FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ – FAACZ

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO GRATZ PIMENTEL

FABRÍCIO SOARES OLIVEIRA

SILAS DE JESUS BOF

USO DO SOLO-GRITS EM CAMADAS CONSTITUINTES NA PAVIMENTAÇÃO URBANA COM GRITS E SOLO DA REGIÃO DE ARACRUZ/ES

ARACRUZ - ES
2017

Eduardo Gratz Pimentel
edugratz@yahoo.com.br

Fabrício Soares Oliveira
fabricio@serpenge.com.br

Silas de Jesus Bof
silasdjbof@hotmail.com

Uso do Solo-Grits em Camadas Constituintes na Pavimentação Urbana com Grits e Solo da Região de Aracruz-ES

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentando às Faculdades Integradas de Aracruz, sob orientação do prof. Evandro José Pinto de Abreu e Coorientação do Eng.º Civil Daniel Pereira Silva - e Mestrando em Infraestrutura Aeroportuária no ITA e com Especialização em Pavimentação.

Área de concentração: Pavimentação Urbana

ARACRUZ - ES
2017

Dedicamos este trabalho aos nossos pais por todo amor, e pelo incentivo que sempre nos foi dado estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela oportunidade nos concedida e aos nossos pais e esposas e demais familiares que sempre de alguma forma tem nos ajudado

Agradecemos também ao Valadão e ao Daniel que nos cedeu o laboratório de solos e asfalto da Serpenge para realização dos ensaios necessários à pesquisa. E também ao pessoal operacional do laboratório que muito nos auxiliou.

Agrademos ao grande mestre em Logística e Transporte Florestal o Sr. Newton Guilherme D' Assumpção que nos apresentou o grits no ano de 2002, juntamente com o dregs e a lama de cal da fábrica de celulose, e os apontou como potencial material para uso em estradas. Sendo um grande apoiador e incentivador das pesquisas e melhores práticas sempre.

Autores

“Existe uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade”.

Albert Einstein

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Via Apia na Roma Antiga 16
Figura 2 - Roda Rudimentar 16
Figura 3 - Aplicação do Pavimento Flexível 18
Figura 4 - Grits coletado na empresa de celulose Fibria em abril de 2016 22
Figura 5 - Vista Panorâmica da Existência do Latossolo Amarelo – ES – 124 42
Figura 6 - Ocorrência de Solo Saprolítico nas operações de corte na obra de terraplenagem para pavimentação do bairro Morobáem Aracruz – ES em 2015 43
Figura 7 - Ponto de Coleta na Rodovia ES-124, Km 15 LD – Talude Lateral 43
Figura 8 – Coleta do Latossolo na duplicação da Avenida Guaxindiba, Estaca 109+0,00. 44
Figura 9 - Vista do Talude de Solo Saprolítico em Estudo. 44
Figura 10 – Coleta de Solo Saprolítico na Avenida Florestal em Aracruz. 45
Figura 11 - Aterro Industrial Fíbria - Aracruz - ES 51
Figura 12 - Carregamento do Material para sua disponibilização à pesquisa 51
Figura 13 - Descarga do Grits ao lado do aterro Industrial 52
Figura 14 - Espalhamento do Grits da Fíbria no tempo denominado T-0 52
Figura 15 - Secagem do Grits ao ar livre 53
Figura 16 - Coleta do Material na Baia do Laboratório para realização dos ensaios 54
Figura 17 - Tombamento e Homogeneização do Grits 54
Figura 18 - Preparação da Amostra de Solo e de GRITS 60
Figura 19 - Separação das Amostras de Grits 61
Figura 20 - Pesagem das amostras de Grits 61
Figura 21 - Pesagem das Amostras de Solo Puro 62
Figura 22 - Umedecimento e Homogeneização 62
Figura 23 - Compactação das Amostras 63
Figura 24 - Embebição durante 96 horas para Ensaio CBR ou ISC 63
Figura 25 - Colocação de extensômetro para medir Expansão no ensaio CBR 64
Figura 26 - Retirada do Cilindros do tanque para Ensaio CBR 64
Figura 27 - Rompimento dos corpos de prova na prensa CBR 65
Figura 28 - Desmontagem dos coros de prova compactados 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação da Caracterização dos Grits 23
Tabela 2 – Controle do tempo de Estocagem 25
Tabela 3 - Granulometria e Índices Físicos.....35
Tabela 4 - Classificação 36
Tabela 5 - Análise do Solo-1 da pesquisa 01.....40
Tabela 6 - Análise do Solo-2 da pesquisa 01.....40
Tabela 7 - Análise do Solo-1 do Solo-2 da pesquisa 02.....41
Tabela 8 - Resumo da Classificação.....50
Tabela 9 - Teor de cimento sugerido para o ensaio de compactação de solo-cimento.....55
Tabela 10 - Comparação Latossolo 67
Tabela 11 - Comparação Saprolítico.....67
Tabela 12 - Ensaio Latossolo.....68
Tabela 13 - Ensaio Saprolítico 68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
1.1 Formulação do problema 9
1.2 Justificativa 10
1.3 Hipótesesde Uso do Grits em Camadas (Sub-base ou Base) de Pavimentos Urbanos 11
2 OBJETIVOS 12
2.1 Objetivo Geral 12
2.2 Objetivos Específicos 12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
3.1 História da Engenharia 14
3.1.1 Engenharia Antiga 14
3.1.2 Engenharia Moderna 14
3.2 História da Pavimentação 15
3.3 Pavimentação 17
3.3.1 Conceito 17
3.3.2 Classificação dos Pavimentos quanto a Trabalhidade 17
3.3.3 Classificação dos Pavimentos quando a Utilização 19
3.4 Pavimentação Urbana 20
3.4.1 Definição 20
3.4.2 Constituição 21
3.5 Grits 22
3.5.1 Definição 22
3.5.2 Composição 23
3.5.3 Sustentabilidade na Engenharia Civil 24
4 METODOLOGIA 25
4.1 Tipo de pesquisa 25
4.2 População de Amostra 26
4.3 Instrumento de coleta de dados 26
4.3.1 Análises de Pesquisas Cientificas 26
4.3.2 Ensaios de Laboratório 27
4.4 Análise dos dados 27
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS 29
6 CONSIDERAÇÕES FINAISACERCA DOS ARTIGOS ESTUDADOOS 39
7 ESCOLHAS DOS SOLOS DA REGIÃO DE ARACRUZ PARA ESTUDO 41
8 CLASSIFICAÇÕES DOS SOLOS SELECIONADOS REGIÃO ARACRUZ 45
9 COLETA E ESTOCAGEM DOS GRITS 50

10 DOSAGEM DA MISTURA SOLO-GRITS PARA REGIÃO ARACRUZ 55
10.1 Execução dos Ensaios de Solos e Misturas Solo-Grits.....60
11 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS (SOLO-GRITS DE ARACRUZ).....66
12 CONCLUSÃO 70
13 PROPOSTA DE CONTINUAÇÃO DOS ESTUDOS E SUGESTÃO DE PESQUISAS FUTURAS.....70
REFERÊNCIAS.....72

1 INTRODUÇÃO

Conforme Moura (2014), a pavimentação existe desde o início das civilizações, surgindo proveniente das necessidades de melhor organizar as redes viárias e o transporte, com o avanço das civilizações a pavimentação foi se tornando algo crucial e cada vez mais elaborada, assim alcançando o nível de importância que possui hoje, sendo que a rede rodoviária é um dos modais de transporte mais utilizados e de grande importância. Em vista dessa importância surgiu a ideia de tornar o processo mais econômico e sustentável através da utilização de materiais antes descartados, na constituição dos pavimentos (Moura, Aposila de Projeto de Pavimetno, 2014).

Dentre a vasta gama de possibilidades de materiais descartados em processos industriais que poderiam ser aproveitados para outros fins, o Grits, que é um material de descarte do processo de produção de celulose, possui viabilidade em aproveitamento na construção civil especificamente na constituição de camadas da pavimentação urbana, visando dar uma melhor disposição final a este material e trazer benefícios técnicos, econômicos e ambientais (Destefani, Santos, & Holanda, 2010).

Com embasamento nessa problemática, será abordado neste projeto o uso do Grits na pavimentação urbana considerando, seu comportamento quando misturado com outros materiais que constituem o pavimento urbano, analisando seu potencial e benefício. Assim, procurando constatar sua viabilidade técnica para uso em pavimentação urbana.

1.1 Formulação do problema

As camadas estruturais dos pavimentos urbano ou rodoviários na região de Aracruz são constituídas de misturas de materiais britados e/ou com cimento, cujo custo é elevado e o impacto ambiental para sua extração/produção é significativo.

Em função disso, surge a ideia de se utilizar o GRITS como material de construção na pavimentação urbana para substituir a brita e o cimento, contribuindo como sendo matéria prima (produto descartado) de alta qualidade para camadas do

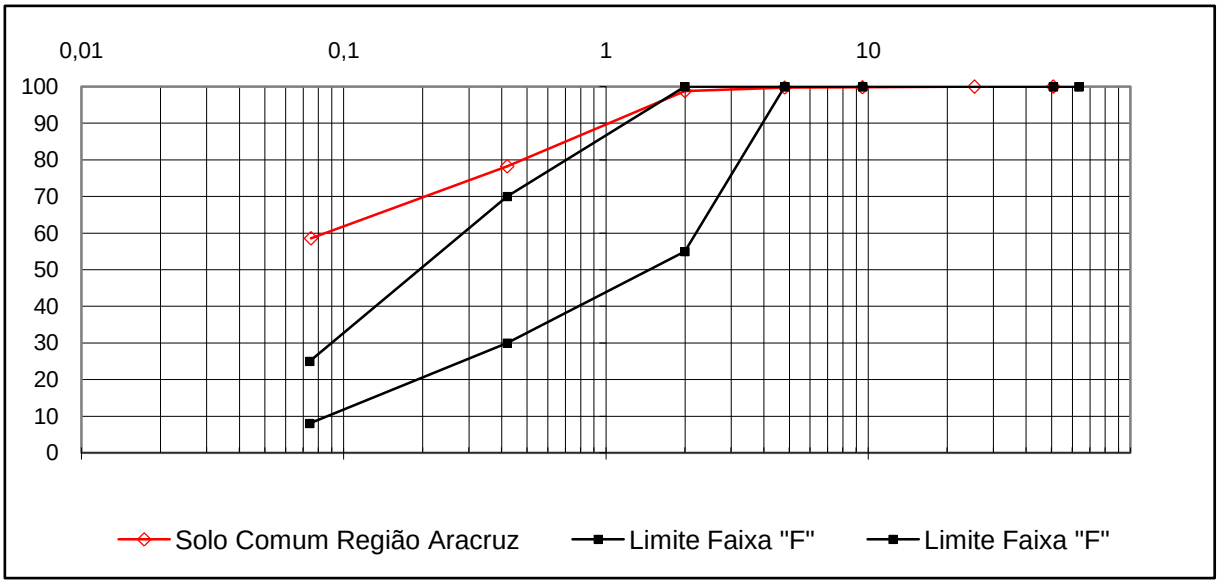
pavimento urbano e também com a redução do impacto ambiental na disposição final do resíduo industrial Grits, que é lançado em células de aterros industriais que devem ser devidamente projetados, construídos, licenciado e operados.

1.2 Justificativa

Os solos de grande ocorrência e abundância na natureza que compõe uma espessa camada na superfície terrestre podem ser qualificados para execução de aterros em serviços de terraplenagem segundo as Normas de execução do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - e da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Entretanto, para sua utilização em camadas nobres de pavimentação, suas características geotécnicas o desqualificariam por não se enquadrarem nas especificações mínimas exigidas por esses mesmos órgãos citados acima, salvo em raras exceções de cascalhos ou lateritas naturais que ocorrem com menor frequência na natureza em nossa região.

Abaixo, segue o Gráfico 1 mostra a curva granulométrica do solo natural mais comum na região de Aracruz e circunvizinhança.

Gráfico 1 - Granulometria solo comum na regia de Aracruz – Fora da faixa “F” do DNIT



Fonte: (Autor, 2017).

A linha vermelha com círculos vazados representa a granulometria dos solos e a linha preta os limites mínimos e máximos da faixa “F” do DNIT, evidenciando que os

solos estão fora das especificações mínimas da norma de estabilização granulométrica de solos para uso em camadas pavimentos (Departamento Nacional de Infraestrutua de Transportes - DNIT/ES, 2010).

Para solução desse problema, os materiais pétreos (brita), produzidos artificialmente em pedreiras, se tornam agregados graúdos de boa qualidade para uso em pavimentação, porém seu custo de aquisição é elevado. Outro material que poderia melhorar a qualidade do solo é o cimento, cujos custos são ainda maiores. Daí surge a proposta de utilização do Grits haja vista sua capacidade de ser incorporado nos solos naturais de grande abundância na região do estudo. E juntos, na mistura SOLO-GRITS, apresentarem excelentes características geotécnicas para uso em pavimentação, tal qual se encontra nos materiais britados e nos misturados com cimento.

Outro motivo dessa pesquisa são as questões ambientais e financeiras, pois o Grits é descartado em aterros industriais, o que gera impactos ambientais negativos e custo para a sua disposição final nesses aterros industriais. Sendo que uma solução de aproveitamento desse resíduo resultaria em uma diminuição de impactos ambientais com uso de células de aterros industriais e também na redução de custos de construção e operação dos mesmos.

Ainda no cunho ambiental, todos os materiais naturais usados na pavimentação são considerados recursos naturais não renováveis, sendo que o uso do GRITS pode substituir o material não renovável, mitigando assim o impacto ambiental do uso de materiais não renováveis.

1.3 Hipóteses de Uso do Grits em Camadas (Sub-base ou Base) de Pavimentos Urbanos

a) Análises preliminares dos artigos estudados direcionam o GRITS como um material que pode elevar as características técnicas do pavimento urbano, aumentar sua durabilidade e vida útil.

b) Por se tratar de um resíduo industrial cuja tratativa ambiental deve ser cuidadosa e correta, supõe-se que a sua aplicação em processos construtivos

reduz impactos ambientais tanto na disposição final do resíduo, como na redução da utilização de recursos naturais não renováveis como os principais materiais de pavimentação.

c) Segundo Machado (2007), a adição de GRITS aumentou significativamente o parâmetro de resistência mecânica CBR em solos estudados na região próxima à fábrica da Cenibra (MG), essas pesquisas científicas e estudos técnicos pressupõe-se que os resultados práticos dessa mistura para pavimentação urbana deve-se apresentar-se surpreendente haja visto que a solicitação de tráfego urbano é substancialmente inferior do que o tráfego de escoamento de tora de madeira em estradas florestais ou rodovias de tráfego médio ou pesado. Nessa hipótese consideraremos ainda a vedação da camada SOLO-GRITS com revestimento de bloco de concreto ou betume, o que resultaria numa estrutura bem superior aos dos tradicionais revestimentos primários em estradas florestais e com capacidade estrutural de sub-base de pavimentos rodoviários de tráfego médio. Dessa forma está previsto ótimos resultados tanto em laboratório como na pista para o uso da mistura SOLO-GRITS como sub-base ou base de pavimentação urbana (Machado, Pereira, & Lima, Compactação de misturas solo-grits para emprego em estradas florestais: influência do tempo decorrido entre mistura e compactação na resistência mecânica. , 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade técnica do uso do GRITS na pavimentação urbana.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Realizar pesquisas bibliográficas, analisando minuciosamente trabalhos científicos que tratam do uso do Grits como material de construção civil.

- Realizar ensaios mecânicos e de caracterização em laboratório especializado com os solos abundantes da região do estudo e com o GRITS da unidade industrial da Fibria localizada no município de Aracruz-ES.
- Analisar os resultados da evolução da resistência mecânica das misturas SOLO-GRITS utilizando como parâmetro do ensaio mecânico CBR e expansão
- Analisar a redução da plasticidade dos materiais com a adição de GRITS nos solos.
- Comparar os resultados obtidos nos ensaios com os parâmetros mínimos exigidos pelos organismos competentes da área de engenharia viária para uso em sub-base e bases de pavimentos urbanos de tráfego leve a muito leve. Levando em consideração a necessidade de avaliação de outros aspectos e análise de todas as variáveis pertinentes ao dimensionamento de pavimento conforme cada projeto em específico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História da Engenharia

A história da engenharia se divide em dois momentos distintos, a engenharia antiga e engenharia moderna (Bazzo & Pereira, Introdução a Engenharia, 2007).

