasticidade*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR. Rio de Janeiro.

DNIT (2006) - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de Pavimentação*. 3. ed. p. 56. Rio de Janeiro.

DNIT (2010) *ES 143 - Pavimentação - Base de solo-cimento - Especificação de serviço*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRANSITO (DENATRAN). Frota de veículos do município de Foz do Iguaçu – Dezembro 2016, 2017. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/261-frota-2016>>. Acessado: 20/04/2019.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DER/SP). Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais de Terra: Planejamento, projeto, construção e operação. v1. São Paulo, 2012a. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/RodoviasVicinais.aspx>>Acessado: 03/05/2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). Manual de projeto geométrico de rodovias rurais. Rio de Janeiro, 1999. 195p. Disponível em:<http://ipr.dnit.gov.br/normas-emanuais/manuais/documentos/706_manual_de_projeto_geometrico.pdf>. Acessado: 02/05/2019.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual básico de estradas vicinais: conservação. Vol. II. São Paulo: Editora Imprensa oficial do estado S.A. IMESP, 1987. 219p.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais. Volume I. 226p. São Paulo, 2012. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/manuais/Manual_Basico_de_Estradas_e_Rodovias_Vicinais-Volume_I.pdf> Acessado dia 02/05/2019.

DEPARTMENT OF THE ARMY, TM 5-626. Unsurfaced Road Maintenance Management. Technical Manual. Washington, DC, 1995. Disponível em: <http://www.wbdg.org/ccb/ARMYCOE/COETM/tm_5_626.pdf> Acesso dia 02/05/2019.

EATON, R. A.; GERARD, S.; D.W. CATE. Rating Unsurfaced Roads – A field manual for measuring maintenance problems. Special Report 87-15 U.S. Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory, 1987. Disponível em: <<http://enzymeroads.com/uploaded/URCI.PDF>> Acessado dia 02/03/2019.

EATON R. A.; GERARD S.; CATE D. W. Rating Unsurfaced Roads: A field manual for measuring maintenance problems. U.S Army Corps of Engineers, 1988. Disponível em :<<http://acwc.sdp.sirsi.net/client/search/asset/1009620>>Acessado: 03/06/2019.

FACHIN, Odília. Fundamentos de Metodologia. 3º ed. São Paulo: Saraiva 2001.

FATTORI, B. J. Manual para manutenção de estradas com revestimento primário. 2007. 80p. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78281/000897119.pdf?sequence=1>>Acessado: 03/06/2019.

FERREIRA, Fábio Mutti. PAIVA, Eduardo, Cássio. Uma aplicação comparativa de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não-pavimentada. 2004. 248fls. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000326696>> Acessado dia 03/06/2019.

FRANCIS B. NELSON III. Uses of Pavement Management to Develop Maintenance And Rehabilitation Strategies. Quigg Engineering, Inc. 17th Annual National Tribal Transportation Conference. Anchorage, Alaska, 2014.

FRANCO, G. B; MARQUES, E. A. G; CHAGAS, C. S; GOMES, R. L; SOUZA, C. M. P. Classificação Geotécnica Dos Solos Da Bacia Do Rio Almada – Bahia. Caminhos de Geografia Uberlândia v. 13, n. 42 jun/2012 p. 42 – 49.

GUEDES, Ana Raquel Alves. Estudo do comportamento do solo tratado nas estradas não pavimentadas. (2018). (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Faculdade de Coimbra.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Estradas vicinais, manual técnico para conservação e recuperação. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo, 1985. 129p.

JÚNIOR, Walfrides Monteiro Dos Santos. Caracterização geomecânica em misturas de solo laterítico – cimento cp ii – cal, em quantidades iguais para o cimento e cal, com vistas à utilização em sub-base de vias do Distrito Federal. (2016). (Monografia). Universidade Católica de Brasil.

