

**Eduardo José de Souza Gomes**  
UNISUAM

**Isaquiel de Souza Lima**  
UNISUAM

**Paulo Pinheiro Castanheira Neto**  
UNISUAM

**Flávia da Silva**  
UNISUAM

**Rachel Cristina Santos Pires**  
UNISUAM

## RESUMO

Solos tropicais estão presentes nas regiões do planeta que tem como característica seu clima tropical. Devido à presença em abundância de solos tropicais em nosso país, e com sua utilização massiva em obras de pavimentação, o estudo sobre esse tema é de bastante relevância. São solos ricos em minérios e com uma condição mineralógica diferenciada devido sua formação geológica. Uma de suas características é sua cor avermelhada devido à grande concentração de minerais. São classificados pela metodologia MCT (classificação Miniatura, Compactado, Tropical). Como objetivo, este trabalho procura fazer uma revisão bibliográfica sobre esse tema, analisando a bibliografia existente e fazendo um artigo com os dados obtidos. Como resultado, podemos observar, que os solos tropicais possuem uma boa resistência e baixa absorção de água, encontram-se na natureza geralmente não saturados, com índice de vazios elevado, apresentam propriedades satisfatórias para emprego em diversas obras de engenharia. Com presença em grande quantidade desse tipo de solo, e com a necessidade de melhoria em nossa infraestrutura, o estudo desse tema é de bastante utilidade.

**Palavras-Chave:** solos lateríticos; solos tropicais; geotecnia.

## INTRODUÇÃO

Solos lateríticos ou solos saprolíticos, são frações de solos presentes em abundância nas regiões que ficam entre os trópicos terrestres. O Brasil tem quase toda sua totalidade territorial nessa área, sendo muitas as regiões onde são encontrados os solos tropicais. Solos tropicais são solos de características peculiares, constituídos de argilo-minerais, possuem uma

baixa permeabilidade e são caracterizados pela metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) (ARAUJO & DANTAS, 2014).

Solos lateríticos apresentam uma peculiaridade que é consequência de sua formação geológica em regiões do tipo úmida. São encontrados nas regiões dos trópicos terrestres os solos lateríticos, saprolíticos e transportados (ZORZI, 2008).

Intensos processos químicos nas regiões tropicais e subtropicais, as temperaturas elevadas e os intemperismos, são responsáveis pela decomposição de minerais em grandes profundidades, formando grandes camadas de solos. Estas camadas sofreram a laterização de materiais, como a sílica e cátions deixando o solo com partículas pesadas como ferro e alumínio (ROHLFES JÚNIOR, 1996).

Este tipo de solo é definido pelo Comitê de Solos Tropicais da Associação Internacional de Mecânica Solos e Engenharia de Fundações (ISSMEF). Durante muito tempo, não existia uma classificação própria desse tipo de solo, muitas vezes eram aplicadas terminologias que caracterizavam materiais diferentes em solos tropicais, obtendo assim, resultados não satisfatórios e adequados (ZORZI, 2008).

Devido a não contemplação desses solos pelos sistemas de classificação, foi criada a metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) criada para caracterizar solos tropicais. Os engenheiros Douglas Fadul Villibor e Job Shuji Nogami, desenvolveram a metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) com a finalidade de utilização em obras de pavimentação com baixo custo (ARAUJO & DANTAS, 2014).

Hoje em dia, grande parte dos projetos de geotecnia dos locais com clima tropical, os solos utilizados se encontram em condições não saturadas. Solos lateríticos superficiais são bastante utilizados em obras de manutenção, pavimentação, barragens de proteção, diques e aterros, obras que tem uma grande variação na umidade do material utilizado (MARTÍNEZ, 2003).

A utilização de solos tropicais nas obras de pavimentação, se dá pelo bom desempenho desse solo e o excelente custo-benefício que ele tem na construção de rodovias. O primeiro ensaio que veio a comprovar sua viabilidade foi o ensaio de pavimentos flexíveis Índice de Suporte Califórnia, conhecido como ISC ou CBR. A utilização deste solo nas obras viárias acontece como subleito, reforço de subleito, sub-base, base, utilizando o material puro ou misturado com brita, cimento ou cal (DIAS, 2006).