3.1.1 Engenharia Antiga

Segundo Bazzo (2007), a engenharia se inicia com o Período paleolítico que se caracteriza pela descoberta da alavanca e o domínio do fogo que se segue com o período neolítico que se caracteriza pela evolução técnico-científica e avanços na agricultura, domesticação de animais e modelagens cerâmicas (Bazzo & Pereira, Introdução a Engenharia, 2007).

A seguir tem-se a idade do ferro e do bronze, marcada pela fundição dos primeiros metais, cobre, estanhos, irrigações; construções navais; sistemas subterrâneos e a criação e o aperfeiçoamento da prensa, além da construção de notáveis obras de engenharia (pirâmides, aquedutos, muralhas, templos...) no Egito, Mesopotâmia e Creta, concomitantemente com o avanço da matemática e da geometria (Bazzo & Pereira, Introdução a Engenharia, 2007).

3.1.2 Engenharia Moderna

Segundo Bazzo (2006), a engenharia moderna se caracteriza pela aplicação generalizada e integrada dos conhecimentos científicos nas áreas da física, química e matemática, trazendo o engenheiro como resultado de todo o processo dessa evolução ocorrida durante milênios, capacitado para resolver problemas práticos de engenharia (Bazzo & Pereira, Introdução a Engenharia Civil: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos, 2006).

A partir do século XVI sob influência do iluminismo e correntes posteriores de pensamentos filosóficos e científicos, surgiram muitos cientistas que revolucionaram a engenharia moderna, dentre eles pode-se citar: Leonardo da Vinci (1507), Galileu Galilei (1609), Robert Hooke (1660), Isac Newton (1687), entre outros. Com a

revolução industrial e a produção em série, os avanços tecnológicos não pararam de surgir e evoluir em escalas exponenciais até os dias de hoje, com inúmeras inovações e novas técnicas construtivas (História da Engenharia, 2014).

A engenharia moderna vem buscando soluções com uso de materiais alternativos, tornando esse um grande desafio para os pesquisadores, pois essa solução tende a suprir a duas demandas básicas que são: executar obras duráveis e econômicas e ao mesmo tempo reduzir impactos ambientais de outros processos. E o uso do Grits na pavimentação urbana é um exemplo típico dessa inovação da engenharia moderna.

3.2 História da Pavimentação

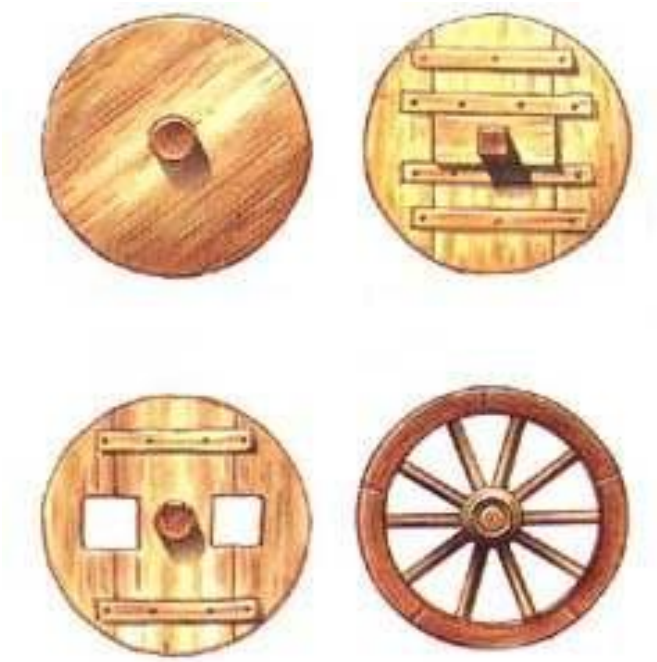
Segundo Moura (2014), as técnicas de pavimentação evoluíram com os meios de transporte terrestre. Essa evolução se iniciou na idade antiga onde o transporte era feito basicamente andando a pé. Depois, partiu-se para o uso de veículos com tração animal, concomitante com o surgimento da roda, de tal sorte que era necessária a sua operação em superfícies revestidas ou pavimentadas (Moura, Aposila de Projeto de Pavimetno, 2014).

Segundo Barianias (2008), civilizações antigas como a Mesopotâmia (3500 a.c.), Egito (3000 a.c.), Ilha de Creta (1500 a.c.), Incas, Maias e Astecas implantaram uma malha viária para atender suas necessidades em suas épocas, sendo que o transporte nesse período era feito basicamente com a utilização de animais e com as rodas rudimentares observadas na Figura 2. Com o passar do tempo e com inovações dos veículos (já com rodas de aço), foi então necessário dispor de estruturas de pavimentos mais resistentes O Império Romano foi precursor da construção de pavimentos mais elaborados, inclusive com a utilização de recursos científicos, um grande exemplo disso é a Via Ápia como mostra a Figura 1, que até hoje é utilizada e visitada por muitos (Bariani, Motta, Ceratti, & soares, 2008).

Figura 1 - Via Apia na Roma Antiga

Fonte: (Pinterest).

Figura 2 - Roda Rudimentar



Fonte: (Word Press, 2013).

3.3 Pavimentação

3.3.1 Conceito

De acordo com Senso (1980), o pavimento pode ser definido como uma estrutura formada por um conjunto de camadas previamente dimensionadas com materiais selecionados, construída sobre uma terraplanagem, infraestrutura, ou direto sobre o terreno de fundação ou subleito cuja função estrutural é resistir e distribuir as cargas do tráfego e seus conseguintes esforços verticais e horizontais sem causar danos ou degradação ao pavimento tornando o conjunto durável e resistente proporcionando condições de rolamento confortável e seguro aos usuários da via (Senso, 1980).

3.3.2 Classificação dos Pavimentos quanto a Trabalhidade

Os pavimentos são classificados em três tipos (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006):

- Flexíveis
- Rígidos
- Semi-rígidos

3.3.2.1 Flexíveis

São aqueles que sofrem deformações elásticas significativas sob o carregamento vertical, distribuindo-o de forma uniforme e proporcional à resistência das camadas sobrepostas do pavimento. Um exemplo típico desse pavimento são os pavimentos asfálticos feitos com sub-base e base granulares com solo granular, brita e capa asfáltica com concreto betuminoso conforme Figura 3.

Figura 3 - Aplicação do Pavimento Flexível

Fonte: (Construtura Luiz Conta, 2014).

3.3.2.2 Rígidos

Segundo Rocha (1998), os pavimentos rígidos são aqueles que têm elevada rigidez em relação às camadas inferiores, absorvendo praticamente todas as tensões oriundas das cargas verticais e é caracterizada por sua alta resistência à tração e sua essência é a execução de placas de concreto armado ou não, sua estrutura é composta de uma placa de concreto e uma sub-base devidamente dimensionada, podendo ser estabilizado quimicamente com adição de cimento ou não. Um exemplo tipo desse pavimento são pisos de rodovias e aeroportos executados em placas de concreto (Rocha M. P., 1998).

3.3.2.3 Semi-Rígidos

Os pavimentos semi-rígidos são aqueles que se caracterizam pela junção das propriedades dos dois tipos acima apresentados (Departamento de Estradas de Rodagem/SP - DER/SP, 2006). Eles deverão ser constituídos por um conjunto de

camadas sobrepostas com características geotécnicas e espessuras projetadas conforme recomendação de cada projeto específico.

O pavimento será classificado quanto sua trabalhidade de acordo com a combinação das camadas que a solução do projeto de pavimentação indicará para cada projeto/obra em questão.

3.3.3 Classificação dos Pavimentos quando a Utilização

O mais clássico é dos pavimentos é o rodoviário, que é usado para trânsito de veículos pneumáticos leves, médios e pesados, que interligam povoados, cidades, e estados através das rodovias municipais, estaduais e federais, que é inclusive, a modalidade de transporte predominante atualmente no Brasil (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006).

Entretanto, a pavimentação, de um modo geral, se faz necessário em diversas outras situações e os pavimentos podem também ser classificados conforme sua finalidade (Senso, 1980).

- Pavimentos urbanos (ruas e avenidas).
- Pavimentos rodoviários (rodovias).
- Estradas rurais e florestais.
- Aeroportos.
- Portos.
- Pátios e pólos industriais.
- Estacionamento.
- Ferrovias.

O termo ‘SUPER ESTRUTURA’’ é utilizado no meio ferroviário para designar a ‘Superestrutura Ferroviária’ (Cabral A. C., 1998), e no meio técnico rodoviário é utilizado como sinônimo de ‘Pavimentos’,ou seja, para designar as ‘Superestruturas Rodoviárias’ sendo que pavimento e a superestrutura possuem o mesmo significado.

Ambos serão construídos sobre uma plataforma terraplenada ou infraestrutura de terraplenagem.

O presente trabalho agora se restringi ao Pavimento Urbano que é o objeto de estudo desse trabalho.

3.4 Pavimentação Urbana

3.4.1 Definição

Pavimentos urbanos são aqueles executados em locais como ruas, avenidas e até mesmo rodovias, nas áreas de concentração urbana circundes a casas, edifícios, condomínios e logradouros em geral, em vias cujas classificações funcionais são de: vias arteriais principais ou secundárias e vias coletoras ou locais (DNIT - Departameno Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2010). Normalmente a solicitação de cargas nos pavimentos urbanos é menor que nos demais tipos de pavimentos, exceto em grande cidade ou metrópoles e até mesmo algumas avenidas principais de determinadas cidades pequenas ou médias por razões excêntricas ao estudo desse trabalho.

Nos pavimentos urbanos há geralmente predominância de tráfego de veículos leves, carros de passeio e ônibus e que possuem influência menor em relação aos veículos pesados de cargas comerciais que utilizariam os pavimentos urbanos de forma menos freqüente. Os pavimentos de ciclovia e passeios, evidentemente possuem solicitação de tráfego menor que os pavimentos de trânsito urbano. Entretanto, todo dimensionamento de pavimento deve ser precedido de um estudo geotécnico e um estudo de tráfego e uma determinação para a vida útil do projeto (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006).

Os projetos devem conter estudo de tráfego de modo a atender aos organismos normativos pertinentes e devidamente reconhecido e aceito no meio técnico. Dentre essas instruções normativas cita-se: a Instrução de Projetos da Secretaria de Transportes, Departamento de Estradas de Rodagens do Estado de São Paulo IP-DE-P00-001ou conforme DNIT - Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários Escopos Básicos/Instruções de Serviço, Publicação IPR – 726

de2006 (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006) entre outros.

São definidos como principais indicadores de tráfego (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006):

- VMD (volume médio diário) que define a quantidade de veículos comerciais que passam por dia pela via durante o período de projeto.
- Número N que representa o número de repetições de eixo simples padrão de 8,2 toneladas durante o período de projeto.

Além do tráfego devem-se realizar os estudos geotécnicos do terreno de fundação (estudo do subleito) e demais materiais disponíveis para projeto de pavimentação, conforme, Instrução de Serviço IS – 206, Estudos Geotécnicos de tal modo que cada projeto de pavimentação urbana deverá prever uma combinação de camadas já estudadas acima (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006).

Conforme Oliveira (2014), as técnicas construtivas convencionais baseadas em normas de padrão rodoviário internacional são também aplicadas a pavimentações urbanas aqui no Brasil, basicamente por dois fatores (Oliveira M. D., 2014):

- Falta de inovações tecnológicas.
- Questão política e excêntrica à técnica de tal sorte a serem criadas resistências ao uso de outros materiais alternativos, naturais ou não, para a execução de bases ou outras camadas constituintes dos pavimentos em detrimento ao uso da brita e cimento.

Esse fato normalmente ocasiona em eventuais superdimensionamentos de estruturas que as tornam mais cômodas e seguras, porém mais onerosas (Villibor & Nogame, Controle Tecnológico das Bases de Solo Arenoso Fino Laterítico, 2015).

3.4.2 Constituição

Segundo o DNIT, a constituição de um pavimento urbano é dimensionada obedecendo aos critérios das normas do ABNT e do próprio DNIT ou órgãos

similares a partir de estudos e instruções descritos nessas normas. Os municípios de grande porte, como São Paulo possuem normas próprias para as obras viárias municipais. Algumas cidades intermediárias utilizam normas dos órgãos rodoviários estaduais como às de Departamento de Estradas e Rodagens (DER) de cada estado. A maioria dos municípios do Brasil não dá importância para essa questão.

3.5 Grits

3.5.1 Definição

Segundo Ribeiro (201), Grits é um resíduo sólido inorgânico de coloração acinzentada e textura grossa, gerado no processo de produção de celulose, na etapa de recuperação de soda cáustica durante a extração de celulose da madeira. O nome Grits está associado à palavra “farelo”, em função de sua textura grossa, como observado na Figura 4 (Ribeiro, Avaliação de Risíduos Sólidos Inorgânicos da Produção de Celulose em Materias Cerâmicos, 2010).

Figura 4 - Grits coletado na empresa de celulose Fibria em abril de 2016

Fonte: (Autor, 2016).

Na Tabela 1 nota-se um resumo do ensaio de caracterização granulométrica do Grits proveniente das empresas Fibria, Suzano e Cenibra. Os ensaios do Grits da

Fibria já são resultados da coleta e pesquisa deste trabalho e os resultados da Suzano e Cenibra foram extraídos das pesquisas realizadas.

Tabela 1 - Comparação da Caracterização dos Grits

Análise Granulométrica do GRITS (três unidades industriais diferentes)

Origem: Três unidades industriais (fábrica de celuloses) diferentes

Tipo	Pedregulho (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Fino (%)	TRB
Fibria	39,3	31,2	12,3	17,2	A-2-4
Suzano	9,9	40,3	38,1	11,7	A-2-4
Cenibra	6,0	41,0	35,0	18,0	A-2-4

Fonte: (Autor, 2017).

3.5.2 Composição

O Grits é constituído por Carbonato de Cálcio (CaO), Óxido de Potássio (K_2O), Óxido de Magnésio (MgO), Dióxido de Sódio ($NaO_{2)}$, Enxofre (S) e Água (H_2O) (Ribeiro, Avaliação de Risíduos Sólidos Inorgânicos da Produção de Celulose em Materias Cerâmicos, 2010).

O Grits é composto basicamente de CaO. Essa presença de Cálcio aguça o interesse de estudo desse material uma vez que o cálcio (Ca), é o principal componente químico na estabilização de solos, seja nas misturas solo-cal, ou seja, nas misturas solo-cimento que são misturas consagradas na engenharia rodoviária (Destefani, Santos, & Holanda, 2010).

A semelhança entre as propriedades do Grits e cimento são evidentes vide análise química de ambos os materiais. dentre os compostos formadores do cimento o ‘Cal’ em forma de CaO é o principal componente do cimento, originado da decomposição do carbonato de cálcio (calcário $CaCO_3$), que se encontraria quimicamente combinado com Sílica, alumina e óxido de ferro. No cimento Portland a cal representa uma quantidade de 60% a 67% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 1999).

Em vista das análises químicas de ambos os materiais verifica-se que ambos os materiais são ricos em elementos químicos como o Cálcio (Ca) e oxigênio (O) que

formam o óxido de Cálcio. O percentual do óxido de cálcio, em massa, é de 60% a 67% para o cimento Portland, já para o grits esses percentuais variam em função do tempo de estocagem e da ação de intempéries climáticas como chuva (lavagem), sol (elevação da temperatura) e vento (aeração) para que ocorra perda de outros elementos ou compostos químicos, como o sódio (Na) e o enxofre (S). Destarte, com base na literatura acerca do assunto e nos ensaios químicos do Grits verifica-se que o percentual do óxido de cálcio (CaO) está na ordem de 35% à 55% em massa.

