

MELHORAMENTO DO SUPORTE DE SOLOS LATERÍTICOS UTILIZADOS EM PAVIMENTAÇÃO COM ADIÇÃO DE ESTABILIZANTE QUÍMICO

ADEMILTON CARLOS ROSA JUNIOR¹ e RODRIGO JUNQUEIRA MOTA²

¹MBA Gestão de obras, Engenheiro Civil, Goiânia-GO, ademilton.crj@gmail.com;

²MSc. em Geotécnica, Prof. Titular GEOTECNIA, UNIALFA, Goiânia-GO, rjunqueir@hotmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
4 a 6 de outubro de 2022

RESUMO: Diante as necessidades atuais de alternativas que visem não apenas a qualidade em projetos de engenharia, mas também redução dos custos e adaptabilidade as condições das obras, buscou-se apresentar um estudo relacionado a melhoria das propriedades mecânicas de solos submetidos a compactação, destinados a pavimentação. Visando tais melhorias, analisou-se a utilização de solo com o cimento, material de ampla utilização e larga quantidade de estudo de suas propriedades físicas e químicas, como alternativa para a estabilização de base e sub-bases de pavimentos. Estudos pré-existentes, como o desenvolvido por Washington Peres Nunez à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em sua titulação de Mestre, demonstram significativo ganho de desempenho das propriedades dos solos estudados, quando estabilizados quimicamente com cimento. Essa pesquisa busca compreender os efetivos ganhos de resistência mecânica, na utilização desse tipo de estabilização em bases e sub-bases destinadas a pavimentação asfáltica na região de Goiânia, por meio de comparações dos Índices de Suporte Califórnia de amostras naturais e amostras estabilizadas com diferentes teores de cimento.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilização Química do Solo, Pavimentação, Base e sub-bases, Engenharia Civil, Mecânica dos solos.

IMPROVEMENT OF THE SUPPORT OF LATERITICAL SOILS USED IN PAVEMENT WITH THE ADDITION OF CHEMICAL STABILIZER

ABSTRACT: Faced with the current needs of alternatives that aim not only at the quality of engineering projects but also at reducing the costs and adaptability of the work conditions, we seek to present a study related to the improvement of the mechanical properties of soil subjected to compaction for paving. Aiming at these improvements, the use of soil with cement, widely used material and a large amount of study of its physical and chemical properties, was analyzed as an alternative for the stabilization of base and sub-bases of pavements. Pre-existing studies, such as that developed by Washington Peres Nunez at the Federal University of Rio Grande do Sul, in their Master degree, show a significant performance gain of the properties of the studied soils, when chemically stabilized with cement. This research seeks to understand the effective gains of mechanical resistance in the use of this type of stabilization in bases and subbases for asphalt paving in the Goiania region, through comparisons of the California Bearing Ratio of natural samples and samples stabilized with different cement content.

KEYWORDS: Chemical Soil Stabilization, Paving, Base and Sub-bases, Civil Engineering, Soil Mechanics

INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um problema corrente das grandes cidades no século XX e XXI, segundo o Tribunal de Contas da União o “custo dos congestionamentos na região metropolitana do Rio de Janeiro atingiu R\$ 29 bilhões, em 2013, e poderá alcançar R\$ 40 bilhões, em 2022” (TCU, 2015 p. 1). É notório que as condições das pavimentações brasileiras, de uma forma geral, estão longes do ideal,

segundo relatório da Conferencia Nacional de Transporte (CNT, 2017) cerca de 65,4% das rodovias goianas apresentam algum tipo de deficiência, seja nas condições de sinalização ou condições de trafegabilidade, as condições de manutenção das vias estabelecem um paralelo entre o tempo de permanência no trânsito e custo de manutenção do automóveis (CNI, 2015). As condições da pavimentação na região metropolitana de Goiânia não destoam da realidade do estado, requerendo medidas urgentes que viabilizem a recuperação das condições de tráfego. Segundo os dados mais recentes da Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística a cidade de Goiânia 1.120.645 veículos, cerca de 0,86 veículos por habitante. A densidade demográfica agrava os problemas vivenciados pela metrópole goiana, a impermeabilização do solo pela expansão imobiliária e a pavimentação das vias, promovem uma menor permeabilidade das águas pluviais que por sua vez propiciam a desagregação do revestimento asfáltico. Ante aos fatos percebe-se que Goiânia enfrenta problemas crescentes quanto infraestrutura urbana o que demanda políticas públicas e pesquisas que busquem diminuir o custo efetivo da execução da pavimentação. Conforme observado na Figura 1, em pesquisa anual realizada pela CNT as condições gerais mais de 50% das rodovias goianas classificam-se de regular a péssima.