A utilização de solos tropicais em reforço de fundações também é mais uma forma para o emprego desse tipo de solo. A areia fina e a argila, obtidas após o peneiramento, geram bons resultados depois dos ensaios. Os índices de plasticidade mostraram a presença de minerais não expansivos, os gráficos de amostras misturadas com cimento, revelam um aumento da rigidez em relação a amostras com solos naturais compactados (ROHLFES JÚNIOR, 1996).

Quanto a correlação entre argila, areia fina e saibro temos que a argila é um material de granulometria muito fina, que pode apresentar cores

diferentes, argilas saprolíticas não devem ser usadas em obras de pavimentação, diferentes de argilas lateríticas que são utilizadas. O saibro é o produto resultante da decomposição incompleta de rochas graníticas, formando uma mistura de material fino. A areia fina (diâmetro dos grãos entre 0,05mm e 0,42mm) de caráter laterítico é utilizada como material de preenchimento de trincas em rodovias (VILLIBOR et al., 2009).

O interesse por esse tema veio da observação da grande demanda de obras em nosso país, e o imenso campo de aplicação de solos tropicais, para contribuição em melhorias e diminuição de erros, gasto e obtenção de bons resultados que são comprovados em laboratórios, o uso de solos tropicais em grandes obras de pavimentação de rodovias, com a intenção de reduzir o custo ou a utilização em obras de barragens, podem ser bastantes vantajosas no atual cenário de crise brasileiro. Com a grande presença em seu território, e a engenharia de qualidade feita no Brasil, pode-se obter excelentes resultados ao se trabalhar mais com solos lateríticos.

A utilização de solos tropicais visa ganhos em várias frentes devido a abundância deste tipo de solo em algumas regiões do país. Esse estudo pretende mostrar que a utilização de solos tropicais pode servir como alternativa para a redução de custos em obras de pavimentação dentro de um contexto de obras viárias e de infraestrutura, como na construção de pistas de aeroportos, principalmente em lugares onde exista escassez de recursos, podendo também ser aproveitado em sua forma residual, na condição compactada, para obras de barragens de terra, e em vários outros campos dentro da engenharia.

A metodologia aplicada neste trabalho, foi um estudo baseado em uma revisão bibliográfica onde será feito um levantamento de dados a fim de estabelecer a utilização de solos tropicais em diversos campos dentro das obras de engenharia.

Como objetivo geral, este artigo deseja mostrar formas de utilização e aplicação de solos tropicais em diversas obras de engenharia, a fim de ganhos nos resultados obtidos, como, melhor resistência e baixo custo-benefício das obras em que são aplicados esse tipo de solo. E promover o aumento do interesse de outras pessoas pelo tema, a fim de que surja mais pesquisas e com isso melhorias para a engenharia brasileira e ganhos para todos.

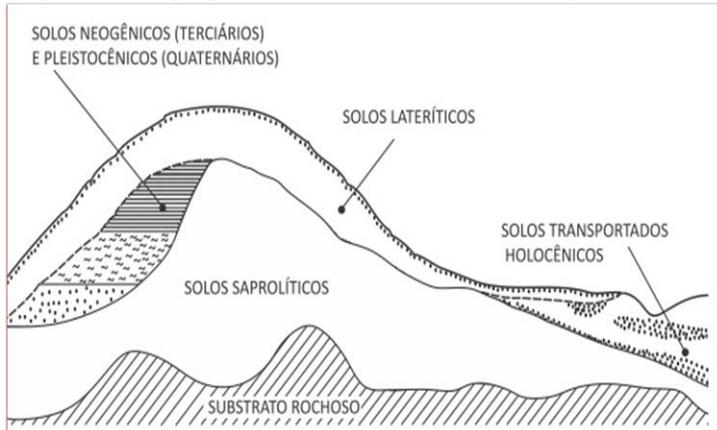
## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **História dos Solos Tropicais**

Os solos fazem parte da crosta terrestre, são resultados de milhões de anos de processos físicos e químicos. Partículas minerais e orgânicas são despejadas em uma espécie de camadas através das ações da natureza, como as chuvas e os ventos. Os elementos presentes em grandes quantidades nos solos, são denominados macronutrientes e em menores quantidades, micronutrientes (MELO, 2015).

Os solos das regiões tropicais demonstram uma série de aspectos diferentes dos solos de outras regiões, devido a essa condição é necessário estabelecer conceitos sobre os solos dessas localidades. Encontram-se nas regiões dos trópicos os solos: lateríticos, saprolíticos e transportados, como mostrado na (Figura 1) (VILLIBOR et al., 2009).