3.5.3 Sustentabilidade na Engenharia Civil

A sustentabilidade foi tema de debate que teve início na década de 80 com o Relatório de Brundtland em 1987, que tinha como definição geral: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas". Daí muitas pesquisas e estudos sobre sustentabilidade em todo mundo abordariam tópicos relevantes para um desenvolvimento sustentável visando às questões ambientais e o impacto causado.

Hoje a preocupação com a sustentabilidade em todos os setores é uma preocupação que se compactua e aumenta a cada dia. Mas é notável que obras ecologicamente corretas e sustentáveis não são prioridade nos dias atuais e acabam em segundo plano na prática. Os recursos naturais que existem não são infinitos como se acreditava no passado e muitos estão entrando em escassez devido ao descaso. Por isso que hoje, grandes empresas e profissionais conscientes estão preocupados em causar o mínimo de impacto ao meio ambiente, utilizando recursos renováveis ou reaproveitando recursos descartáveis que causariam algum dano ou impacto a natureza, mas que com outra finalidade podem trazer benefícios em curto e longo prazo.

O uso do GRITS na pavimentação urbana é uma forma de aproveitamento de um material descartável de um processo industrial que teria apenas a finalidade de descarte em aterros. Aplicá-lo de forma sustentável no processo de pavimentação urbana, daria uma finalidade prática e útil desse resíduo através da comprovação de viabilidade técnica do solo-grits enquanto camada constituinte de pavimentos urbanos o que aumentaria as características geotécnicas das vias, por conseguinte sua vida útil e reduziria o impacto ambiental causado no processo de descarte.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de pesquisa

A natureza dessa pesquisa é caracterizada como aplicada (Rodrigues, O Problama do Homem, 2007) caracterizada por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade e nos processos cotidianos de obras de pavimentação urbana.

Também de caráter ‘exploratório descritivo’ e de‘estudo de caso (Rocha L. d., 2007) no qual se verifica a viabilidade técnica do uso do Grits na pavimentação urbana em profundidade para obter uma compreensão ampliada sobre o assunto

Com abordagem qualitativa e quantitativa (Rodrigues, Metodologia Ciêntifica, 2007) sendo que a qualitativa foi através da análise e interpretação de dois artigos científicos relacionados ao tema estudado e no cunho qualitativo foi realizado coleta de materiais; ensaios laboratoriais padronizados; tabulação, análise e interpretação dos resultados obtidos com o Grits proveniente da Fibria e os solos comuns na região de Aracruz.

A caracterização principal da metodologia dessa pesquisa foi a realização dos ensaios CBR com o controle do tempo de estocagem do Grits em laboratório (em baias) de tal modo a controlar a variável tempo de estocagem nos resultados mecânicos das misturas solo-grits.

A Tabela 2, evidencia o tempo de estocagem do grits e o ‘Marco Temporal’ em que será realizada a campanha de ensaios das misturas.

Tabela 2 – Controle do tempo de Estocagem

Data	Marco de Tempo	Tempo de Estocagem
Abril – 2016	T0 (coleta)	Zero
Outubro – 2016	T1	6 meses
Abril – 2017	T2	12 meses
Outubro - 2017	T3	18 meses

Fonte: (Autor, 2017).

4.2 População de Amostra

Foram feitas análises criteriosas e detalhada de dois artigos científicos que tratam da utilização do Grits proveniente da empresa CENIBRA, como material para pavimentação de estradas florestais.

Desses artigos, foram extraídos informações, números e dados importantes, através da análise de gráficos, tabelas e textos conclusivos sobre o respectivo assunto.

Após a análise dos dados dos artigos, foi realizado um conjunto de considerações e assim, proposto e realizado uma campanha de ensaios para a comprovação da viabilidade técnica do uso da mistura SOLO-GRITS em pavimentação urbana com os materiais Grits proveniente da empresa Fíbria Celulose S/A e solos de grande ocorrência da região de Aracruz-ES.

Vale salientar que os dois artigos focaram o assunto com objetivo de uso para pavimentação em estradas florestais, cujas peculiaridades são diferentes que as da pavimentação urbana, que é o objeto desse estudo.

4.3 Instrumento de coleta de dados

A coleta de dados foi efetuada de duas formas conforme detalhado nos tópicos a seguir.

4.3.1 Análises de Pesquisas Cientificas

Foi realizada uma análise detalhada de dois artigos científicos relacionados ao assunto e extraído informações dos mesmos.

Essa análise incluiu os resultados de ensaios, conclusões e considerações finais dos referidos artigos que são demonstradas no corpo desse trabalho com pormenorização de detalhes técnicos e observações importantes acerca dos dados e dos resultados. Baseado nisso, foram extraídas considerações dedutivas para extrapolação e aplicação do conceito teórico para materiais da localidade de Aracruz

e assim feito um plano de ensaios para confirmação do resultado satisfatório da pesquisa tentando os materiais daqui da localidade do projeto. Os resultados obtidos nesse plano de ensaios resultarão em outro conjunto de elementos para a devida coleta de dados conforme explicado no tópico a seguir.

4.3.2 Ensaios de Laboratório

Todo o procedimento desse trabalho foi norteado pelo item 4.3 – Projeto de Pavimentação do Manual de Pavimentação do DNIT, 3ª Edição, Publicação IPR – 719 (2006).

O procedimento de sondagem, coleta e preparação de materiais (Solos e GRITS) obedeceu às normas pertinentes do DNIT e da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - e constam na lista de figuras deste trabalho.

A partir desse estudo/ensaios de laboratório obteve-se uma gama de resultados de ensaios que foram tabulados e analisados através de resumos específicos da área de engenharia geotécnica, além de gráficos e tabelas auxiliares.

4.4 Análise dos dados

Após a leitura sucinta e interpretação criteriosa das informações contidas nos artigos estudados, realizou-se uma gama de considerações acerca do assunto, inclusive com consulta a especialistas da área. A seguir procedeu-se um estudo de laboratório com materiais da região (Solo e Grits) conforme já citado sendo que todos os resultados foram analisados criticamente através de resumos, tabelas, gráficos e textos conclusivos acerca da pesquisa.

Foram analisados quantitativamente os seguintes parâmetros dos solos quando misturados com Grits:

- Resistência mecânica pelo ensaio CBR.
- Expansão.
- Limite de Liquidez (LL).
- Índice de Plasticidade (IP).

O enfoque principal é dado ao parâmetro de dimensionamento de pavimentos CBR, os demais parâmetros serviram de dados geotécnicos complementares que contribuem significativamente para a caracterização das misturas Solo-Grits.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A experiência da área de engenharia rodoviária em estabilização química de camadas de pavimento, é uma prática milenar cuja adoção de misturas de aditivos químicos aos solos de grande abundância nas regiões de estudo, levam à continuidade das pesquisas de pavimentos com composições dessa natureza. A partir daí, surge à proposta da realização de uma campanha de ensaios tradicionais da área de pavimentação rodoviária.

Contudo, essa proposta é feita fundamentada pela análise de dois artigos científicos. A seguir será abordado cada um deles separadamente.

O primeiro: “APLICAÇÕES DE MISTURAS SOLO- “GRITS” EM ESTRADAS FLORESTAIS: RESISTÊNCIA MECÂNICA VIA CBR”.

Nesse trabalho foram utilizados Solos da região da Zona da Mata em MG, próximo ao município de Viçosa, de duas características diferentes com relação à presença de areia e argila, sendo um mais argiloso de característica laterítica (Solo-1) e outro mais arenoso de característica saprolítica (Solo-2). O Grits utilizado para essa pesquisa foi cedido pela Indústria de Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA), localizada na região de Ipatinga-MG (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

Foi feito a mistura de Solo-Grits em várias composições com teores de Grits variando de 4% a 28%, em relação à massa do solo seco, com o Solo-1 e Solo-2. Todas as amostras depois de misturadas foram submetidas aos ensaios de CBR e Expansão conforme as Normas do DNIT. As amostras não foram submetidas a tempo de cura úmida após sua compactação, executando-se os ensaios de CBR imediatamente depois de completar o período de imersão durante o tempo previsto de 96 horas, conforme prescrito no ensaio normatizado (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

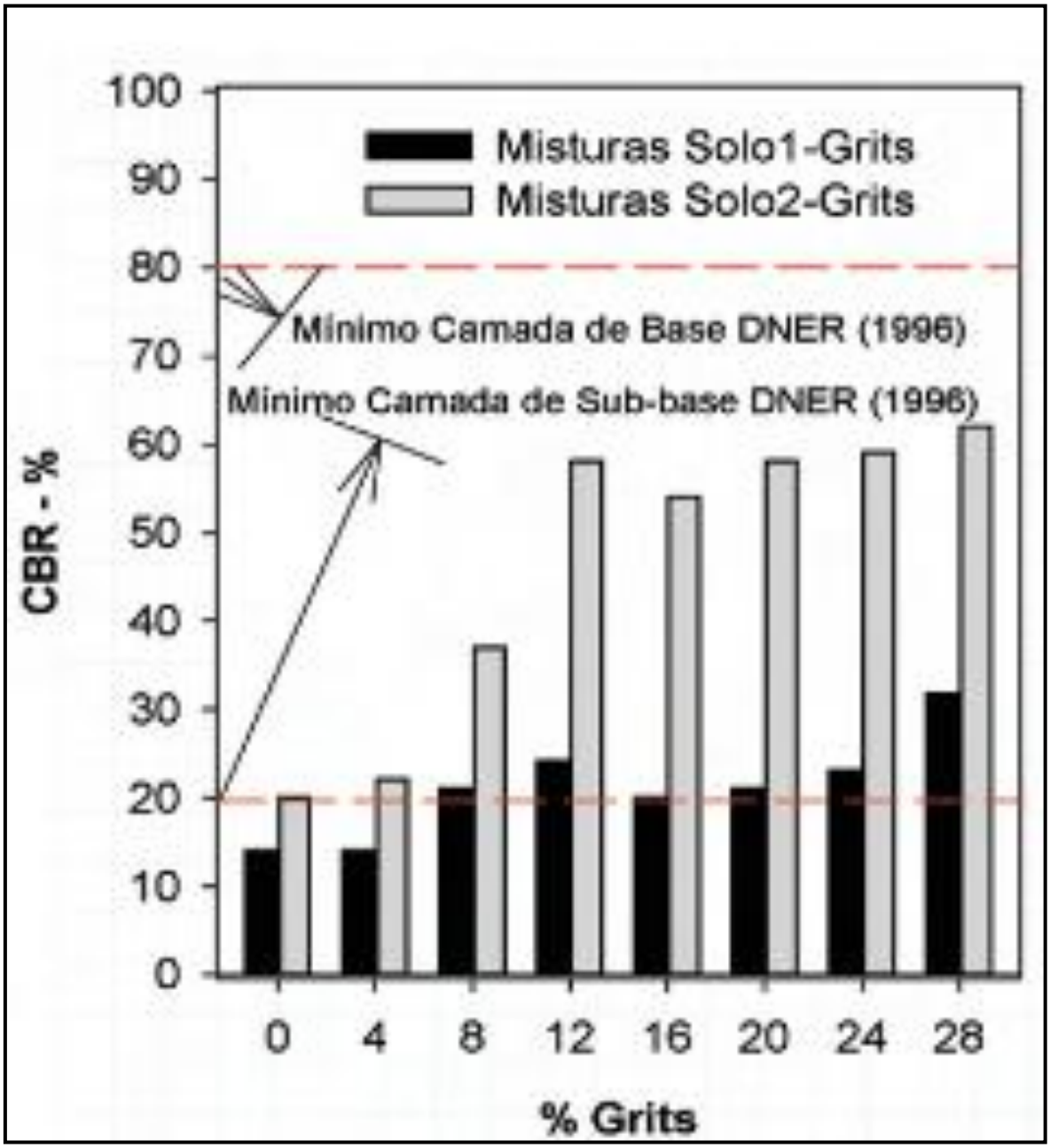
Não como crítica da pesquisa realizada, mas apenas como uma observação julgada importante pela equipe analisadora dessa pesquisa, entende-se que o tempo de estoque do grits entre a sua saída do processo produtivo e sua utilização (seja em testes laboratoriais ou em aplicação prática) é muito valioso, em função da eliminação de sódio e do enxofre que vai acontecendo com o passar dos dias,

semanas e até meses de estocagem, o que resultaria em melhor desempenho nos resultados esperados. Essa informação não foi citada na referida da pesquisa.

Sugere-se que se faça o controle do tempo de estocagem do grits para as próximas pesquisas, até mesmo porque essas informações foram obtidas com base na experiência de profissionais que já aplicaram a mistura Solo-Grits em trechos de pavimentação florestal realizado pela empresa Suzano papel e Celulose, próximo à fábrica de Mucuri-BA.

Partindo para a análise dos resultados dessa pesquisa, conclui-se que a incorporação do Grits a solos (independentemente de sua natureza) proporcionaram o aumento do parâmetro CBR, bastante utilizado no meio rodoviário para fins de dimensionamento de pavimentos. O Gráfico 2 apresentado na pesquisa aponta o Grits como material responsável pelo aumento de resistência do solo através do ensaio CBR. À medida que se aumenta o teor de Grits, há uma linha de tendência que indica o crescimento do parâmetro CBR, sendo que isso ocorreu de modo mais acentuado no Solo-2 é mais arenoso em relação ao Solo-1.

Gráfico 2- Resistência do Solo através do ensaio CBR

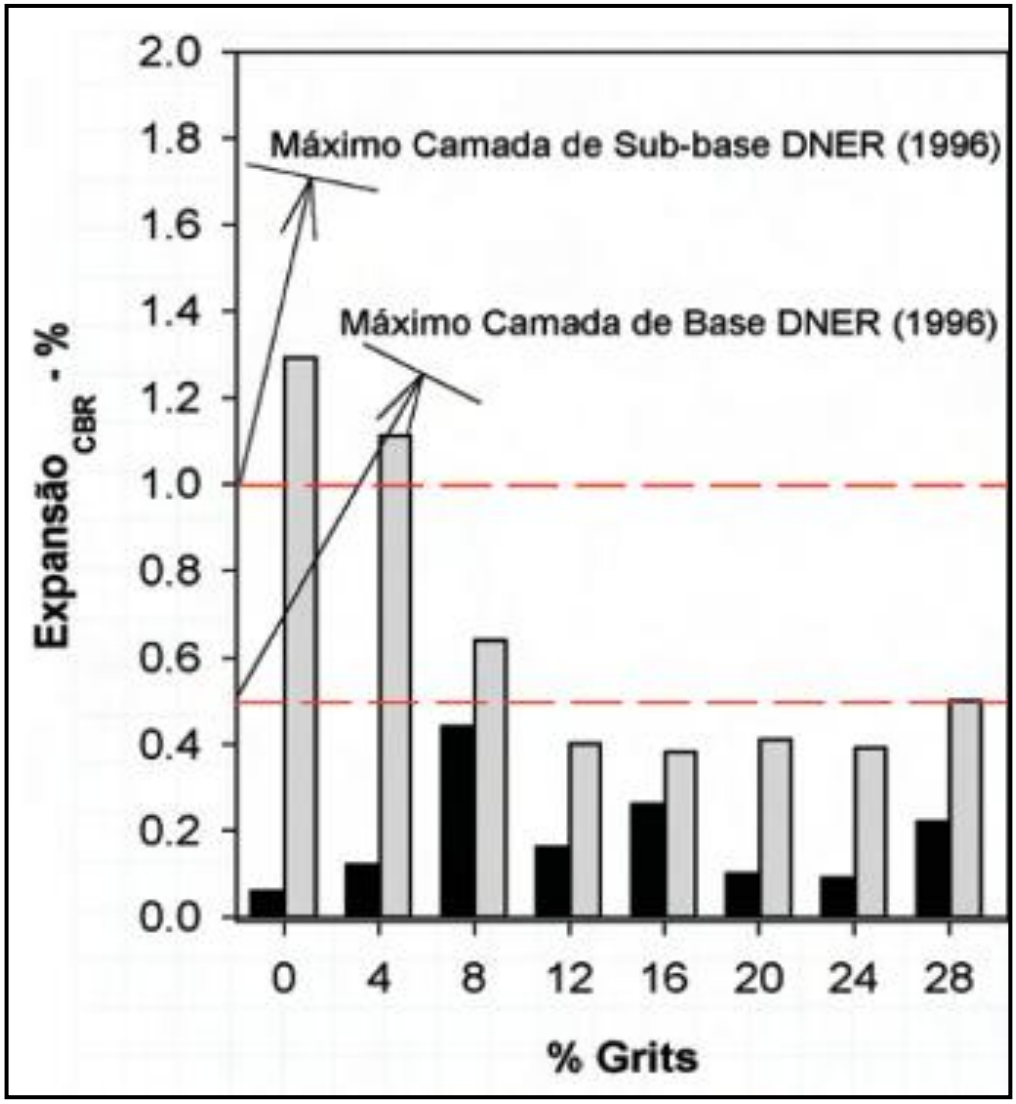


Fonte: (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

Quanto à expansão, não foi constatado grandes preocupações desse material para uso na pavimentação, conforme pode ser visto no **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, pois tanto nos solos ensaiados puros, quanto os solos ensaiados com mistura Solo-Grits, os resultados foram satisfatórios para aplicação em pavimentação, com uma expansão não superior a 0,50% que é o limite máximo para camadas de base de pavimentos rodoviários e urbanos (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

Com exceção dos teores de 4% e 8% de Grits da mistura como o Solo-2, que tiveram expansão acima de 0,50%, isso se deve possivelmente pelas propriedades do próprio solo, que é de saprolítico, logo possui tendências expansivas. Tanto é que quando foi ensaiado puro sua expansão chegou a 1,30%, e à medida que foi aumentando o teor de Grits o valor da expansão foi gradativamente diminuindo, conforme o Gráfico 3.