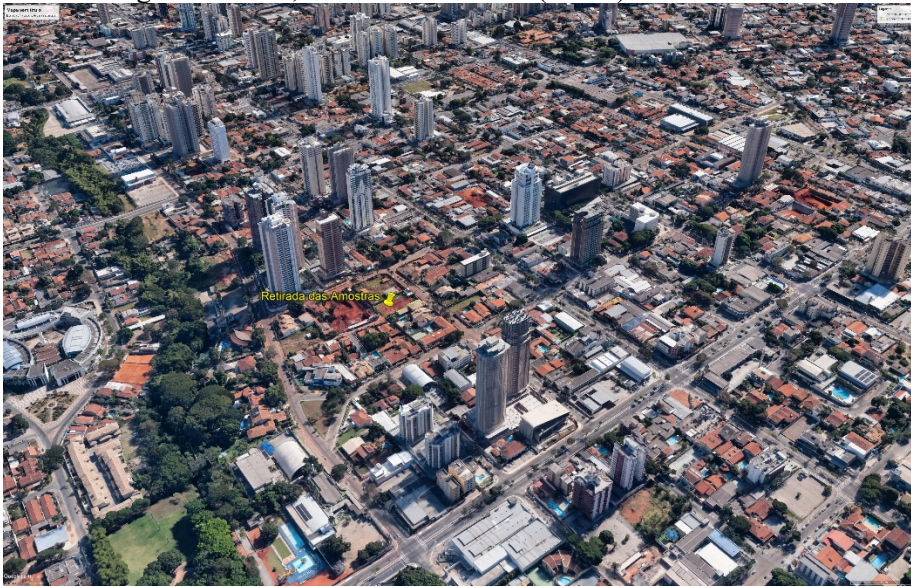
A pesquisa realiza-se no contexto da cidade de Goiânia, município que compõem a região metropolitana (RM) de Goiânia. Segundo (IPEA, 2015 p. 9) “compõem a RM de Goiânia vinte municípios, conforme a LCE nº 78 de 2010, em uma área de 7.397,203 km²”. Conforme o último censo realizado, a população do município é de 1.302.001 pessoas, atualmente com estimativa de 1.495.705 pessoas (IBGE, 2010). Com uma elevada densidade demográfica, 1776,74 hab/km² (IBGE, 2010), Goiânia enfrenta problemas comuns às grandes cidades, relacionados a gestão pública e a demanda crescente por melhoria na infraestrutura da cidade. Obras recentes como a ampliação do BRT, melhoramento das condições viárias da BR-153 no perímetro urbano e melhoramento das condições das rodovias estaduais (GO-010, GO-020, GO-040, GO-060, GO-060, GO-070, GO-080, GO-319, GO-403 e GO-462) no perímetro urbana, são respostas a essa demanda. Técnicas economicamente viáveis são excessivas a esse propósito.

Esta pesquisa se posiciona quanto ao desenvolvimento de material bibliográfico sobre a técnica de melhoramento do suporte de solos oriundos da movimentação de terra de obra civil a serem utilizados como agregados de base e sub-base na pavimentação rodoviária no município de Goiânia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material a ser estabilizado é um solo proveniente da movimentação de terra do subsolo da obra situada no Setor Bueno, Goiânia, GO (coordenadas 49.2754964° Sul 16.7009984° Oeste), destinada à obra de infraestrutura da Prefeitura Municipal de Goiânia, conforme destacado na Figura 24, cedida por empresa responsável pela execução.

Figura 1. Local de retirada da amostra
Fonte: Google Earth Pro, Versão: 7.3.2.5491 (64-bit)



Buscando evitar descaracterizar ou falsear a amostra coletada, seguindo os critérios especificados na norma NBR 9604, a amostra foi retirada a uma cota entre 3,5 e 4 metros, por escavação mecânica. O solo extraído nessa profundidade destinou-se a execução de obras na região metropolitana de Goiânia, em específico pavimentação, executadas pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (Seinfra).