**Figura 1:** Designação das camadas de solos nas regiões tropicais



**Fonte:** Villibor et al (2009)

Solos lateríticos são solos presentes na superfície, nas partes com boa drenagem das regiões tropicais úmidas, resultados de mudanças causadas pelo intemperismo. Esse processo é chamado de laterização, que é o enriquecimento do solo por óxidos hidratados e alumínio com a predominância de caulinita como argilo-mineral. Esses minerais dão ao solo uma cor alaranjada, que não guarda mais semelhança com a rocha matriz. Solos lateríticos são designados como solos superficiais maduros, diferentes dos solos saprolíticos que são solos residuais jovens (VILLIBOR et al., 2009).

Solos saprolíticos são solos que conseguem manter a estrutura da rocha de origem mesmo com a decomposição provocada pelas intemperes. São residuais, constituem a parte inferior à camada laterítica, são heterogêneos e com uma mineralogia mais complexa, com minerais ainda em fase de decomposição e que ainda mantem semelhança com a rocha matriz (VILLIBOR et al., 2009).

Solos transportados são solos provenientes da movimentação da fração original da rocha por meio de agentes de transporte, como exemplo a água com os solos fluviais, o vento com solos eólicos, o gelo com solos glaciais e até pela força de gravidade. Grande parte desses sedimentos vem de rochas que sofreram processo com os intemperismos, deixando a rocha em um estado que sofra erosão e possa ter uma parte transportada (GUSMÃO FILHO, 2008).

Devido as inconsistências na classificação de solos tropicais, principalmente na sua utilização para pavimentação quando classificados

com as metodologias usuais, foi desenvolvido uma classificação específica para esse tipo de solo, Villibor e Nogami desenvolveram a metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical). Tendo em vista que as classificações tradicionais foram desenvolvidas para solos mais comuns em climas diferentes do clima tropical (VILLIBOR et al., 2009).

A classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) tem base em ensaios e procedimentos com resultados obtidos através da compactação de solos tropicais quando usado na pavimentação. A classificação se fez necessária devido as limitações encontradas na caracterização dos solos com base em sua granulometria e seus índices físicos através do LL e IP, os resultados obtidos são ineficientes para os solos tropicais (VILLIBOR et al., 2009).

Os processos de formação geomorfológica dos solos residuais tropicais se originam por diversos fatores. Exemplo, zona morfoclimática, temperatura média anual, precipitação média anual. Diferentes climas que ditam os respectivos processos que operam nas regiões são responsáveis por formas variadas de solos dentro dessa classificação (HUAT; TOLL; PRASAD, 2012).

Em uma zona tropical húmida, com temperatura média anual de 20-30°C e precipitação média anual de 1500mm existe uma variação na geomorfologia do solo quando comparado a uma zona tropical húmida seca, com temperatura média anual de igual de 20-30°C, mas com precipitação média anual diferente, de 600-1500mm e também difere de uma zona tropical semiárida de temperatura média anual 10-30°C e precipitação anual de 300mm (HUAT; TOLL; PRASAD, 2012).

### **Classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical)**

A classificação dos solos com uso dessa metodologia, foi desenvolvida para aplicação em solos de origem tropical. Utiliza-se corpos de provas com tamanhos reduzidos, esse método não segue os métodos tradicionais que usam parâmetros como, granulometria e índices de liquidez e plasticidade dos solos. O objetivo é classificar solos tropicais em duas categorias, lateríticos e não lateríticos (VILLIBOR et al., 2009).

Dentro da classificação MCT, os solos laterítico são subdivididos em três grupos (VILLIBOR et al., 2009):

- Areia laterítica quartzosa – LA
- Solo arenoso laterítico – LA'
- Solo argiloso laterítico – LG'