MARTIN, P. S; VIEIRA, A. G; ANDRADE, M. M. Parâmetros para priorização de estradas rurais não pavimentadas no município de Ouro Verde – SP. Revista Geografia em Atos, Departamento de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, n. 01 v. 07, p. 79-93, Dez. Ano 2018. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/6108/pdf>>. Acessado em: 18/06/2019

MATOS, L. C. A; SOUZA, G. B; ALMEIDA, I. F; SANTOS, N. J; Importância das estradas vicinais para a mobilidade rural em Feira de Santana (BA). 5º **Anais Seminário de Iniciação Científica**. (2018). DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/semic.v0i22.4030>. Acessado em: 08/06/2019.

MESQUITA FILHO, Arnaldo. Diagnóstico de estradas não pavimentadas atendidas pelo projeto de desenvolvimento sustentava micro bacias II: o caso do município de Santa Isabel - SP - Brasil. (2018). (Monografia). Universidade Nove de Julho, Pós graduação em cidades em cidades inteligentes e sustentáveis.

MORALES, A. C. Ensaios de compactação e caracterização. 1997. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997. Disponível em:<<http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/e/e1/Apostila1.pdf>>. Acessado: 05/05/2019.

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

NAZARETH, F. L. B.; RODRIGUES, G. G. Avaliação de Rodovias Não Pavimentadas: Uma Ferramenta para o Gerenciamento de Malhas Viárias. Revista Pensar Engenharia, v.2, n.1, jan. 2014. Disponível em: <http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a124.pdf>. Acessado:03/06/2019.

NUNES, Tercia V. L (2003). Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso de redes neurais artificiais: Trecho de Aquiraz – CE. 2003. 118fls. Dissertação de mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2003. Disponível em:<<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4904>> Acessado dia 03/06/2019.

PINTO, V. S; MARTINS, R, S, CARVALHO, T. Análise comparativa entre o pavimento flexível e o rígido, dimensionamento e custos. Artigo científico apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP, Brasil. Disponível em: < <http://repositorio.unifafibe.com.br:8080/xmlui/handle/123456789/307?show=full>>. Acessado em: 18/06/2019

QUARIGUASI, J. B. F. GONÇALVES, H. B. B; Oliveira, F. H. L; AGUIAR, M.F. P. Estudo da capacidade de suporte da estabilização de solos para pavimentação rodoviária. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2018 – 28 de Agosto a 01 de Setembro, Salvador, Bahia, Brasil. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Heber_Oliveira/publication/326400981_Estudo_da_capacidade_de_suporte_da_estabilizacao_de_solos_para_pavimentacao_rodoviaria/links/5b4a8db1aca272c609439dc2/Estudo-da-capacidade-de-suporte-da-estabilizacao-de-solos-para-pavimentacao-rodoviaria.pdf>. Acessado em: 18/06/2019.

RAMOS, Anderson Caciator e SILVA, Júlio César. Utilização de aditivo para aumento da capacidade de suporte de solos utilizados em pavimentação: um exemplo de caso a partir do produto underbold da empresa rodovias ecológicas. (2018). (Monografia). Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

SKORSETH, Ken; SELIM, Ali A. Gravel Roads – Maintenance and Design Manual.U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration. 2000. 104pg. Disponível em: <http://water.epa.gov/polwaste/nps/upload/2003_07_24_NPS_gravelroads_gravelroads.pdf> Acessado dia 03/06/2019.

TAVARES, Marcos Sechtich. (2018). Alternativa de estabilização de solo para rodovia não pavimentada vrs-867. (Monografia). Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul – UNIJUI.

TECHIO, Jeonice Werle. Importância e técnicas para um adequado planejamento do sistema viário no meio rural. Passo Fundo, 2009. Disponível em:<http://www.sertao.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/2010223163622234importancia_e_tec

nicas_para_um_adequado_planejamento_do_sistema_viario_no_meio_rural.pdf> Acessado dia 03/06/2019.

OLIVEIRA, T. S. Estudo de estradas não pavimentadas da malha viária do município de Viçosa. (2009) (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

OLIVEIRA, Júlia Kuppau. Estudo do comportamento de misturas solo-agregado como revestimento primário de estradas rurais. (2017). (Monografia). Curso de Engenharia Civil, da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

PEDRET, J. R. Material de aula: Trazado de carreteras. Universidad Politecnica de Catalunya, 2011. Disponível em: <https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250235/2011/Apuntes%20trazado%202011-2012.pdf>. Acessado: 10/06/2019.