Figura 2. Extração da amostra profundidade entre 3,5 e 4 metros
Fonte: Acervo pessoal



Por uma análise tátil-visual in loco, percebeu-se tratar de um solo predominantemente laterítico já com acelerado processo de fragmentação por intemperismo, característico pela grande quantidade de óxidos de ferro responsável pela coloração avermelhada. Em laboratório pôde-se confirmar o que se observou in situ e ainda que a amostra se constituía de parcela significativa de material arenoso. As amostras foram classificadas como latossolos arenosos (LA'), segundo classificação MCT. Solos LA' são comumente utilizados como subleitos, reforços, sub-base e base para pavimentação por suas características como elevada resistência e módulo de resiliência, boa coesão e pouca contração por perda de umidade (BALBO, 2007).

O cimento utilizado foi o Portland do tipo II, com adição de pozolana e resistência de 32 MPa aos 28 dias (CP-II-Z-32) e a água utilizada foi potável ou destilada.

As amostras deformadas foram secas ao ar, em seguida destorroadas, armazenadas e determinada a umidade (DNER ME 213, 1994).

Devido à grande quantidade de solo necessário para realização dos ensaios de caracterização e resistência a compressão, estes foram realizados em duplicidades, doravante denominados de amostra 1 e amostra 2. Ambas as amostras foram submetidas aos mesmos ensaios, realizados conforme as orientações de suas respectivas normas. Em caso de divergência significativas dos valores, seria realizado uma terceira amostragem, o que não ocorreu em nenhum ensaio experimentado.

Ante aos resultados das amostras ensaiadas pôde-se compreender a composição das mesmas, bem como, o diâmetro de suas partículas. Vis-à-vis ao comportamento da curva granulométrica (Figuras 26 e 27) notou-se tratar de uma composição bem graduada (observado os valores do Coeficiente de não uniformidade (CNU) entre 2,73 e 3,00) com falta de partículas com maiores diâmetros, em descontinuidade (observado os valores de Coeficiente de Curvatura (CC) entre 0,59 e 0,7). Atentou-se para o fato da quantidade de material passante na peneira de 0,075 mm e a necessidade dos ensaios de sedimentação, afim de melhor representar as parcelas finas da amostra, visando quantificar o percentual de silte e argila presente na mesma.