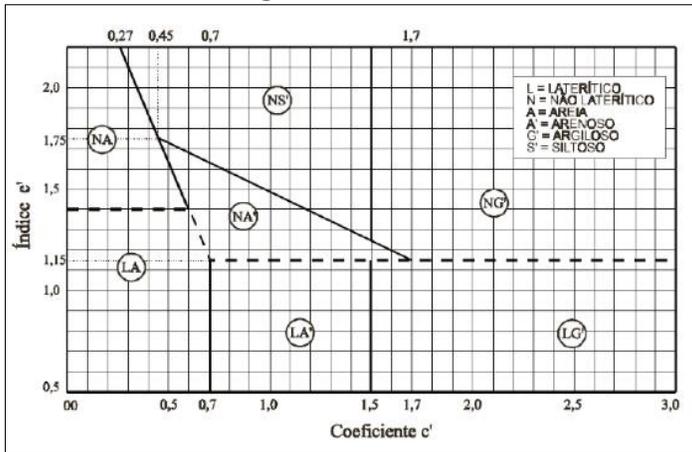
E os solos não lateríticos são subdivididos em quatro grupos (VILLIBOR et al., 2009):

- Areais, siltes e misturas de areias e siltes com predominância de grão de quartzo e mica não laterítico – NA
- Misturas de areias quartzosas com finos de comportamento não laterítico – NA'
- Solo siltoso não laterítico – NS'

- Solo argiloso não laterítico – NG'

Para realizar essa classificação utilize-se o gráfico apresentado na (Figura 2), onde o coeficiente presente nos eixos das abscissas é identificado como  $c'$ , que é a deformabilidade, e o coeficiente  $e'$ , presente no eixo das ordenadas é a parte da inclinação da curva de compactação.

**Figura 2:** Gráfico MCT



Fonte: Villibor et al (2009)

O coeficiente  $c'$ , indica a argilosidade do solo, ele nos mostra que se obtido um valor de  $c'$  elevado, (acima de 1,5), caracteriza-se de argila e solos argilosos e se obtivermos um valor de  $c'$  (abaixo de 1), caracteriza-se de areias e siltes não plásticos ou poucos coesivos. No intervalo entre 1 e 1,5 encontra-se solos como areia siltosa, areia argilosa, argila arenosa e argila siltosa (VILLIBOR et al., 2009).

O coeficiente  $e'$  é obtido através do coeficiente  $d'$  (inclinação da parte retilínea do ramo seco da curva de compactação que corresponde a 12 golpes do ensaio de Mini-MCV) e da perda de massa por imersão  $P_i$  (porcentagem de massa desagregada em relação a massa total do ensaio quando submetida a imersão em água) é expressa pela expressão  $e' =$

$$\sqrt[3]{\left(\frac{20}{d'} + \frac{P_i}{100}\right)} \quad (\text{VILLIBOR et al., 2009}).$$

A metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) também apresenta muitos ensaios para medir propriedades hídricas e mecânicas das amostras, mas, sempre utilizando corpos de provas com características reduzidas.

## Conceito de Tipos de Solos

O solo é definido como o material que resulta do processo de decomposição e desintegração de rochas por ação de agente naturais, sujeito

a evolução e meteorização física, química e biológica durante um certo período de tempo. Com base na sua origem, os solos são divididos em dois grupos: solos residuais e solos transportados (CHIOSSI, 1983).

## Solos Residuais

Solos residuais são solos resultantes de transformações nas rochas originais, permanecem nos seus locais de origem, já os solos transportados, são resultados da locomoção dos resíduos por um agente qualquer, podendo ser esse agente, chuvas, ventos e até a gravidade.

Os solos residuais dependem da composição da rocha original que lhe dá origem, por exemplo, a desintegração e a decomposição de arenitos ou quartzitos formam um solo arenoso constituído de rochas de quartzo. Já rochas do tipo filito formam um solo de composição argilosa e bastante plástico (Tabela 1) (CHIOSSI, 1983).

**Tabela 1:** Resultado da decomposição de solos

Tipo de Rocha	Composição Mineral	Tipo de Solo	Composição
Basalto	Plagioclásio piroxênios	Argiloso (pouca areia)	Argila
Quartzito	Quartzo	Arenoso	Quartzo
Filito	Micas (sericita)	Argiloso	Argila
Granito	Quartzo feldspato mica	Areno-argiloso (micáceo)	Quartzo e Argila (micáceo)
Calcário	Calcita	Argiloso	Argila

Fonte: Chioffi (1983)

Não existe um limite entre o solo e sua rocha de origem, com passagem gradativa, formam camadas distintas, uma camada abaixo da rocha que é chamada de solo de alteração da rocha e uma camada superior, que é chamada de rocha alterada ou decomposta.