PINTO, Carlos de Souza. Curso Básico de Mecânica dos Solos, em 16 Aulas. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

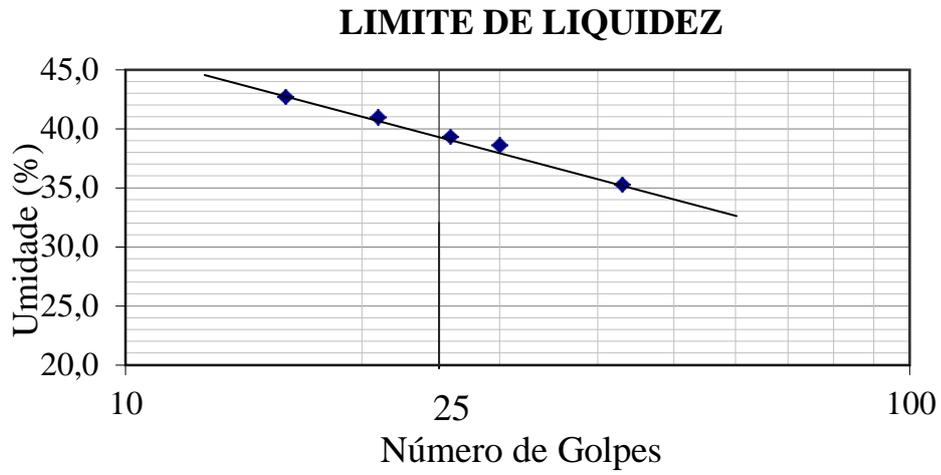
SANTOS, S. C. P. LIMA, J. L. S; FIGUEIREDO, L. H. A; SANTOS, L. D. P. Análise da aplicação de rejeitos de ardósia em solo natural para pavimentação. Revista Intercâmbio - vol. XI - 2018/ISSN - 2176-669x - Página 230. Disponível em: <<file:///C:/Users/usuario/Downloads/255-731-1-PB.pdf>>. Acessado em: 18/06/2019.

SMITH, W. S; SILVA, F. L; BIAGIONI, R. C. River dredging: when the public power ignores the causes, biodiversity and science. Ambiente & Sociedade n São Paulo. Vol. 22, 2019 n Original Article n 2019. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v22/1809-4422-asoc-22-e00571.pdf>>.Acessado em: 18/06/2019.

SOARES, D. L; POLIVANOV, H; BARROSO, E. V.; MOTTA, L. M. G; SOUZA, C. C. Erodibilidade de solos em taludes de corte de Estrada não pavimentada. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 41 - 1 / 2018 p. 179-193. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/12947/12541>>.Acessado em: 18/06/2019

VEIGA, Luís Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfenning; FAGGION, Pedro Luis. Fundamentos de topografia. Curitiba, PR: 2012. Disponível em:<http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo>Acessado dia 03/06/2019.

VINÍCIUS ARANHA VIEIRA. Repavimentação asfáltica da avenida ministro João Alberto entre os quilômetros 0 e 2 no município de barra das Garças - MT: estudo da influência na drenagem urbana. (2019). (Monografia). universidade Federal de Mato Grosso campus universitário do Araguaia Instituto de ciências exatas e da terra curso de engenharia civil.