Figura 3. Curva granulométrica amostra 1
Fonte: Ensaios Laboratoriais

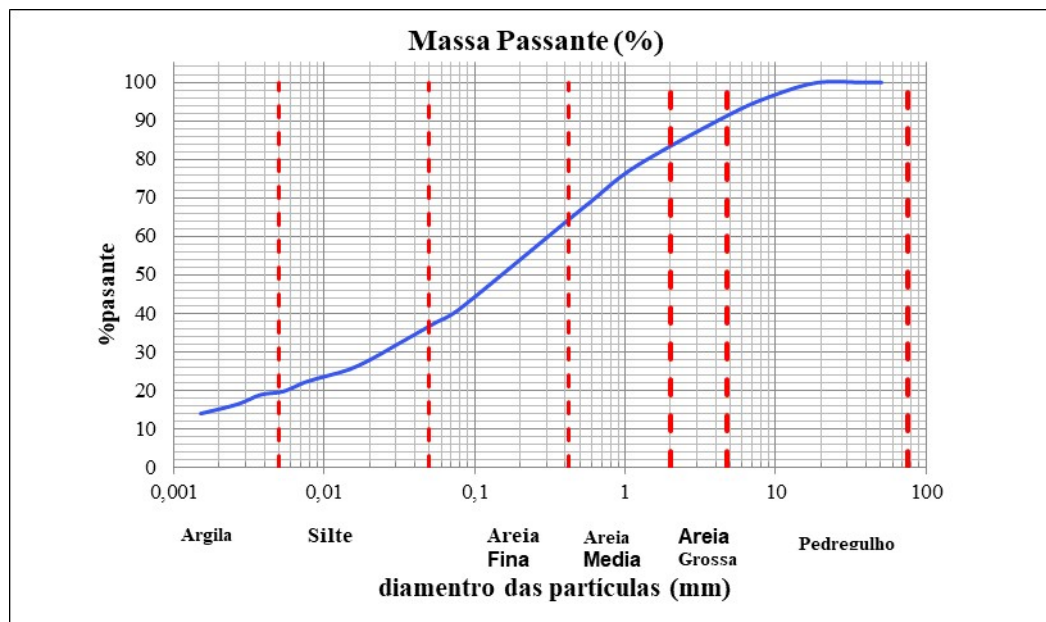
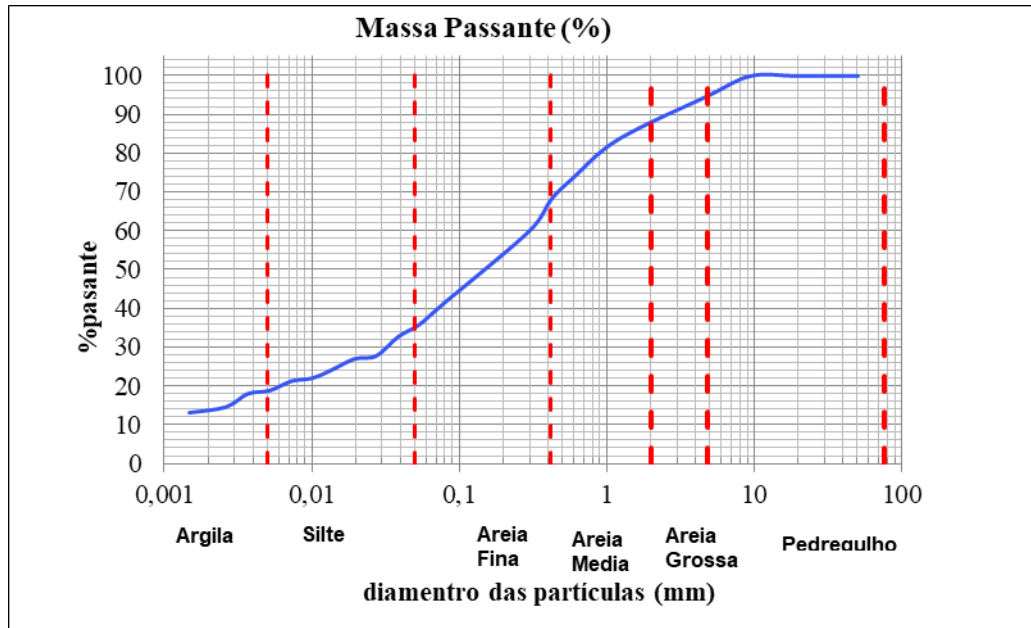


Figura 4 – Curva granulométrica amostra 2
 Fonte: Ensaios Laboratoriais



As amostras compactadas em laboratório apresentaram curva de compactação bastante similares, o que atesta a confiabilidade da experimentação realizada. Com uma umidade ótima estabelecida graficamente entre 17,4% e 17,6%, corrobora com os dados apresentados por (NOGAMI e VILLIBOR, 2009) das experimentações realizadas com amostras lateríticas, com considerável percentual de argila, ao longo de seus estudos, evidenciando o fato de uma diferença entre o limite de plasticidade e umidade ótima, com valores entre 2 e 3,5%.

Em consequência dos dados obtidos em todos os ensaios realizados procedeu-se a classificação segundo o procedimento H.R.B, visto dois critérios: a aplicação das amostras com material de pavimentação e os equipamentos que se disponha para realização dessa pesquisa.

Seguindo os procedimentos estabelecidos na normativa americana e com base na Tabela 4, classificou-se inicialmente a amostra quanto o material passante na peneira de nº 200 (0,075 mm), observando que a mesma se enquadraria entre um material granular com percentual de finos inferior a 35%. Em seguida procede-se a classificação quanto aos índices de Atterberg LP e IP. Com a observação dos resultados de LP notou-se que a mostra se caracterizava pelo tipo A-2, limitando entre os tipos A-2-4 ou A-2-6. Com os valores de IP conclui-se se tratar de uma amostra do tipo A-2-6. Com o cálculo do índice de grupo (IG) obtendo para ambas as amostras valor 0 (zero) o que corrobora com a análise desenvolvida.