## Solos Transportados

Solos Transportados exibem características de acordo com o agente transportador e o ambiente de deposição. Em função do agente transportador os solos transportados são classificados em: solos coluviais, solos aluviais, solos eólicos e solos glaciais (CHIOSSI, 1983).

Solos Coluviais, conhecidos também como tálus, são solos transportado exclusivamente pela gravidade, são de ocorrência localizada, situando-se em encostas e elevações. Exemplo de solos coluviais são encontrados no vale do Paraíba e na Serra do Mar (CHIOSSI, 1983).

Solos Aluviais, materiais que são transportados e arrastados pela água, ocorrem ao longo de um curso d'água, podendo ser fluviais e marinhos, com a variação das correntes a granulometria do material pode apresentar alterações (CHIOSSI, 1983).

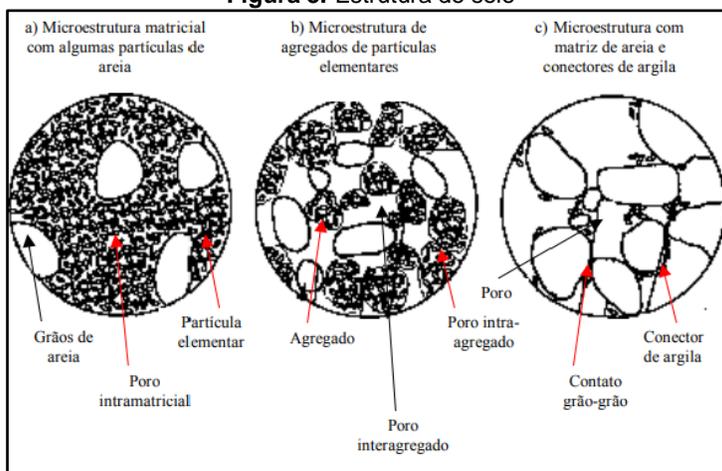
Solos Eólicos, solos transportados e depositados através da ação dos ventos, formados em regiões desérticas e praias oceânicas, em locais secos e desprovidos de vegetação, os ventos arrancam as partículas finas, transportando-as. Exemplos de solos eólicos são as dunas (CHIOSSI, 1983).

Solos Glaciais, solos comuns na Europa e na América do Norte, são fragmentos de rochas transportados por geleiras quando se movimentam e empurram o material que está na sua frente (CHIOSSI, 1983).

## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO SOLO

Ao se obter o conhecimento sobre a estrutura de um solo, é permitido descrever o seu comportamento geomecânico, que é apresentado através de resultados de ensaios feitos em campo e laboratório. A estrutura que compõe o solo mostrados na (Figura 3), refere-se as partículas solidas, o arranjo dessas partículas, os vazios e os agregados de partículas presentes nessa amostra (MARTÍNEZ, 2003).

**Figura 3:** Estrutura do solo



Fonte: Martinez (2003)

Através de uma análise feita com o auxílio de um microscópio, o solo que se encontra em condição considerada ótima, apresenta vazios interagregados e interagregados. Os interagregados aparecem em formas de canais devido a compactação que causa o preenchimento dos vazios interagregados maiores. Os interagregados apresentam formas circulares causadas pela proteção existente ao redor dos agregados (MARTÍNEZ, 2003).

Análises feitas com solos em condições secas e úmidas, apresentaram maiores macroporos integrados em condições secas, com vazios interagregados em formas de canais, já nas análises realizadas nas condições úmidas, os vazios interagregados presentes, aparecem em

menores quantidades devido a estrutura mais deformada da condição úmida (MARTÍNEZ, 2003).

## **Utilização dos solos Tropicais na Pavimentação de Rodovias**

O pavimento rodoviário é um conjunto de camadas de espessura finita, apoiada em um pequeno espaço aceito teoricamente como infinito a infraestrutura ou terreno de fundação a qual é designado subleito. As principais solicitações impostas: resistir aos esforços aplicados pelo tráfego e pelas mudanças climáticas ao longo da vida útil do pavimento. Ter uma boa superfície que garanta a circulação de veículos com segurança, conforto e uma forma sustentável e econômica, minimizando os impactos ambientais. O pavimento flexível depende muito da sua estrutura geotécnica e mecânica, ou seja, depende dos números de camadas que formam esta estrutura, e das espessuras destas, e também do tipo de material que a compõe, e da característica da fundação que a sustente (DNIT, 2006).