Gráfico 3 - Expansão dos Solos



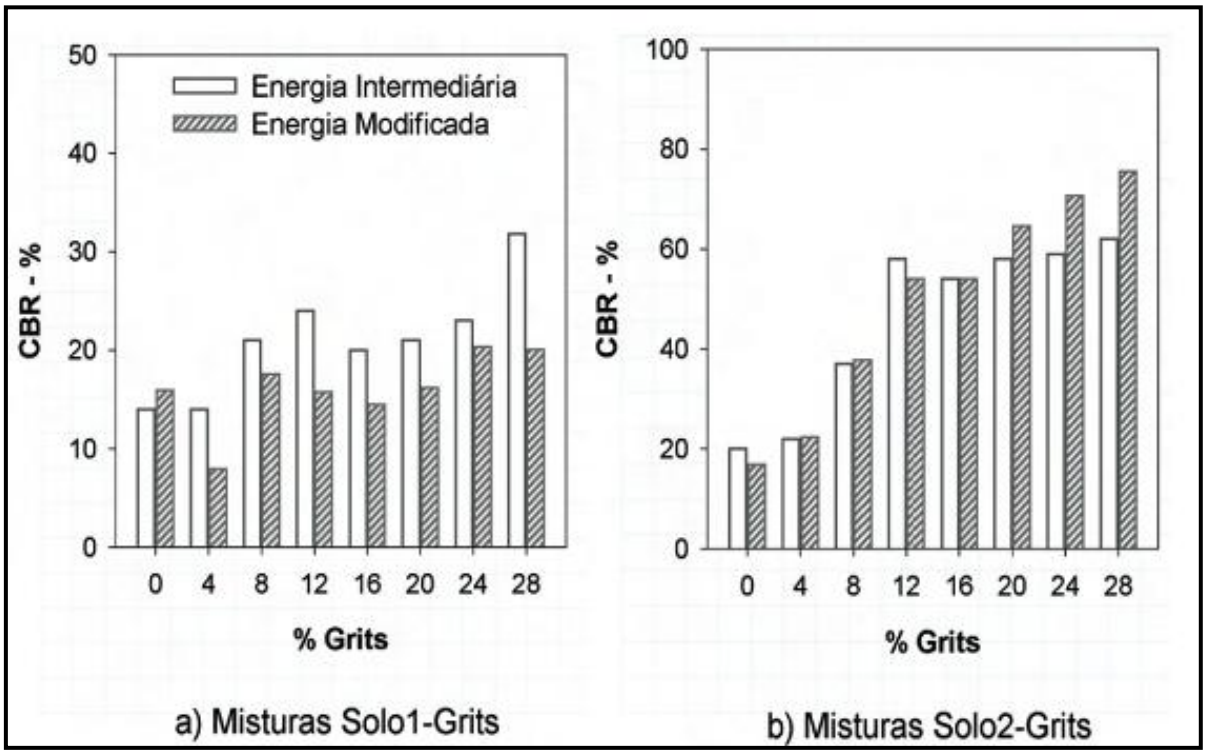
Fonte: (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

A pesquisa também constata que o aumento da energia de compactação do proctor intermediário (12,60 kgf/cm³) para o proctor modificado (25 kgf/cm³) na mistura com Solo-01 causou redução no CBR da mistura, isso se deve, provavelmente, ao fato de o mesmo ser de predominância argilosa, e a prática da mecânica dos solos

evidencia esse mesmo comportamento de queda de CBR com o aumento de energia em solos finos argilosos sem mistura (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

Logo, os autores concluíram que solos finos não devem ser trabalhados na energia modificada, com ou sem mistura, pois o efeito pode ser a invertido através da desagregação das partículas e a conseqüente perda de resistência. Já para os solos com predominância arenosa o aumento da energia de intermediária para modificada aponta um ligeiro aumento em sua resistência medida no ensaio CBR, entretanto esse aumento não foi significativo como se observa no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Comparação dos Solos



Fonte: (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

Outra questão a ser analisada nessa pesquisa é a variação da resistência das misturas com a variação dos teores de umidades em torno da umidade ótima nos ramos seco e saturado. Com relação à variação de umidade, a conclusão é a mesma que ocorre nos solos sem adição de Grits, sendo que a recomendação é que se trabalhe sempre, para fins de dimensionamento e também para fins de execução de obras, com as umidades mais próximas possíveis da umidade ótima.

Enfim, observa-se que todos os teores de grits aumentaram o CBR dos solos estudados, sendo que o de 28% foi o que teve aumento mais expressivo em ambos os tipos de solos.

No Segundo artigo: “USO DE RESÍDUOS EM PAVIMENTOS DE ESTRADAS FLORESTAIS: CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS E MISTURAS SOLO-GRITS”, também foi utilizado solos da mesma região da Zona da Mata no norte de Minas Gerais e resíduo Grits provenientes da indústria de Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA), localizada na região de Ipatinga-MG.

Os solos foram ensaiados primeiramente sem a adição de aditivos químicos, e posteriormente com a adição do Grits, de modo a comparar suas características físicas e o seu comportamento, antes e depois da adição do Grits. Foram coletados dois tipos de solos na região da Zona da Mata próximo ao município de Viçosa-MG, o primeiro denominado de Solo-01 com característica argilosa e cor vermelho-amarelado, e o segundo denominado de Solo-02 com característica arenosa e coloração acinzentada. Ambos provenientes da meteorização de Gnaisse, sendo o primeiro considerado maduro e o segundo ainda jovem na classificação expedita de solos em função do tempo de decomposição em relação à rocha que o originou (Pereira, Machado, & Carvalho, Uso de Resídus em Pavimentos de Estradas Florestais : Caracterização de Solos e Misturas Solo-Grits, 2006).

A coleta de Grits foi feita no aterro de resíduos da CENIBRA e levado para a o laboratório de engenharia civil da UFV e estocado em tambores, sem prévia secagem ao ar livre, para que fossem mantidas as características de umidade. Com Base na experiência de estudos prévios da equipe pesquisadora, foram definidas as mesmas dosagens que o primeiro estudo, com teores de grits variando de 4% a 28% (Pereira, Machado, & Carvalho, Uso de Resídus em Pavimentos de Estradas Florestais : Caracterização de Solos e Misturas Solo-Grits, 2006).

Foi realizada uma caracterização desses solos através dos ensaios de Granulometria e de Índice de Físicos (Plasticidade), onde seu avaliou a textura e consistência desses tipos de solos, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Granulometria e Índices Físicos

Parâmetro	Solo 1	Solo2
Granulometria (%) – Segundo Escala da ABNT (1986)		
Fração Pedregulho (Ø>2mm)	0	0
Fração Areia (0,06mm<Ø≤2mm)	28	74
Fração Silte (0,002mm<Ø≤0,006mm)	12	11
Fração Argila (Ø≤0002mm)	60	15
Peso Especifico dos Solos KN/m3		
Limites de Aterberg (%)	27,63	27,01
Limite de Liquidez (LL)	73	27
Limite de Plasticidade (LP)	40	19
Índice de Plasticidade (IP)	33	8

Fonte: (Pereira, Machado, & Carvalho, Uso de Resídus em Pavimentos de Estradas Florestais : Caracterização de Solos e Misturas Solo-Grits, 2006).

Os mesmos foram classificados por três metodologias diferentes, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação

Amostra	Classificação		
	TRB	USC	MCT
Solo 1	A-7-5 (20)	MH	LG’
Solo 2	A-2-4 (0)	SC	NA’

Fonte: (Pereira, Machado, & Carvalho, Uso de Resídus em Pavimentos de Estradas Florestais : Caracterização de Solos e Misturas Solo-Grits, 2006).

O Solo-1 é considerado de qualidade regular a mau, para o emprego em camadas de base de pavimentos, baseado nas classificações TRB e USC. Já a classificação é feita pelo método MCT, não entra no mérito de ser ruim ou bom para camadas de base de pavimentação, apenas o classifica como laterítico ou não.

A proposta de Villibor e Nogami (1995) com o método MCT é propor uma nova sistemática de classificação para solos nas regiões tropicais como o Brasil, de certa forma, contrapondo com as normas tradicionais de solos finos para emprego em pavimentação, cujas peculiaridades não atenderiam a realidade brasileira (Villibor & Nogami, Pavimentos Econômicos: Tecnologia do Uso de Solos Finos Laterítcos, 1995).

Segundo Villibor e Nogami (1995), de forma sintetizada, os solos lateríticos, mesmo finos e com plasticidade acima do limite mínimo e CBR abaixo do limite máximo, poderiam ser usados para estabilização de camadas do pavimento, desde que fossem realmente de propriedades lateríticas e tipo de revestimento dimensionado adequadamente (Villibor & Nogami, Pavimentos Econômicos: Tecnologia do Uso de Solos Finos Laterítcos, 1995).

O solo-2 é considerado de boa qualidade para pavimentação, pelos sistemas TRB e USC, enquanto que o método MCT, apenas o classifica como não Laterítico e não entraria no mérito de sua qualidade para pavimentação.

No caso desses dois tipos de solos em questão que estão sendo avaliado, o primeiro é caracterizado como solo laterítico e o segundo como não laterítico, segundo a classificação MCT.

Na caracterização do Grits feita nesse artigo, a composição granulométrica desse material é de 6% de pedregulho, 41% de Areia Grossa, 35% de areia fina e 18% de material fino (Silte e Argila). Logicamente que esses percentuais são equivalentes ou correspondentes aos diâmetros de tais nomenclaturas (pedregulho, areia, silte e argila), pois são materiais de origem industrial e a não extraídos da natureza. A consistência do grits Não Plástica (NP) e sua textura é grossa conforme resultados da pesquisa.

Para o Solo-1, o índice de Plasticidade (IP) do solo sofre uma queda considerável quando misturado nas dosagens de 4% e 8%, caindo da casa do 33% quando natural para uma média de 15% quando misturado com Grits, a partir do teor de 8% em diante a uma tendência de estabilização do IP para a mistura de Solo-Grits como o Solo-1.

Para o Solo-2, observou-se uma queda de IP pouco significativa e gradativa a medida que se aumentou o teor de Grits, ao passo que o Solo-2 apresentava, quando puro, um IP em torno de 10% e na dosagem com maior teor de grits a sua queda já pode ser considerada significativa, pois o seu índice de plasticidade com 28% de Grits foi reduzida a menos de 5% de IP.

A apresentação gráfica a seguir, Gráfico 5 evidencia a redução do índice de plasticidade tanto de solo-01 como do solo-02. Houve uma queda acentuada dessa propriedade no solo-01 e no solo-02 essa queda foi muita pequena.

Gráfico 5 - Redução do índice de plasticidade

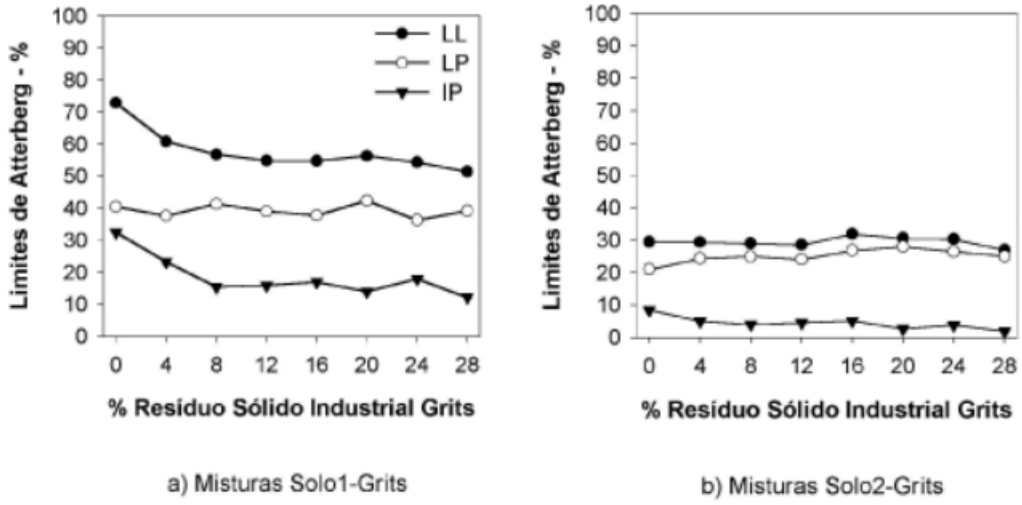
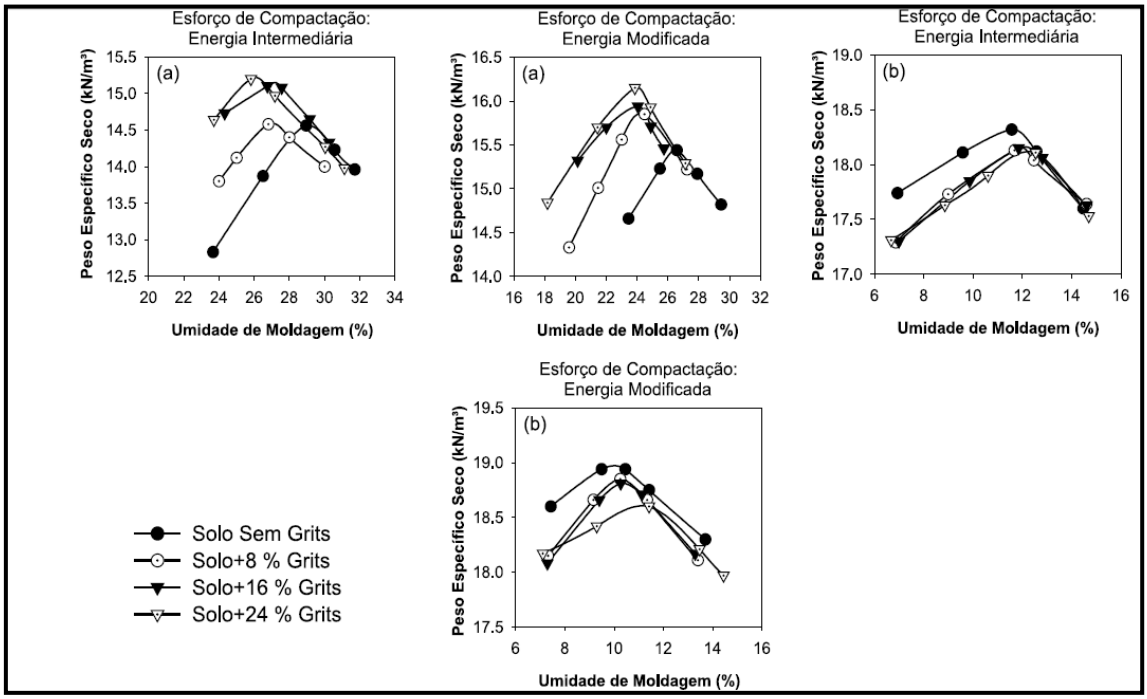


Figura 2 - Limites de Atterberg dos solos e das misturas solo-"grits".
Figure 2 - *Atterberg limits of soils and soil-grits mixtures.*

Na análise das curvas de compactação do Solo-1 (a) (argiloso), houve redução de umidade ótima e aumento no peso específico seco quando misturado com Grits. Esse comportamento foi constatado a cada aumento do teor do Grits de forma gradativa nas duas energias que foram compactadas essas amostras, intermediária e modificada.