Gráfico 1 Resultados dos ensaios de Limite de Liquidez para 25 golpes

Fonte: Autor

8.2 Ensaio de compactação

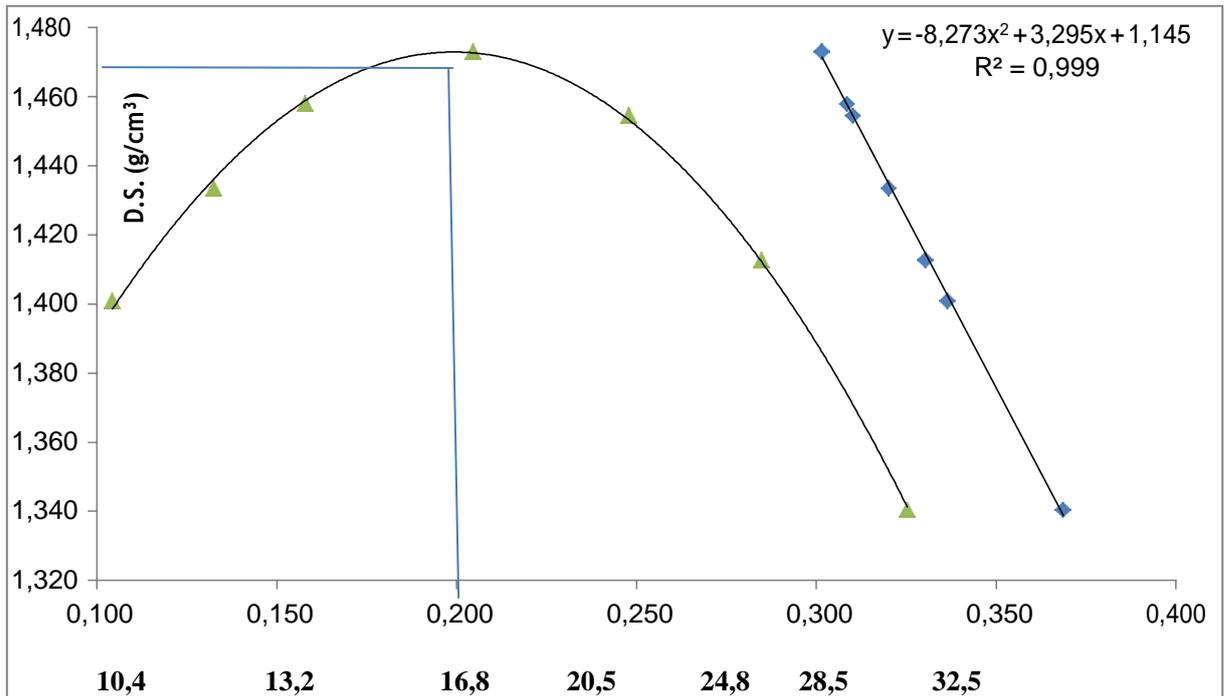
8.2.1 Resultados

Tabela 2 Valores obtidos para a curva de compactação

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO					MATERIAL: Solo argiloso natural			
LOCAL DA COLETA: Rodovia vicinal do Córrego do Jequitibá			ESTUDO Rodovias em seu leito natural			DATA: 16/09/2017		
CAPSULA N°.	01	02	03	04	05	06	07	
AMOSTRA UMIDA+TARA	20,60	29,96	16,47	26,65	20,05	16,64	21,99	
AMOSTRA SECA +TARA	19,06	28,39	14,81	24,93	18,53	15,70	20,65	
ÁGUA	1,54	1,57	1,66	1,72	1,52	0,94	1,34	
TARA DA CAPSULA	4,30	16,53	4,30	16,53	12,40	12,40	16,53	
AMOSTRA SECA	14,76	11,86	10,51	8,40	6,13	3,30	4,12	
UMIDADE (%)	10,4	13,2	15,8	20,5	24,8	28,5	32,5	
COMPACTAÇÃO								
CILINDRO N°.	CP3	CP3	CP3	CP3	CP3	CP3	CP3	
SOLO UMIDO+CILINDRO	3911	3987	4051	4137	4177	4177	4139	
PESO DO CILINDRO	2380	2380	2380	2380	2380	2380	2380	
PESO SOLO ÚMIDO	1531	1607	1671	1757	1797	1797	1759	
VOLUME DO CILINDRO	0990	0990	0990	0990	0990	0990	0990	
DENSIDADE SOLO ÚMIDO	1,547	1,623	1,688	1,775	1,815	1,815	1,776	
DENSIDADE SOLO SECO	1,401	1,434	1,458	1,473	1,454	1,413	1,341	
ATALHO: N	N°. CAMADAS: 3		N°. GOLPES: 26		ENERGIA: Normal		CILINDRO Pequeno	SOQUETE: Pequeno