Até o final da década de 1970, no Brasil, utilizava-se sistemas de classificação e de dimensionamento para materiais usados em obras de pavimentação comuns em países de clima frio, obtendo resultados não satisfatórios para a utilização em obras no nosso país. Dentro dessa necessidade, foram feitos estudos com solos provenientes de locais com clima tropical, onde obtiveram bons resultados (COELHO & SOARES, 2018).

Devido os resultados altamente satisfatórios, obtidos pela utilização de solos de origem tropical na pavimentação de rodovias, desenvolve-se toda uma ciência em cima desse tema. Para ser usado como material de base, os solos tropicais devem apresentar uma condição de granulação fina (VILLIBOR et al., 2009).

A metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) nos mostra que solos tropicais podem ser utilizados como base em pavimentos de rodovias com baixo volume de tráfego, podendo ser, in natura ou com agregados. Bases de solo arenoso fino laterítico (SAFL), bases de solo argiloso laterítico e areia (ALA), base de solo laterítico agregado de granulometria descontínua (SLAD) e base de argila laterítica (VILLIBOR et al., 2009).

Para a utilização de solo fino arenoso laterítico, é necessário observar suas características hídricas e mecânicas. As condições de uso são: composição que passe 100% de seu material na peneira com abertura de 2,00mm ou que possua uma porcentagem de até 5% retidos na peneira. De acordo com a classificação MCT devem pertencer a classe de LA, LA' ou LG' (VILLIBOR et al., 2009).

Misturas com areia laterítica quartzosa ou com areia lavada de rio (peneira nº 200) podem ser feitas para a aplicação de solos argilosos lateríticos na construção de sub-base de rodovias com tráfego pesado, com o número de repetição de eixos padrões de 80kn ou até o número N de  $10^7$ . Pode-se usar areia laterítica quartzosa. Essas misturas de características laterítica, devem passar na peneira de 0,075mm (VILLIBOR et al., 2009).

A tabela 2 mostra a técnica construtiva para a mistura de areia no solo argiloso laterítico in situ. A mistura pode ser feita diretamente na jazida conforme os equipamentos adequados

**Tabela 2:** Procedimento construtivo

Controle da mistura e da base	Procedimento construtivo da mistura
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controle da mistura a cada 100m</li> <li>- Granulometria: Peneiras de 0.42, 0.150 e 0.75mm</li> <li>- Mini CBR</li> <li>- Controle de base a cada 40m</li> <li>- Grau de compactação <math>\geq 100\%</math> de energia intermediária</li> <li>- Teor de umidade <math>\pm 2\%</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lançar e executar a conformação do colchão de argila na proporção do projeto</li> <li>- Misturar as duas camadas</li> <li>- Iniciar a compactação com o rolo pé de carneiro, em torno de 6 passadas</li> <li>- Ajuste de espessura da base durante o processo de compactação deverá ser finalizado ao atingir o grau de compactação determinado em projeto</li> <li>- Efetuar o acabamento com moto niveladora após irrigar</li> <li>- Deixar a base perder a umidade por um período de 48h até 60h</li> </ul>

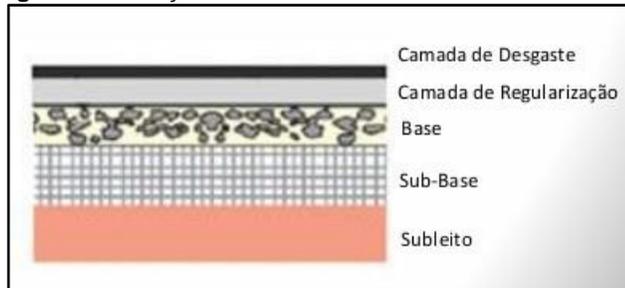
Fonte: Villibor et al (2009)

Segundo o manual de pavimentação do DNIT a classificação dos pavimentos são: flexíveis, rígidos e semirrígidos, existindo ainda os pavimentos constituídos por blocos. As camadas do pavimento devem dispor de qualidade e resistência decrescente, da superfície para o interior do pavimento. Nota-se que cabe a cada camada a função de suportar a camada sobrejacente (DNIT, 2006).

Utiliza-se materiais lateríticos com graduação graúda para a construção de base e sub-base em rodovias (Figura 4). Ao serem submetidos a processos, como, britagem ou misturas com outros solos, o solo laterítico “in natura” tem uma boa aceitação para o emprego nessas funções. A norma do DNIT 098/2007 – ES é quem estabelece a forma de execução e determina os parâmetros de utilização (DNIT, 2007).