No Solo-2- b (arenoso), o comportamento foi exatamente o inverso, conforme pode ser constatado no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Gráfico Solo-2-Grits



Fonte: (Pereira, Machado, & Carvalho, Uso de Resídus em Pavimentos de Estradas Florestais : Caracterização de Solos e Misturas Solo-Grits, 2006).

Portanto, conclui-se que a alteração nas características físicas ocorreu com maior representatividade no Solo-1 (Argiloso), tanto na redução da plasticidade, como no aumento do peso específico máximo seco. Sendo esse resultado satisfatório na aplicação de Grits em Solos Argilosos utilizados nessa pesquisa.

Entretanto no Solo-2 (Arenoso), não se obteve ganhos significativos na redução de plasticidade, e no peso específico máximo solto, houve inclusive decréscimo nesses valores.

6 CONSIDERAÇÕES FINAISACERCA DOS ARTIGOS ESTUDADOOS

Considerando que o parâmetro indicador de maior relevância para a nossa análise será sempre os índices de resistência mecânica, nesse caso o CBR ou ISC, foi elaborada, de modo conclusivo, com os dados extraídos da Pesquisa 01 a Tabela 5e na Tabela 6 que demonstram a melhora do CBR em função do uso do Grits nas misturas e evidencia o percentual de aumento de CBR dos solos 01 e 02, puros e

depois com adição de grits no teor de 28% de Grits, que foi o de melhor performance entre todos os teores.

Tabela 5 - Análise do Solo-1 da pesquisa 01

ANÁLISE DO SOLO-1						
Teor de Materiais (%)		Energia Compactação	Umidade Ótima (%)	Densidade Máxima (t/m³)	CBR (%)	Expansão (%)
SOLO-1	GRITS					
100,0	-	Intermediária	28,87	1,458	14,00	0,40
72,0	28,0	Intermediária	29,00*	1,540*	32*	0,20*

* Valor aproximado pelo esboço gráfico

Ganho de CBR após a mistura com 28% de Grits - Solo-1 (Argiloso e Laterítico)	**128,57%**

Fonte: (Autor, 2017).

Tabela 6 - Análise do Solo-2 da pesquisa 01

ANÁLISE DO SOLO-2						
Teor de Materiais (%)		Energia Compactação	Umidade Ótima (%)	Densidade Máxima (t/m³)	CBR (%)	Expansão (%)
SOLO-2	GRITS					
100,0	-	Intermediária	11,38	1,833	20,00	1,30
72,0	28,0	Intermediária	12,20*	1,800*	62,00*	0,50*

* Valor aproximado pelo esboço gráfico

Ganho de CBR após a mistura com 28% de Grits - Solo-2 (Arenoso e Saprolítico)	**210,00%**

Fonte: (Autor, 2017).

A pesquisa 02 evidenciou melhoras nas características físicas das misturas solo-gritse de modo complementar é apresentado a melhora nas características físicas das misturas. A Tabela 7 abaixo apresentada os ganhos nas características físicas, especificamente o IP (índice de plasticidade) das misturas solo-grits nos teores de 28% de adição de grits.

Tabela 7 - Análise do Solo-1 do Solo-2 da pesquisa 02

MISTURAS SOLO-GRITS	
Tipo de Solo	**IP (%)**
Solo-01 Puro	33,0
Solo-01+GRITS	12,0
Solo-02 Puro	8,0
Solo-02+GRITS	4,9

Fonte: (Autor, 2017).

7 ESCOLHAS DOS SOLOS DA REGIÃO DE ARACRUZ PARA ESTUDO

Foram escolhidos dois pontos estratégicos e de fácil acesso para a coleta dos solos locais que representam os solos típicos da nossa região e ainda com potencial para futura exploração de jazidas ou caixas de empréstimos.

Os dois solos escolhidos aqui serão tratados como: Latossolo e Saprolítico para todas as tratativas a partir desse ponto da pesquisa, conforme classificação proposta por Lemos (2006). Essa classificação é função do tempo de formação do maciço de solo ou do grau de intemperismo/maturidade de evolução do extrato do solo em estudo (Lemos, 2006).

Segundo Santana (1975), o termo “Laterização” é também aplicado para tratar o tempo ou idade do solo associado às condições de exposição como o clima e o relevo da região o que influi nas condições de temperatura e pressão. O Latossolo trata-se de um solo residual maduro com maior tempo de ‘Laterização’ e praticamente mais nenhuma característica mineralógica ou estrutural da rocha que o originou. Conforme pode ser observado na Figura 5, sendo que a elipse vermelha evidencia a bancada de material latossólico de cor amarela. A seta próxima ao poste nessa mesma foto evidencia a localização do ponto da coleta. Na inspeção tátil visual desse material foi constatada presença de argila com areia e indícios de elevada coesão (Santana, 1975).

Figura 5 - Vista Panorâmica da Existência do Latossolo Amarelo – ES – 124

Fonte: (Autor, 2017).

De acordo com (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006) o solo ‘Saprolítico’, apresenta características estruturais e mineralógicas mais semelhantes do material de origem da rocha mãe, evidentemente com alto grau de fragilidade típico de materiais siltosos rosados ou variegados ou materiais como as rochas em decomposição/fraturadas. A Figura 6 a seguir evidencia a ocorrência do material Saprolítico na área de estudo durante a execução da obra de acesso à escola Honório Nunes de Jesus, que fica ao lado do ponto de coleta e apresenta a mesma ocorrência de material (foto cedida pela Semob/PMA).

Figura 6 - Ocorrência de Solo Saprolítico nas operações de corte na obra de terraplenagem para pavimentação do bairro Morobáem Aracruz – ES em 2015

Fonte: (Autor, 2015).

Abaixo segue o registro fotográfico das coletas e a suas localizações:

- LATOSSOLO

Figura 7 - Ponto de Coleta na Rodovia ES-124, Km 15 LD – Talude Lateral

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 8 – Coleta do Latossolo na duplicação da Avenida Guaxindiba, Estaca 109+0,00.

Fonte: (Autor, 2017).

- SAPROLÍTICO

Figura 9 - Vista do Talude de Solo Saprolítico em Estudo.

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 10 – Coleta de Solo Saprolítico na Avenida Florestal em Aracruz.

Fonte: (Autor, 2017).

8 CLASSIFICAÇÕES DOS SOLOS SELECIONADOS REGIÃO ARACRUZ

Segundo Oliveira, Klinger e Nunes (1992), os solos são dotados de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação integrada do clima e dos organismos, agindo sobre o material de origem, em determinadas condições de relevo durante certo período de tempo (Oliveira, Klinger, & Nunes, 1992).

Para Caputo (1988), o solo pode ser conceituado como material natural, proveniente do intemperismo físico e químico das rochas associado às alterações por desintegração mecânica pelos agentes físicos ou alteração química, oriundos de ações da água, vento, vegetação, temperatura e pressão (Caputo, 1988).

Conforme as características dos latossolos e saprolíticos proposto por Lemos (2006) e a partir das pesquisas realizadas os solos estudados foram identificados por: Latossolo e Saprolítico em função do seu tempo de ‘Intemperização’ ou ‘Laterização’, sendo que o primeiro tem elevada coesão e com poucas características mineralógicas da rocha de origem, já o segundo ainda possui algumas características da rocha ‘mãe’ (Lemos, 2006).

Segundo Oliveira, Klinger e Nunes (1992), a classificação pedológica e subclassificação de horizontes demandariam ensaios químicos dos extratos de solos para essa pesquisa não seria fundamental. Bastando aqui a identificação em consonância com a literatura em função da origem pedogênica dos materiais, o que facilitará as menções dos solos a partir desse ponto do trabalho. Para fins deste trabalho denominaremos a partir de agora os solos dessa pesquisa de: Latossolo e Saprolítico (Oliveira, Klinger, & Nunes, 1992).

Na Classificação expedita conforme item 4.3 – Projeto de Pavimentação do Manual de Pavimentação do DNIT, 3ª Edição, Publicação IPR – 719 (2006) tem-se como primeiro solo uma argila arenosa amarela e o segundo um siltearenо-argiloso variegado, respectivamente para o latossolo e saprolítico (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006).

Segundo Chioveto (2009) o sistema de classificação de solos mais utilizado em pavimentação é o Transportation Research Board (TRB) que é basicamente a mesma do antigo Highway Research Board (HRB), aprovado em 1945 e que constitui um aperfeiçoamento do mais antigo sistema da Public Roads Administration, proposto em 1929. Neste sistema, então denominado HRB, considera-se a granulometria, o limite de liquidez, o índice de liquidez e o índice de grupo (Chioveto, 2009). Essa classificação está relacionada com o método de dimensionamento de pavimentos pelo índice de grupo (DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006).

Pelo Sistema TRB (Transportation Research Board) os solos aqui estudados terão as seguintes classificações:

- Latosssolo - subgrupo TRB A-7-6.
- Saprolítico - subgrupo TRB A-2-7.

Algumas amostras do Silte Areno-Argiloso Variegado (Saprolítico) em função de sua heterogeneidade na ocorrência apresentou classificações no grupo de solos do tipo A-7-6, mesmo com a devida preparação, quarteamento e tomando amostras representativas, isso porque o perfil ou extrato de solo nesse local é heterogêneo.

Essa duplicidade nessa última classificação ocorre em função de que o fator determinante na classificação TRB, é a peneira duzentos (#200) com abertura de 0,074mm. Sendo que nesse solo ‘Saprolítico’ foi observado claramente, nas várias amostragens recolhidas e ensaiadas que, em verdade, ele se situa numa faixa de transição entre os solos da Classe A-2 para os Solos da Classe A-7, donde a peneira duzentos (# 200) nesse solo passa, em média, de 35% a 36% em relação à amostra total, percentual este que é exatamente o percentual que define a transição de um Solo do grupo A-2 para um solo do Grupo A-7. Entretanto, notoriamente será verificado que as características de resistência mecânica desse solo Saprolítico quando compactados são muito mais compatíveis com as de solos do grupo A-7, cujas características geotécnicas são de muito fraca à pobre.

Conforme Vallibor e Nogami (1995) a classificação TRB, apesar de ser a tradicional e mais difundida no meio rodoviário aqui no Brasil, é a que tem a maior deficiência e sérios conflitos quanto a resultados de CBR com variações enormes para os mesmo tipos grupo ou tipo solo quanto ao sistema de classificação TRB, cuja ranger de variação pode ser de um CBR de 3% para um A-2-4 de origem saprolítica como pode atingir um CBR de até 60% para um solo A-2-4, porém com origem pedogênica diferente. O grau de ‘Laterização’; a Morfologia e os teores de Minerais Constituintes podem alterar os parâmetros de resistência dos solos, como a presença de minerais arenosos (quartzosas) ou argilíticos constituídos por óxidos de ferro (hematita e goetita), óxidos de alumínio (gibsita) ou minerais caulinitícos cuja influência do comportamento mecânico resulta em maior reatividade e, por conseguinte melhores resistência, porém essas constatações não seriam previsíveis ou estimáveis, com a classificação apenas pelo sistema TRB (Villibor & Nogami, Pavimentos Econômicos: Tecnologia do Uso de Solos Finos Laterítcos, 1995).

Ainda segundo Vallibor e Nogami (1995) o TRB por si só não seria suficiente para prever seu comportamento mecânico, cujas discrepâncias de CBR para mesmo tipo de solo ocasionam descrédito e por vezes, insucesso no avanço de pesquisas geotécnicas por falta de conhecimento técnico aprofundado quanto a gênese do solo, que é de vital importância para sua análise enquanto material para pavimentação e até mesmo enquanto terreno natural ou subleito de qualquer interação com uma obra de engenharia. Porém esse tema não é foco desse trabalho, principalmente porque, de forma preditiva, aqui é levada em consideração

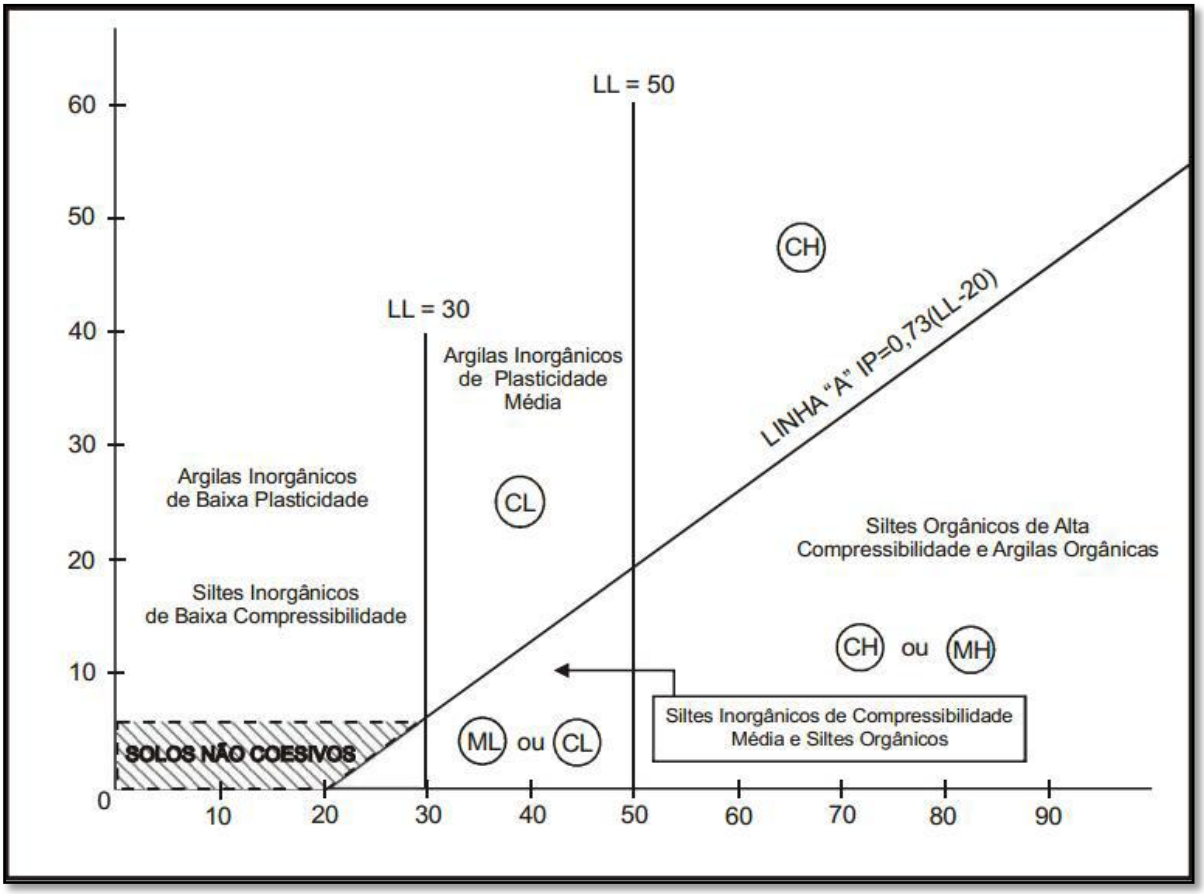
a origem pedogênica dos Solos, identificados como Latossolo e Saprolítico (Villibor & Nogami, Pavimentos Econômicos: Tecnologia do Uso de Solos Finos Laterítcos, 1995).