Fonte: Autor

Gráfico 2 Curva de compactação

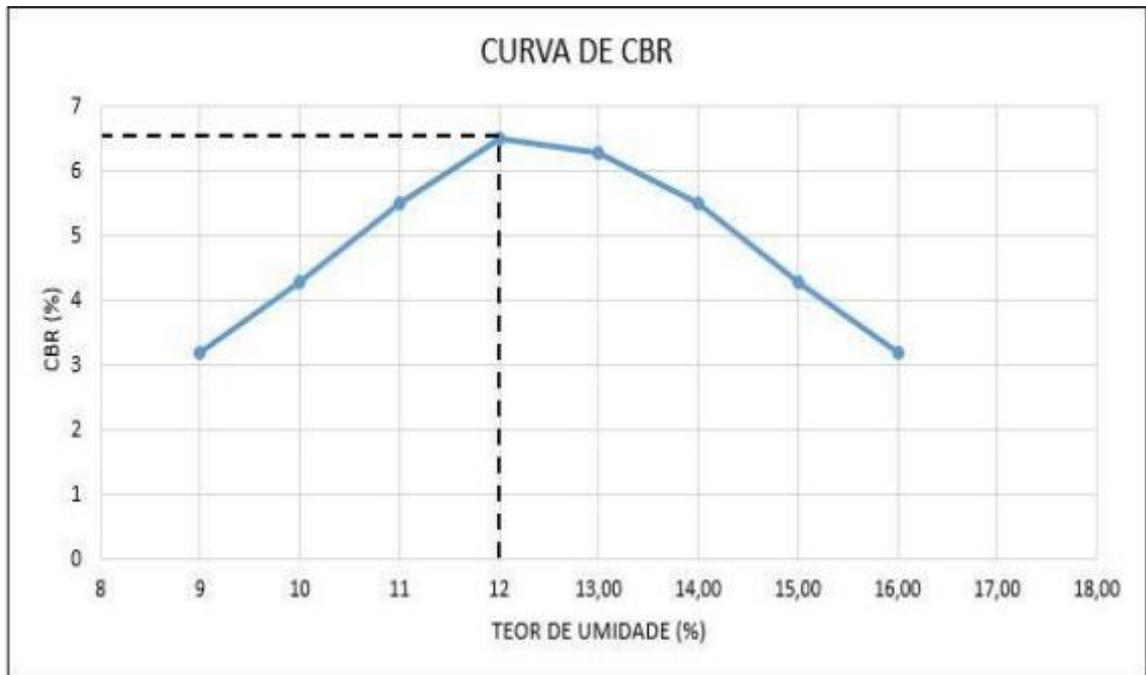


Fonte: autor

8.3 Ensaio CBR

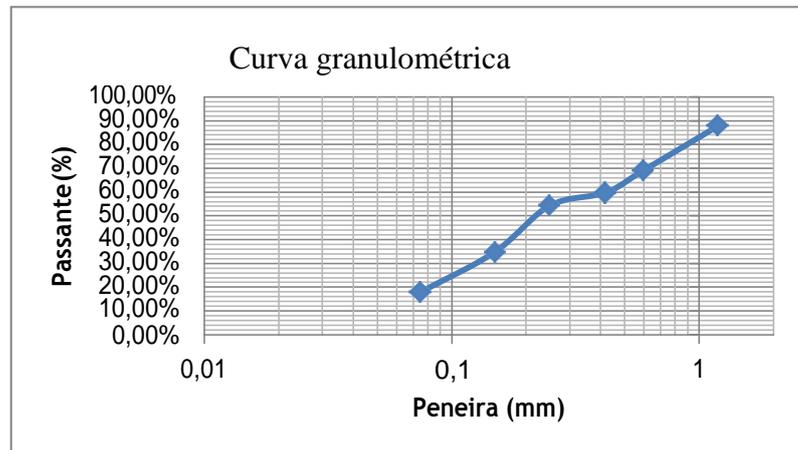
Ao ser analisado o solo através dos ensaios de CBR, pode observar que não apresentaram uma expansão CBR com valores relevantes (Silva 2011).

Gráfico 3 Resultados experimentais do ensaio de CBR



Fonte: Autor

Gráfico 4 Curva Granulométrica do Solo



Fonte: Autor