Nos ensaios requeridos, para aprovar a utilização em rodovia, o material laterítico deve apresentar alguns resultados como: O Índice de Suporte Califórnia (ISC) precisa obedecer ao número N para eixo padrão de 8,2t.  $ISC \geq 60\%$  para  $N \leq 5 \times 10^6$  e  $ISC \geq 80\%$  para  $N > 5 \times 10^6$  os materiais precisam atender também aos valores mínimos de ISC da norma DNER-ME 49/74 (DNIT, 2007).

**Figura 4:** Utilização de material laterítico como base e sub-base



Fonte: Dutra (2014)

## Ensaaios

Os ensaios mais comuns onde são estudados os solos tropicais, é o ensaio de Perda de Massa por Imersão e o ensaio de Compactação Mini-MCV, que é regido pela norma técnica DNER-ME 258/94. Com o objetivo de determinar coeficientes que são utilizados na classificação e caracterização de solos que passam na peneira de 2mm de abertura (MALANCONI, 2013).

O Ensaio de Compactação Mini-MCV consiste na aplicação de energia crescente, até se conseguir o aumento da massa específica seca para alguns teores de umidade, gerando gráficos com curvas de compactação, com o nome de curvas de deformabilidade, a partir dessas curvas, determina-se os valores do mini-MCV. Os equipamentos utilizados, métodos e modo de execução estão definidos na norma do DNER-ME 258/94 (DNER, 1994).

O Ensaio de Perda de Massa por Imersão se dá com a utilização de corpos de provas já compactados, onde é avaliado sua estabilização sob ação da água. Extrai-se 10mm dos cilindros que são imersos em água por cerca de 20 horas, o material que se desprende é recolhido e seco, para se obter o peso seco do corpo de prova. Perda de Massa por Imersão é definida pela equação  $Pi = 100 \times \frac{Md}{M0}$ . Onde  $Md$  é a massa de solo seco despreendida do corpo de prova e  $M0$  é massa de solo seco correspondente a 10mm do corpo de prova logo depois da compactação (MALANCONI, 2013).

A determinação dos limites de Atterberg, fundamentais para o trabalho com solos, que devido à presença de água nos solos, apresentam alguns estados de consistência. Os teores de umidade correspondentes as mudanças de estados são denominadas de Limites de Liquidez (LL) e Limites de Plasticidade (LP). A norma técnica que apresenta o procedimento e prescreve a aparelhagem para determinação do limite de plasticidade, é a DNER-ME 082/94 (DNER, 1994). E a norma técnica que contém um método de referência para a determinação do limite de liquidez, é a norma DNER-ME 122/94 (DNER, 1994).

Ensaio de Capacidade de Suporte Mini-CBR tem como objetivo determinar a expansão do solo compactado em equipamento miniatura.

Caracteriza-se pela utilização de corpos de prova de dimensões reduzidas, com 50 mm de diâmetro e um pistão de penetração de 16mm de diâmetro (DNER, 1997). Aliado a ensaios de expansão e contração, gera resultados que podem ser utilizados em pavimentos como reforço de subleito, sub-bases e base. A norma técnica que define o método e modo de execução, aparelhagem é a DNER-ME 254/97 (MALANCONI, 2013).

## **CONCLUSÃO**

Após o estudo realizado, abordando os solos tropicais, percebe-se que sua utilização poderia ser mais ampla dentro do campo da engenharia, vendo que o Brasil tem dimensões continentais e um grande leque de obras de infraestrutura para serem realizadas que contribuem com o crescimento do país.

Devido sua grande presença em nosso território, com variadas formas, solos lateríticos, saprolíticos, entre outras, devem ser mais estudados. Os estudos em cima desse tema começaram do meio para o fim do século passado, por volta do início dos anos 70. Ao meu ver, devem ser mais estimulados, observando que geram grande retorno para a engenharia.

A grande área de concentração dos estudos, foi sua utilização em obras rodoviárias, onde se tinha e ainda temos grande campo de atuação. Solos tropicais foram utilizados em pavimentação devido sua viabilidade, seu custo era muito baixo ao comparado com outros tipos de materiais. Solos de origem laterítica foram um grande sucesso ao ser utilizados com base e sub-base em rodovias, onde se obtiveram excelentes resultados quanto as solicitações exigidas.