Para melhor abrangência das várias vertentes de classificação de solos para os estudados na Região Aracruz, é apresentada também a classificação SUCS - Sistema Unificado de Classificação dos Solos -, que por sua vez leva em consideração a gênese dos solos.

Na classificação SUCS, inicialmente é feita a identificação dos solos pelas iniciais das palavras correspondentes em inglês. Por exemplo, um pedregulho é identificado pela letra G de gravel; um pedregulho bem graduado é identificado pelas letras GW de gravelwellgraded. Vale lembrar que a dificuldade de separação entre areia e silte, ambas palavras começando com a letra s em inglês — sand e silt —, respectivamente é contornada utilizando para o silte a palavra ‘mo’, silte em sueco.

O USC se baseia na granulometria, textura e na plasticidade dos solos. No que tange à plasticidade e compressibilidade, tanto siltes como argilas são identificados em função de apresentarem maior ou menor valor dessas características. O limite de separação entre baixa compressibilidade e alta compressibilidade é LL = 50%, conforme Gráfico 7.

Gráfico 7 - Plasticidade da metodologia SUCS



Fonte: (Villibor & Nogami, Pavimentos Econômicos: Tecnologia do Uso de Solos Finos Lateritcos, 1995).

De forma geral, os solos são classificados em três grupos principais:

- Solos de granulação grossa (mais de 50% retido na malha 0,074 mm).
- Solos de granulação fina (mais de 50% passante na malha 0,074 mm).
- Solos altamente orgânico, identificado pelo odor ou presença de matéria orgânica.

Pormenorizando os solos na classificação SUCS são sub-divididos conforme sua graduação, seja ele bem (W) ou (P) mal graduado, seguido da presença de silte (M) ou de argila (C).

O primeiro solo dessa pesquisa segundo a metodologia SUCS foi classificado como "CL" - Argila Inorgânica de Alta Plasticidade, para o Latossolo.

O segundo solo estudado enquadrou-se como um solo do tipo ‘SC’ (Areia Argilosa com Plasticidade Média).

Por fim apresenta-se a Tabela 8 abaixo com o resumo da classificação dos dois solos estudados.

Tabela 8 - Resumo da Classificação

Classificação Pedogênica	Classificação Expedita	TRB	SUCS
Latossolo Amarelo	Argila Arenosa Amarela	A-7-6	CL
Saprolítico Variegado	SilteAreno-Argiloso de cor Rosa à Variegado	A-2-7 / A-7-6	SC

Fonte: (Autor, 2017).

9 COLETA E ESTOCAGEM DOS GRITS

Para realização dessa pesquisa, foi fornecido pela empresa Fibria Celulose cerca de 400 kg de Grits para a realização dos ensaios completos da mistura SOLO-GRITS com o Latossolo e Saprolítico abundantes na região de Aracruz-ES. Essa coleta foi realizada em abril de 2016, como registram às Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14 e a Figura 15.

Figura 11 - Aterro Industrial Fíbria - Aracruz - ES

Fonte: (Autor, 2016).

Figura 12 - Carregamento do Material para sua disponibilização à pesquisa

Fonte: (Autor, 2016).

Figura 13 - Descarga do Grits ao lado do aterro Industrial

Fonte: (Autor 2016).

Figura 14 - Espalhamento do Grits da Fíbria no tempo denominado T-0

Fonte: (Autor, 2016).

Figura 15 - Secagem do Grits ao ar livre

Fonte: (Autor, 2016).

Foi programada a realização dos ensaios em dados momentos diferentes, com o controle de tempo de estocagem. Na data da coleta, denominamos de Marco de Tempo (T-0), e a partir de então foi feito um controle de estoque do Grits para a repetição dos mesmos ensaios após 6, 12 e 18 meses, chamados, respectivamente, então de T1, T2 e T3. A Figura 16 e a Figura 17 evidenciam o controle de estocagem do GRITS.

Figura 16 - Coleta do Material na Baia do Laboratório para realização dos ensaios

Fonte: (Autor, 2016).

Figura 17 - Tombamento e Homogeneização do Grits

Fonte: (Autor, 2016).

10 DOSAGEM DA MISTURA SOLO-GRITS PARA REGIÃO ARACRUZ

Estudos de Pereira, Machado e Carvalho (2006) verificou que o teor de 28% de Grits, em relação à massa de solo seco, foi a que obteve o melhor desempenho de CBR, na energia intermediária, em ambas as misturas, para a região da zona da mata em Minas Gerais. Portanto, esse foi o teor que nos serviu como ponto de partida para uma série de ensaios que foi realizado (Pereira, Machado, & Carvalho, 2006).

Segundo os métodos de dosagem adotados pela ABCP e pela ABNT deve-se dispor dos ensaios de caracterização física e mecânicas dos solos a serem misturados e com o auxílio de ábacos adota-se o melhor teor de cimento. A seguir são apresentados os ábacos utilizados pelo meio técnicos para a dosagem de misturas de solo-cimento, sempre a partir dos dados extraídos de ensaios de caracterização física e mecânica dos solos e dos com agregados pétreos que poderiam ser adicionados ao solo.

- Teor de cimento em Função (Classificação TRB)

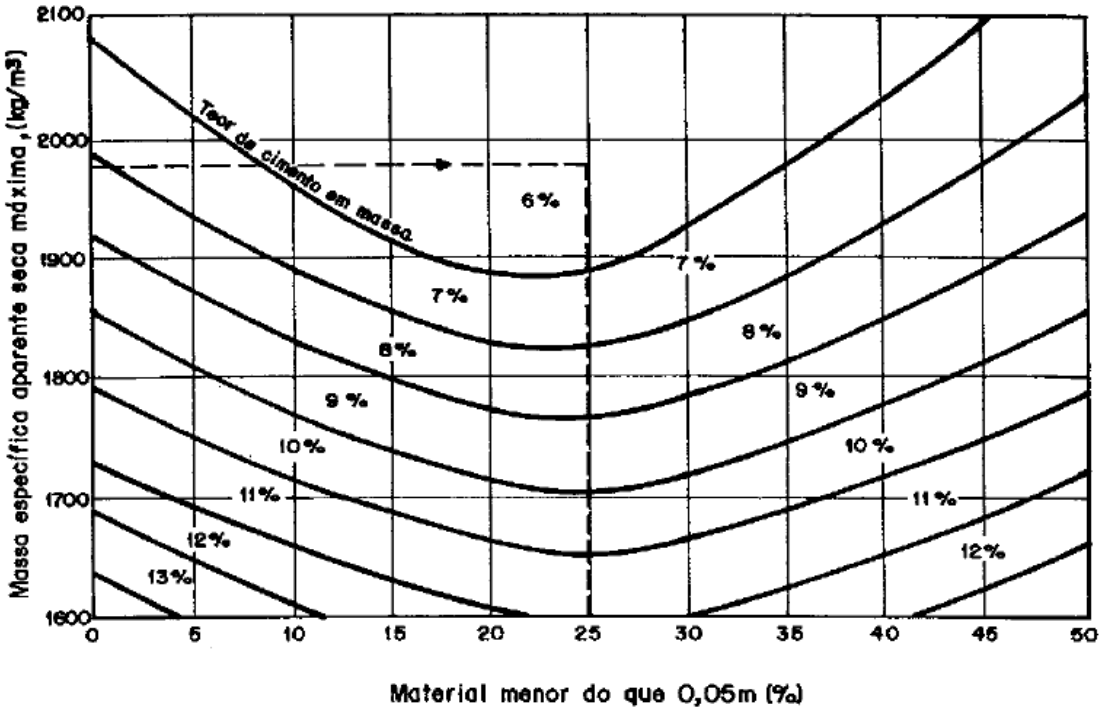
Tabela 9 - Teor de cimento sugerido para o ensaio de compactação de solo-cimento

Classificação do solo, segundo a ASTM D 3282	Teor de cimento sugerido, em massa (%)
A 1-a	5
A 1-b	6
A 2	7
A 3	9
A 4	10

Fonte: (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, 2002).

- Teor de cimento em Função (Massa específica máxima seca e teor de finos)

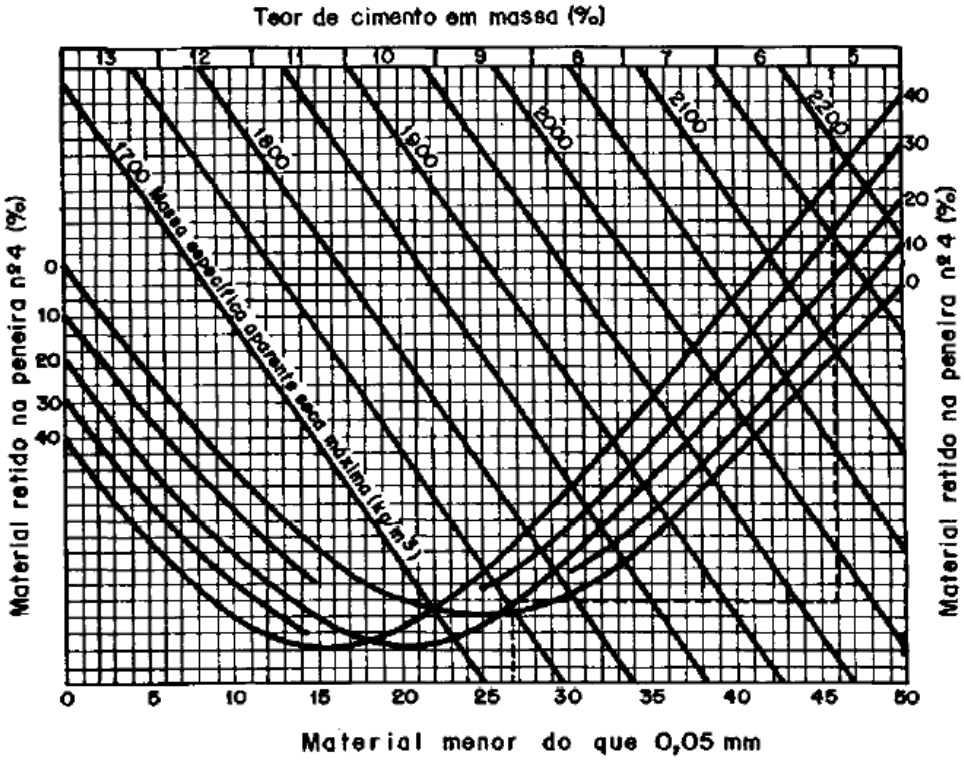
Ábaco 1 - Teor de cimento em massa, para o ensaio de compressão simples, em função da porcentagem, de material menor do que 0,5mm e da massa especifica aparente seca máxima



Fonte: (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, 2002).

- Teor de cimento em Função (Material retido na peneira Nº 4 e teor de finos)

Ábaco 2 - Teor de cimento em massa, para o ensaio de compressão simples, em função da porcentagem, de material menor do que 0,05mm e de material retido na peneira Nº 4 e da massa especifica aparente seca máxima.

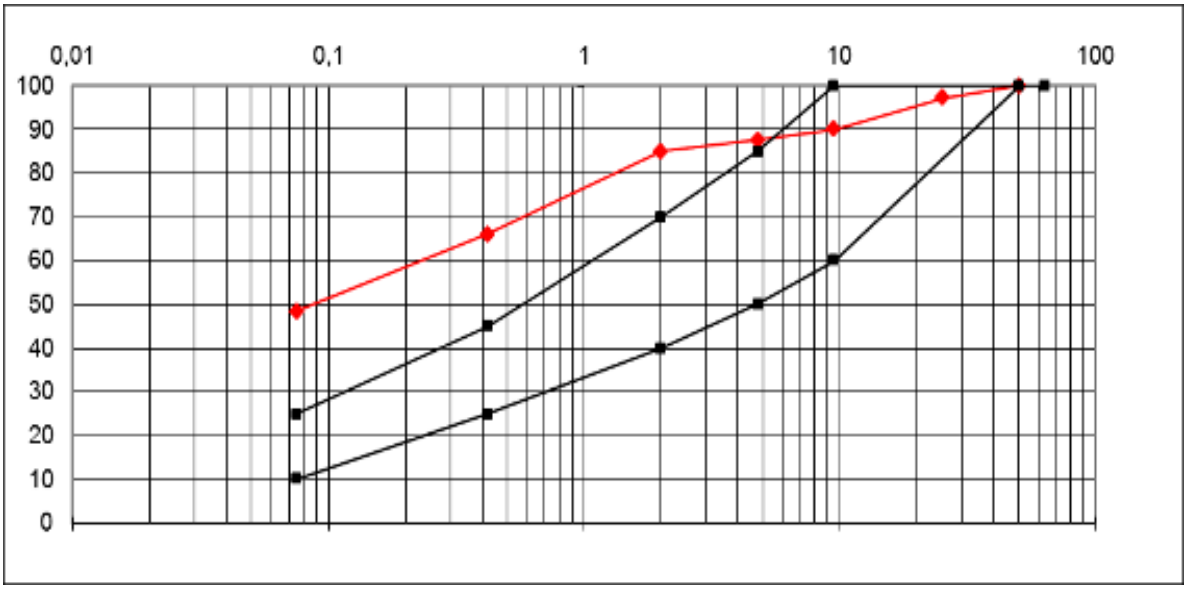


Fonte: (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, 2002).

Analisando os gráficos e ábacos acima e as composições químicas do cimento e do grits bem como o teor de carbonato do cálcio (Cao) do próprio cimento e do grits, associado aos resultados mecânicos das pesquisas realizadas com várias dosagens diferentes, foi identificado o teor ótimo de GRITS de 30% em relação à massa do solo seco para os ensaios de laboratório, visando resultados de CBR ou ISC maior ou igual a 20% do padrão, de modo a atender os requisitos de materiais para camadas constituintes de pavimentos urbanos.

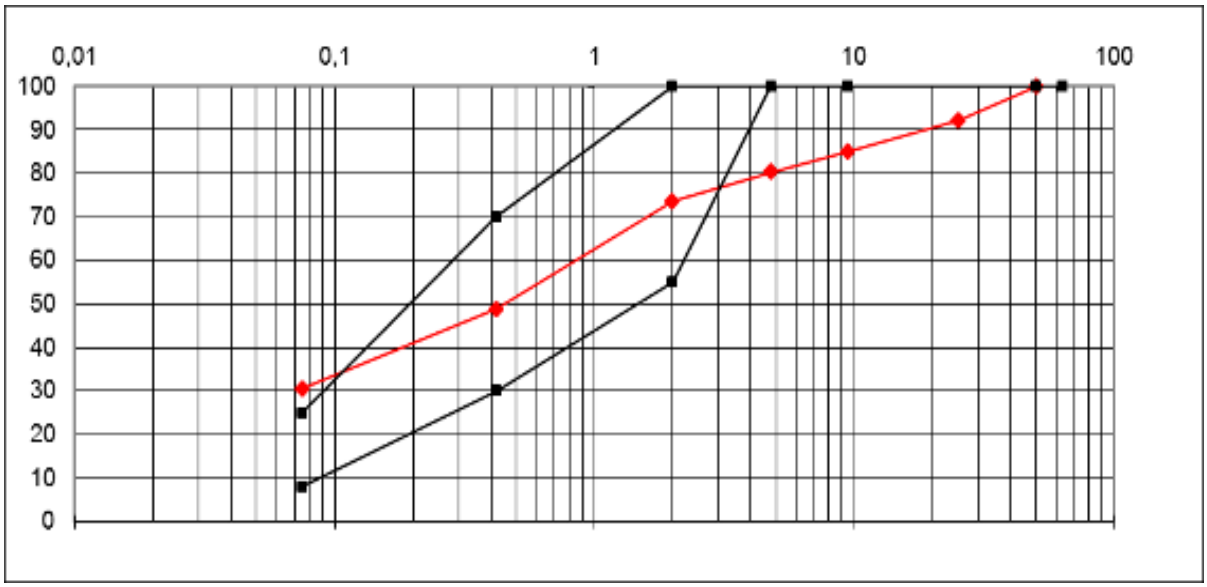
Abaixo são demonstradas no Gráfico 8 r Gráfico 9 as granulometrias das misturas dos solos (faixa vermelha) na proporção de 70/30, solos e GRITS respectivamente. Sendo a faixa preta os limites mínimos e máximos da faixa “F” do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutua de Transportes - DNIT/ES, 2010).

Gráfico 8 - 70% Latossolo + 30% Grits fora da faixa “F” do DNIT (fixa mais razoável)



Fonte: (Autor, 2017).

Gráfico 9 - 70% Saprolítico + 30% Grits fora da faixa “F” do DNIT (faixa mais razoável)



Fonte: (Autor, 2017).

Ambas as misturas continuaram fora da especificação mínima do DNIT o que condenaria esse material para uso como material nobre em pavimentação, porém por suas características reativas, o seu dimensionamento e dosagem devem seguir as normas indicadas para solo-cimento em função da similaridade de características. Para tanto foi observado os parâmetros de dimensionamentos constantes nas normas ‘NBR 12253 Solo Cimento – Dosagem par emprego como camada de

pavimento', que leva em consideração vários parâmetros que serão aqui estudados na mistura SOLO-GRITS (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2012).

Os principais organismos que normatizam dimensionamento e execução de base ou sub-base de solo cimento para pavimentação, como o DNIT, ABNT e ABCP, preconizam que o teor de cimento deve situar-se entre 5% e 10% com uma variação de +- 3 para o mínimo e para o máximo. Aplicando essas metodologias aos solos estudados de acordo com as normas da ABNT e DNIT o teor de cimento seria de 7,5% em média, baseando-se nos parâmetros de dimensionamento como: Massa específica aparente máxima seca dos solos e classificação conforme a norma (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2012)

Ainda segundo a norma, em função da granulometria, tomando como referência a peneira de número 40 (# Nº 40) e o percentual menor que 0,05mm, isto é, a parcela de minerais argilosos, tem-se um teor de cimento ideal em torno de 9,5%, conforme metodologia e ábaco também constante na norma supracitada (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2012).

O boletim técnico da ABCP – Associação Brasileira Cimento Portland - de Nº 15, teríamos uma minimização das variáveis para os casos de tráfego muito leve e leve, de tal sorte que os pavimentos urbanos que dispuserem de camadas estabilizadas química ou granulometricamente teriam que atender apenas uma especificação de CBR mínimo de 20% (Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, 2002).

Segundo Machado e Lima (2006) as camadas estabilizadas quimicamente têm vantagem em função da característica de placa semi-rígida cujo módulo de resiliência é superior ao dos materiais granulares, sendo que os materiais reativos como solo-cimento e solo-grits com o passar de seu tempo de serviço, por suas reações químicas, sofrem aumento de parâmetros de resistência mecânica por boa parte da sua vida útil (Machado & Lima, Durabilidade de Solos Estabilizados Quimicamente com Vistas á Aplicação em Estradas Florestais, 2006).

Segundo Ribeiro (2010) o GRITS possui características similares a do cimento e as reações químicas alteram as características físico das misturas como limite de liquidez e índice de plasticidade, reduzindo-os de modo a condicioná-los como materiais constituintes para emprego em sub-bases ou base de pavimentos urbanos,

com detalhamento específico conforme cada projeto específico de pavimentação (Ribeiro, Avaliação dos Resíduos Sólidos Inorgânicos da Produção de Celulose em Materias Cerâmicos, 2010).

Portanto, a adição de 30% de GRITS foi à ideal para otimização do material e maximização dos resultados exatamente pelo exposto detalhadamente no tópico dosagem de solo-grits desse trabalho de conclusão de curso.

10.1 Execução dos Ensaios de Solos e Misturas Solo-Grits

Foram executados todos os procedimentos de ensaios dos Solos puros e das misturas de SOLO-GRITS de nossa região, submetendo-os aos ensaios tradicionais de compactação, CBR ou ISC, granulometria, limite de liquidez e plasticidade, conforme previsto no item 4.3 (Instrumentos e Coleta de Dados). A seguir são apresentadas na Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27 e a Figura 28, as etapas dos ensaios realizados.

Figura 18 - Preparação da Amostra de Solo e de GRITS

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 19 - Separação das Amostras de Grits

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 20 - Pesagem das amostras de Grits

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 21 - Pesagem das Amostras de Solo Puro

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 22 - Umedecimento e Homogeneização

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 23 - Compactação das Amostras

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 24 - Embebição durante 96 horas para Ensaio CBR ou ISC

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 25 - Colocação de extensômetro para medir Expansão no ensaio CBR

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 26 - Retirada do Cilindros do tanque para Ensaio CBR

Fonte: (Autor, 217).

Figura 27 - Rompimento dos corpos de prova na prensa CBR

Fonte: (Autor, 2017).

Figura 28 - Desmontagem dos coros de prova compactados

Fonte: (Autor, 2017).

A partir dos resultados dos ensaios, foi possível avaliar a influência do tempo de estocagem no comportamento do CBR e de outras propriedades mecânicas e físicas das misturas.

Foram adotados os padrões de ensaios do DNIT e ABNT para cada campanha de ensaios em cada dado momento ou marco temporal mencionado nesse trabalho.

A abordagem que fundamentou a pesquisa de caráter exploratório descritivo, com obtenção de resultados de ensaios da pesquisa experimental e da análise dos dois artigos científicos e na que foi orientada e pelo nosso Professor Evandro da FAACZ e co-orientada pelo Daniel Silva Pereira, especialista da área de engenharia rodoviária e aeroportuária.

Ressalta-se que os ensaios feitos no estudo foram os pertinentes a materiais do tipo ‘solo’ conforme as normas de métodos de ensaios para ‘solos’ e mistura desses com materiais britados.

11 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS (SOLO-GRITS DE ARACRUZ)

O resultado esperado foi extremamente satisfatório, pois a adição de Grits aumentou o índice de suporte CBR nas misturas Solo-Grits aqui estudados, com resultados superiores aos limites mínimos para camadas de pavimentos urbanos, seja ela sub-base ou base, conforme cada dimensionamento de pavimento e projeto específico.

O aumento de resistência CBR foi de 241% no Latossolo. Saindo de um CBR in natura de 6,6% para um CBR de 22,5% após a adição de Grits, como observa-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**.

A adição de GRITS melhoraram significativamente as características mecânicas e físicas dos solos estudados, tornando o GRITS um material nobre para pavimentação atendendo a especificações pertinentes.

Foi verificado através dos resultados dos ensaios e posterior análise que à medida que o Grits vai ficando mais velho, suas características vão melhorando. Isso também nos atenta a necessidade de controle do tempo de estocagem do GRITS nos depósitos do material.

Tabela 10 - Comparação Latossolo

Latossolo Puro	6,6
Latossolo+Grits (T-1)	9,7
Latossolo+Grits (T-2)	11,5
Latossolo+Grits (T-3)	22,5
Limite inferior sub-base DNIT	20,0

Fonte: (Autor, 2017).

No solo Saprolítico houve incremento de 827% do índice CBR, conforme a Tabela 11.

Tabela 11 - Comparação Saprolítico

Saprolítico Puro	4,3
Saprolítico+Grits (T-1)	14,4
Saprolítico +Grits (T-2)	38,7
Saprolítico +Grits (T-3)	39,4
Limite inferior sub-base DNIT	20,0

Fonte: (Autor, 2017).

Os ensaios de caracterização: granulometria e índices físicos serviram para análise dessas propriedades ao longo do tempo de estocagem do GRITS. Esses parâmetros físicos obtiveram melhorias consideráveis conforme constatado na Tabela 12 e Tabela 13 com o Resumo-01 e no Resumo-02 referentes aos ensaios realizados na pesquisa.

Tabela 12 - Ensaio Latossolo

PROJETO TCC - MISTURA SOLO-GRITS																	
Projeto: Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)					Estudo: SOLO-GRITS										Data: OUT-17		
Instituição: Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ)					Aplicação: Sub Base e Base de Pavimentos Urbanos												
RESUMO DOS ENSAIOS LATOSSOLO																	
MARCO TEMPO	COMPOSIÇÃO	LL	IP	GRANULOMETRIA (% PASSA)							IG	DENS. MÁX.	UMID. OTIMA	CBR		CLAS. TRB	CLAS. SUCS
				1,5"	1"	3/8"	4	10	40	200				EXP. %	VALOR %		
01	100% Latossolo	48,90	25,90	100	100	99,9	99,8	98,8	78,2	58,5	12	1,645	21,30	0,05	7,90	A-7-6	CL (Argila Inorgânica)
	100% Latossolo	-	-	100	100	99,9	99,7	98,5	78,9	58,8	-	1,641	22,30	0,11	5,60	A-7-6	CL (Argila Inorgânica)
	100% Latossolo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,659	22,20	0,14	6,60	-	
	70% Latossolo + 30% Grits	28,10	10,80	100,0	97,3	90,1	87,6	85,1	66,0	48,4	3	1,830	16,20	0,08	7,20	A-6	SC (Areia Argilosa)
	70% Latossolo + 30% Grits	30,00	10,00	100,0	100,0	93,5	90,0	86,9	66,2	48,3	3	1,778	16,30	0,05	8,60	A-4	SC (Areia Argilosa)
	70% Latossolo + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,821	16,30	0,06	11,40	-	
	70% Latossolo + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,849	16,00	0,04	11,50	-	
02	70% Latossolo + 30% Grits	26,70	10,10	100	100	88,0	85,2	79,6	58,0	41,3	1	1,810	17,20	0,08	11,00	A-6	SC (Areia Argilosa)
	70% Latossolo + 30% Grits	23,80	8,30	100	100	88,7	86,5	81,8	61,3	44,2	2	1,771	17,00	0,06	13,10	A-4	SC (Areia Argilosa)
	70% Latossolo + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,807	17,30	0,04	8,10		
	70% Latossolo + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,850	17,30	0,05	13,90		

Fonte: (Autor, 2017).

Tabela 13 - Ensaio Saprolítico

PROJETO TCC - MISTURA SOLO-GRITS																	
Projeto: Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)					Estudo: SOLO-GRITS										Data: OUT-17		
Instituição: Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ)					Aplicação: Sub Base e Base de Pavimentos Urbanos												
RESUMO DOS ENSAIOS SAPROLÍTICO																	
MARCO TEMPO	COMPOSIÇÃO	LL	IP	GRANULOMETRIA (% PASSA)							IG	DENS. MÁX.	UMID. OTIMA	CBR		CLAS. TRB	CLAS. SUCS
				1,5"	1"	3/8"	4	10	40	200				EXP. %	VALOR %		
01	100% Saprolítico	50,80	24,70	100,0	100,0	97,4	94,1	86,6	58,8	36,9	4	1,850	15,90	0,19	5,30	A-7-6	SC (Areia Argilosa)
	100% Saprolítico	48,50	20,00	100,0	100,0	97,0	90,1	83,2	56,9	35,4	2	1,799	16,20	0,33	4,20	A-2-7 → A-7-6	SC (Areia Argilosa)
	100% Saprolítico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,824	16,20	0,17	4,40	-	
	100% Saprolítico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,799	17,20	0,11	2,20		
	70% Saprolítico + 30% Grits	31,80	14,50	100,0	100,0	90,7	85,5	79,1	52,1	32,9	1	1,980	12,60	0,03	16,30	A-2-6	SM (Areia Siltosa)
	70% Saprolítico + 30% Grits	32,50	12,00	100,0	92,2	85,0	80,3	73,7	48,8	30,5	0	1,977	13,20	0,03	12,90	A-2-6	SM (Areia Siltosa)
	70% Saprolítico + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,000	13,20	0,02	11,60		
	70% Saprolítico + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,979	13,00	0,02	16,70		
02	70% Saprolítico + 30% Grits	37,70	6,80	100,0	100,0	82,6	71,0	61,6	41,6	24,2	0	2,075	9,80	0,88	16,50	A-2-4	SM (Areia Siltosa)
	70% Saprolítico + 30% Grits	26,60	6,10	100,0	100,0	79,6	69,5	61,2	42,6	22,8	0	2,046	10,20	0,06	45,10	A-2-4	SM (Areia Siltosa)
	70% Saprolítico + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,982	9,90	0,04	44,60		
	70% Saprolítico + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,048	10,20	0,05	48,70		
	70% Saprolítico + 30% Grits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,070	10,20	-	-		

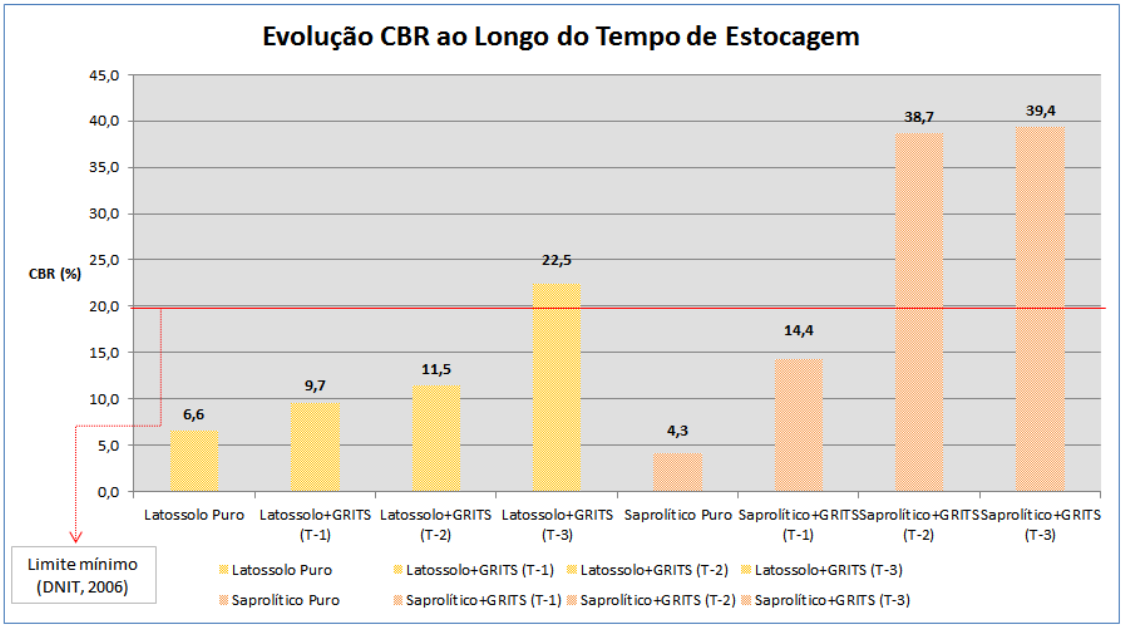
Fonte: (Autor, 2017).

Verificou-se evolução do CBR ao longo do tempo de estocagem, para ambos os tipos de solos conforme evidenciado nas tabelas acima e melhor visualizado pelo Gráfico 10 abaixo que ilustra o CBR ao longo do tempo de estocagem.

O gráfico-08 traduz o resultado final do trabalho com evidencia do aumento do CBR em função da adição de 30% de Grits (em peso) nos dois solos típicos da região de

Aracruz e que esse aumento ocorre a partir de um determinado tempo de estocagem que para os materiais estudados nessa pesquisa constatou-se em 18 meses.

Gráfico 10 - Evolução CBR ao longo do Tempo de Estocagem



Fonte: (Autor, 2017).

O tempo de estocagem ideal é de 18 meses para a garantia de resultados com os solos da região de Aracruz.

O GRITS aumentou o índice de resistência CBR ou ISC; e reduziu o limite de liquidez e a plasticidade tanto do Latossolo como também no Saprolítico, quando das misturas solo-grits.

Portanto há comprovação da viabilidade técnica do uso do GRITS pois os resultados atendem aos limites aceitáveis de acordo com as normas para uso enquanto camadas constituintes de pavimentos urbanos.