Os ensaios característicos que classificam esse tipo de solo foram desenvolvidos devido a inexistência de técnicas a época, para determinar seus padrões de utilização. Foram desenvolvidos ensaios como, ensaio de Perda de Massa por Imersão, ensaio de Compactação Mini-MCV e também foi desenvolvida a metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical).

Observando que o intuito da engenharia é solucionar problemas e proporcionar o bem-estar para os cidadãos, cabe aos profissionais, estudantes, técnicos entre outros, ligados à área o estudo e a disseminação do conhecimento sobre o tema, vendo que o mesmo pode trazer melhorias, mesmo que indiretas, para a população em um todo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ARAÚJO, C.; DANTAS, S. **Caracterização de Solos Lateríticos para Utilização em Pavimentos de Baixo Custo na Cidade de Canindé/CE.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

COELHO, M.; SOARES, W. **Estudo de Solos Lateríticos Fino para Uso em Pavimentação a Partir dos Métodos HRB e MCT.** Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

CHIOSSI, N. J. **Geologia Aplicada à Engenharia**. 2. ed. São Paulo: Escola Politécnica, 1983. 195 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 082/94: **Determinação do Limite de Plasticidade**. 1 ed. Rio de Janeiro. 1994. 3 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 122/94: **Determinação do Limite de Liquidez e Método Expedito**. 1 ed. Rio de Janeiro. 1994. 7 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 254/97: **Solos Compactados em Equipamento Miniatura Mini-CBR**. 1 ed. Rio de Janeiro. 1997. 14 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 258/94: **Solos Compactados em Equipamento Miniatura Mini-MCV**. 1 ed. Rio de Janeiro. 1994. 14 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS RIO DE JANEIRO. DNIT IPR-719/06: **Manual de Pavimentação**. Ed. Rio de Janeiro. 2006. 278p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS RIO DE JANEIRO. DNIT 098/07: **Pavimentação - Base Estabilizada Granulometricamente com Utilização de Solo Laterítico - Especificação de Serviço**. Ed. Rio de Janeiro. 2007. 7 p.

DIAS, I. M. **Estudo de Solos Tropicais para o Uso em Pavimentação a partir de Ensaio Triaxiais Estáticos**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

DUTRA, S. V. M. **Estado da Arte sobre a Utilização de Solos Lateríticos em Pavimentos Rodoviários**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Geologia, Universidade do Porto, Porto, 2014.

GUSMÃO FILHO, J. A. **Solos da Formação Geológica ao Uso na Engenharia**. 2. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008. 198 p.

HUAT, Bujang B.k.; TOLL, David G.; PRASAD, Arun (ed.). **Handbook of Tropical Residual Soils Engineering**. Leiden: Crc Press/balkema, 2012. 533 p.

MALANCONI, Mauricio. **Considerações Sobre Misturas de Solos Tropicais Estabilizados Quimicamente para Uso como Camada de Pavimento Urbano**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

MARTÍNEZ, G. S. S. **Estudo do Comportamento Mecânico de Solos Lateríticos da Formação Barreiras**. 2003. 266 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MELO, F. B. **Solos**. Embrapa. 2015. Disponível em <[https://www.embrapa.br/contando-ciencia/solos/-/asset\\_publisher/1ZCT5VQ5Hj1S/content/o-que-e-e-como-se-forma-o-solo-/1355746?inheritRedirect=false](https://www.embrapa.br/contando-ciencia/solos/-/asset_publisher/1ZCT5VQ5Hj1S/content/o-que-e-e-como-se-forma-o-solo-/1355746?inheritRedirect=false)> Acesso em: 07 de novembro de 2019.

ROHLFES JÚNIOR, J. A. **Estudo do Comportamento de Um Solo Residual Melhorado Através de Técnicas Mecânicas e Físico Químicas e Sua Aplicação à Análise de Fundações Superficiais**. 1996. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S.; CINCERRE, J. R.; SERRA, P. R. M.; NETO, A. Z. **Pavimento de Baixo Custo para Vias Urbanas: Bases Alternativas com Solos Lateríticos**. 2. ed. São Paulo: Arte e Ciência, 2009. 196 p.

ZORZI, C. **Caracterização dos Solos Tropicais Lateríticos para Reforço de Pavimentos**. 2008. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.