A medida que ele vai ficando mais velho, suas características vão melhorando. Isso também atenta a necessidade de controle do tempo de estocagem do GRITS nos depósitos do material em escalas comerciais. Ressalta-se que em laboratório foi

realizado um tombamento desse material a cada 15 dias, sendo que essa operação seria proposta também em escala real, através do uso de pá mecânica (carregadeira) que já operariam os depósitos em aterros industriais próximos às fabricas de celulose de um modo geral.

12 CONCLUSÃO

As misturas de SOLO-GRITS foram estudadas com foco na execução de misturas de sub-base e base de pavimentos urbanos, cujo dimensionamento e detalhamento fica a cargo de cada projeto de pavimentação em questão. Os objetivos do trabalho foram atingidos com um tempo de estocagem de 18 meses, com ótimos resultados para uso em camadas constituintes de pavimento urbanos de tráfego muito leve, leve e médio.

Os resultados obtidos nesse trabalho de conclusão de curso comprovaram que a adição de GRITS melhoram significativamente as características mecânicas e físicas dos solos estudados, tornando o GRITS um material apto tecnicamente ao uso como camada constituinte de pavimentação urbana.

13 PROPOSTA DE CONTINUAÇÃO DOS ESTUDOS E SUGESTÃO DE PESQUISAS FUTURAS

Solos considerados reativos, ou quando misturados com qualquer produto que o torne reativo, quando compactados, passam por mecanismos da estabilização química, através dos processos de permutação iônica, floculação, carbonatação ou reações de cimentação (Barbosa, Rohm, & Lima, 1993).

Essa peculiaridade da estabilização química pode ocasionar petrificação da camada com elevação considerável nos módulos de resiliência das misturas SOLO-GRITS e consequentemente das camadas de sub-base ou bases de pavimento urbano executados com adição de GRITS.

Solos finos com plasticidade média (até 15%) poderiam ser aceitos para camadas de pavimentos urbanos mesmo que extrapolem os limites pré-estabelecidos pelas

normas tradicionais, e isso pode ocorrer pelas propriedades cimentícias de determinados solos finos, em especial os ‘Lateríticos’. De tal sorte que o Grits potencializa qualquer solo que quando misturado com Grits devidamente dosado, homogeneizado e compactado, torna a mistura com elevado teor de Cálcio (Ca) em sua composição e resultados práticos similares aos dos lateríticos.

As previsãode modelos matemáticos por retro análises para as deformações elásticas e plásticas em estrutura de pavimento urbano com uso de camada de solo laterítico, solo-cimento seriam similares aos do solo-grits, sendo necessário pesquisas para determinação dos módulos de resiliência das misturas solo-grits da região de Aracruz.

Outro ponto de fundamental importância para análise da estrutura do pavimento no seu dimensionamento é a: ‘fadiga’, portanto ensaios ultra modernos auxiliados por computadores para a determinação das tensões e deformações dos materiais possíveis de compor as camadas constituintes dos pavimentos urbanos na região de Aracruz.

Após a análise mecanística dos materiais para pavimentação numa abordagem atual e abrangente como proposta de continuação dos estudos e com sua eventual e posterior aprovação, poder-se-ia afirmar que “A proporção de vida útil entre um pavimento convencional e um pavimento com camada solo-grits é equivalente à uma outra razão que seria a de um pavimento rodoviário do tipo flexível e um pavimento rígido. Portanto, essa seria a razão e a proporção para o entendimento filosófico da benevolência do uso da mistura solo grits, o que poderia ser postulado com a continuação das pesquisas.

REFERÊNCIAS

Andrade, M. H. (2011). *Introdução a Pavimentação.* UFPR, Curitiba.

Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP. (2002). *Boletim Técnico - Guia Básico de Ultilização de Cimento Portland - Nº 15* (7ª ed.). São Paulo: BT - 106.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (2012). *ABNT NBR 12253 - Solo-CImento - Dosagem para Emprego como Camada de Pavimento - Procedimentos* (2ª ed.). São Paulo: ABNTT.

Associação Brasileira de Normas Técniicas - ABNT. (2010). *ABNT NBR 12254 - Execução de Sub-Base ou Base de Solo-Cimento.* São Paulo: ABNT.

Balbo, J. T. (2006). Britas Graduadas com Cimento: Uma Avaliação de Sua Durabilidade Sob o Enfoque de Porosidade, Tenacidade e Fratura. *Revista Árvore , 14* (1), 45-53.

Balbo, J. T. (2004). *Programa Computacional DImPav.* São Paulo: PMSP.

Barbosa, S. d., Rohm, S. A., & Lima, D. C. (1993). *Estabilização dos Solos III - Mistura SOLO-CAL, para fins Rodoviários .* Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Civil, Viçosa .

Bariani, L., Motta, L. M., Ceratti, J. A., & soares, J. b. (2008). *Pavimentação Asfáltica: Foração Básica para Engenheiros.* Rio de Janiero.

Bazzo, W. A., & Pereira, L. T. (2007). *Introdução a Engenharia.* Florianópolis: UFSC.

Bazzo, W. A., & Pereira, L. T. (2006). *Introdução a Engenharia Civil: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos.* Florianópolis: UFSC.

Berlucci, L. B., Motta, M. L., & Ceratti, J. A. *Pavimentação Asfáltica - Formação Básica para Engenheiros.* Rio de Janeiro.

Bueno, B. d., & Lima, D. C. (1994). *Ensaios de Caracterização de Solos para a Bahia Sul celulose S/A.* Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Civil, Viçosa.

Cabral, A. C. (1998). *Construção da Infraestrutura.* Escola Técnica Federal do Espírito Santo - ITEFES.

Cabral, A. C. (1998). *Projeto de Estradas.* ETEFES - Escola Técnica Federal do Espírito Santo, Vitória.

Caputo, H. P. (1988). *Mecânica dos Solos e Suas Aplicações* (6ª ed., Vol. 1). Rio de Janeiro: LTC.

Carvalho, M. D. *Pavimentos de COncreto: Os Dez Mandamentos da Pavimentação Rígida.* São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland.

Carvalho, M. P. (1966). *Curso de Estradas.* Rio de Janeiro: Editora Ciêntifica.

Chioveto, A. T. (2009). *Classificação de Solos.* UNEMAT.

Construtura Luiz Conta. (2014). Acesso em 15 de Outubro de 2017, disponível em Área de Atuação: http://clcconstrutora.com.br/2012/?page_id=107

Contribuição ao Estado de Pavimentos Rodoviários com Estrutura Invertida (Sub-Base Cimentada). (1992). *Tese de Doutorado - EPUSP* .

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR. (2005). *DER/PR ES-P 10/05 - Pavimentação: Brita Graduada Tratada com Cimento.* Curitiba.

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR. *DER/PR ES-P 11/05 - Pavimentação: Solo-CImento e Solo Tratado com CImento.* Curutuba.

Departamento de Estradas de Rodagem/SP - DER/SP. (2006). *Instrução de Projeto: Projeto de Pavimentação.* Secretaria de Transportes de São Paulo, São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER . *DNER-ME 050/64 - Análise Granulométrica de Solos por Peneiramento.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. *DNER - ES, 47-74 - Especificações Gerais para Obras Rodoviárias - Pavimentação.*

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. (1994). *DNER 041/94 - Solos - Preparação de Amostras para Ensaios de Caracterização - Método de Ensaio.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. (1994). *DNER 051/94 - Solos - Análise Granulométrica - Método de Ensaio.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. *DNER-ME - Preparação de Amostras Não Trabalhadas para Compactação.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. (1994). *DNER-ME 049/94 - ISC de Solos com amostras não trabalhadas.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. (1994). *DNER-ME 122/94 - Determinação do Limite de Liquidez.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. (1994). *DNER-ME 129/94 - Compactação com Amostras Não Trabalhadas.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. *DNER-ME 82/63 - Limite de Plasticidade de Solos.* São Paulo.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. (1996). *Manual de Inplantação Básica* (2ª ed.). Rio de Janeiro: IPR - Instituto de Pesquisa Rodoviária.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. (2006). *Norma ROdoviária DNER-ME 030/94, Solos – Determinação das relações sílica-alumina e sílica-sequióxidos em solos – Métodos de Ensaio.* São Paulo.

Departamento Nacional de Infraestrutua de Transportes - DNIT/ES. (2010). *NORMA DNIT - 141/2010 - Pavimentação - Base Estabilizada Granuloméricamente - Especificação de Serviço.* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. (2013). *Norma DNIT - ES 056/2013 - Pavimento Rígido - Sub-Base de Concreto de Cimento Portland Compactado com Rolo.* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. (2014). *Norma DNIT - xxx/2014 - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia Utilizando Amostras Não Trabalhadas - Método de Ensaio.* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. (2010). *Norma DNIT 134/2010 - Pavimentação - Solos - Determinação do Módulo de Resiliência - Método de Ensaio.* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. (2013). *Norma DNIT 164/2013 - Solos - Compactação Utilizando Amostras Não Trabalhadas - Métodos de Ensaio* (7 ed.). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2010). *Norma DNIT 143/2010 - Pavimentação - Base Solo-Cimento - Especificação de Serviço.* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Norma DNIT/ES - Pavimentos Flexiveis - Base de Solo Melhorado com Cimento - Especificação de Serviço.* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

Destefani, A. Z., Santos, M. A., & Holanda, J. N. (2010). Avaliação da Durabilidade de Misturas Solo-Cimento com Resíduos "Grits" através do "Teste de Durabilidade Slake". *Simplósio Matéria* .

DNIT - Departameno Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2010). *Manual de Projeo Geométrico de Travessias Urbanas* (Vol. II). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2006). *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários - Escorpos Básicos/Instruções de Serviço.* Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Roviárias - IPR.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2006). *Manual da Pavimentação* (3ª ed.). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

Ebah. (s.d.). Acesso em 15 de Outubro de 2017, disponível em http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgtP4AJ/pavimentacao

Ebah. (2010). Acesso em 15 de Outubro de 2017, disponível em Dimensionamento de Pavimento Flexível: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgEnQAG/dimensionamento-pavimentos-flexiveis-novos-existentes-por-diferentes-metodos

História da Engenharia. (2014). Acesso em 2017, disponível em Ciência e Tecnologias: https://cienciasetecnologias.com/historria-da-engenharia

Júnior, R. B., & Balbo, J. T. (s.d.). Estudo de Propriedade Mecânicas de Misturas SBC para Pavimentação. *Estudo - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo* .

Lemos, A. V. (2006). *Classificação de Solos e Definição de Unidades de Manejo.*

Machado, C. C., & Lima, D. C. (2006). Durabilidade de Solos Estabilizados Quimicamente com Vistas á Aplicação em Estradas Florestais. *Revista Árvore , 30* (6), 981-988.

Machado, C. C., Pereira, R. S., & Lima, D. C. (2007). Compactação de misturas solo-grits para emprego em estradas florestais: influência do tempo decorrido entre mistura e compactação na resistência mecânica. . *Revista Árvore , 31* (3), 421-427.

Martínez, U. C. (Abril de 2016). Projeto e Construção de um Permeâmetro de Parede Flexível e Carga Constante. *Tese de Mestrado - Universidade de Brasília* , p. 114.

Medina, J. d., & Motta, M. G. (2014). *Mecânica dos Pavimentos* (3ª ed.). editora Interciência.

Miciato, R. L. (s.d.). Pavimentação com Blocos Pré-Moldados de Concreto. *Estudo Técnico - Asociação Brasileira de Cimentos* .

Moura, E. d. (2014). *Aposila de Projeto de Pavimetno*. (FATEC-SP, Editor) Acesso em 01 de Agosto de 2017, disponível em Professor Ed Moura: www.professoedmoura.com.br/download;Mecanica_dos_solos.pdf

Moura, E. d. (2014). *Transportes e Obras de terra: Movimentos de Terra e Pavimentação.* FATEC-SP, São Paulo.

Nogueira, D. T. *Avaliação de Ténicas de Manutenção de Pavimentação.* São Paulo.

Oliveira, J. B., Klinger, J., & Nunes, M. C. (1992). *Classes Gramaticais de Solos no Brasil.* São Paulo: UNESP.

Oliveira, M. D. (2014). Utilização de Resíduos em Pavimentação Rodoviária. *Trabalho de Conclusão de Curso* , p. 116.

Pacheco, R. R. (1997). *Técnooia dos Materiais.* Vitória: Ministério da Educação e do Desporto -MEC.

Pereira, R. s., Machado, C. C., & Carvalho, C. A. (2006). Aplicações de Misturas Solo-"Grits" em Estradas Floresais: Resistência Mecânica via CBR. *Revista Árvore , 30* (4), 619-627.

Pereira, R. S., Machado, C. C., & Carvalho, C. A. (2006). Uso de Resídus em Pavimentos de Estradas Florestais : Caracterização de Solos e Misturas Solo-Grits. *Revista Árvore , 30* (4), 629-635.

Pereira, R. S., Machado, C. C., & Lima, D. C. (2006). Compactação de Misturas Solo-Grits para Emprego em Estradas Florestais: Influência do Tempo Decorrido entre Mistura e Compactação na Resistência Mecânica. *Revista Árvore , 30* (3), 421-427.

Pereira, R. S., Machado, C. C., & Lima, D. C. (2006). Uso de Resíduos Industriais Grits em Pavimentos de Estradas Florestais: Influência do periodo de Cura na Resistência Mecânica e Expansão de Misturas Solo-Grits Compactadas. *Revista Árvore , 30* (4), 421-427.

Pinterest. (s.d.). Acesso em 15 de Outubro de 2017, disponível em https://br.pinterest.com/pin

Pitta, M. R. (1998). *Projetos de Sub-Base para Pavimentos de Concreto* (6ª ed.). São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland.

Pitta, M. R., Carvalho, M. D., & Penna, F. R. (1999). *Materiais Para Pavimentos de Concreto Simples - Revisão 5.* São Paulo: Associação Brasileira de COncreto Portland.

(2003). *Relatório Técnico Operacional CDABT.* VIII Simplósio Brasileiro Sobre Colheita e Transporte Florestal.

Ribeiro, A. P. (2010). Avaliação de Risíduos Sólidos Inorgânicos da Produção de Celulose em Materias Cerâmicos. *Tese de Doutorado - escola Politécnica de São Paulo* .

Ribeiro, A. P. (2010). Avaliação dos Resíduos Sólidos Inorgânicos da Produção de Celulose em Materias Cerâmicos. *Tese de Doutorado - Escola Politécnica de São Paulo* .

Rocha, L. d. (2007). *Metodologia.* São Paulo: Saraiva.

Rocha, M. P. (1998). *Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de concreto pelo Método PCA/84* (3ª ed.). São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland.

Rodrigues, W. C. (2007). *Metodologia Ciêntifica.* FAETEC/IST, Paracambi.

Rodrigues, W. C. (2007). *O Problama do Homem.* São Paulo.

Santana, H. (1975). *Os Solos Lateríticos e Pavimentação.* Rio de Janeiro.

Sartório, A. É. (2007). *A Trilha Sagrada: Anatomia histórica das Rodovias* (Vol. 2). Vitória: DER - Departamento de Eestradas de Rodagem do Espírito Santo.

Schnaid, F. (2001). *Ensaios de Campo e Suas Aplicações a Engenharias de Fundações.* Oficina de Textos.

Senso, W. d. (1980). *Pavimentação.*

Sobral, S. H. (2000). *Reisão 5.* Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo.

Terzagui, K., & Peck, R. (1962). *Mecânica dos Solos na Prática da Engenharia.* Rio de Janeiro: Livro Técnico SA.

Thompson, M. R. (196). Lime Reactivity of Illinois Soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division , 92* (ASCE), 67-92.

Villibor, D. F., & Nogame, J. S. (2015). *Controle Tecnológico das Bases de Solo Arenoso Fino Laterítico.*

Villibor, D. F., & Nogami, J. S. (1995). *Pavimentos Econômicos: Tecnologia do Uso de Solos Finos Laterítcos.* São Paulo: Arte & Ciência.

Word Press. (2013). Acesso em 15 de Outubro de 2017, disponível em https://ctsgrupo2013.wordpress.com/