De acordo com os dados obtidos pelo ensaio normatizado pela (ABNT NBR 12253, 2012), pôde-se estabelecer critérios a se possibilitar uma dosagem normatizada do teor de cimento a fim de promover dois parâmetros: estabilidade das amostras e resistência de suporte necessário. Durante o processo incremental de carga observou-se um comportamento particular das amostras com maior teor de cimento. Como a quantidade de água manteve-se constantes ao valor estabelecido pelo ensaio de compactação, no que se refere a umidade ótima, observou-se que no ensaio de compressão simples o incremento de tensão resistida não ocorre de forma linear, mas em patamares definidos, conforme evidenciado nas (Figura 38 e 39). Este fenômeno se relaciona a Lei de Abrams (HELENE, 2007) e ao preenchimento interstícios formado entre os materiais de enchimento, em nosso caso solo, pelo material pulverulento, cimento.

Mediante aos valores obtidos constatou-se a necessidade de adição de 3% de cimento nas amostras para que apresentassem o comportamento ideal relacionado pela NBR 12253, para uma resistência de compressão simples de 2,1 Mpa (21,41 kgf/cm²).

Conforme relacionado nos resultados obtidos, as amostras com teor cimento estabelecido de 3%, apresentam um comportamento de resistência diferente das amostras com solo natural, quanto a relação teor de umidade e tensão de compressão axial de acordo com o ISC, fenômeno esse relacionado a relação de água e cimento (a/c). Na parcela de amostra com menor teor de umidade ocasionam a redução de resistência devido à dificuldade de hidratação do cimento, o que contrapõem os resultados da amostra natural com maiores resistências, na mesma parcela, devido ao processo de densificação do maciço, promovido pela expulsão do ar no interior do mesmo. Esse fenômeno resulta na mudança de comportamento das tensões que já não apresentam mais um comportamento exponencial na curva relacional de resistência e umidade.

Correlacionando a resistência obtida pelo ensaio com amostras após a dosagem, pôde-se verificar um incremento significativo das tensões resistidas. Como observado a amostra em estado natural apresenta um comportamento pobre quanto ao suporte o que impossibilita sua utilização em elementos mais nobres com a base, mas que atende satisfatoriamente o suporte demanda para camada de característica técnicas inferiores, como sub-base e reforço do subleito. Após o processo de estabilização com aglomerante hidráulico, solo-cimento, observa um aumento significativo das características de suporte, possibilitando assim sua aplicação como elemento em pavimento com elevado número N ($N \geq 106$).

CONCLUSÃO

A hipótese que motivou a iniciação deste trabalho foi o possível acréscimo de resistência que o solo constituinte da região metropolitana de Goiânia apresentaria sob ação de um estabilizante químico, no caso cimento. Ao longo dos estudos constatou-se que a amostra natural não apresentava características técnicas que propiciasse a sua utilização como elemento de camada nobre da pavimentação, base, sem proposta de intervenção.

Corroborando com os anseios da realização dessa pesquisa os dados obtidos em laboratório apontaram que o solo natural apresentava características satisfatórias para utilização como camada inferior, sub-base, podendo também ser aplicada em obras rodoviárias.

O cimento utilizado foi o Portland do tipo II, com adição de pozolana e resistência de 32 MPa aos 28 dias (CP-II-Z-32). Optou-se pela intervenção com a utilização deste cimento devido ao amplo conhecimento, acervo técnico e facilidade de aplicação e aquisição deste material.

Para a utilização deste solo natural como material constituinte de um pavimento, conclui-se que com a energia intermediária de compactação, tal solo serviria apenas como sub-base. Para utilização com base seria necessário a estabilização do 3% de cimento, teor este que representa a mistura mais econômica em relação as recomendações do DNIT e atingiria a resistência e expansão adequados.

Foi possível concluir também que a utilização do solo como camada de um pavimento pode se configurar uma alternativa viável desde que sejam tomados os cuidados necessários durante o processo de dimensionamento. Como o material se constitui de um rejeito da construção civil, além das questões ambientais de reutilização, a estabilização deste solo como cimento demonstra-se uma técnica econômica vantajosa, por reduzir consideravelmente os custos de aquisição de jazida certificada e os custos relacionados ao transporte dos solos das jazidas mais próximas da região, caso se opte por adquirir um material que forneça o CBR necessário para utilização na camada de base, sem utilização de estabilizantes.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se uma avaliação real, técnica e econômica, considerando as distâncias entre jazidas de solos e possíveis obras, quantificando e avaliando em valor, custo com transportes, do local de empréstimo até o pavimento a ser executado, para a movimentação de matéria-prima de uma jazida de solo que tenha características suficientes para ser utilizado como base do pavimento, comparando com os custos para estabilização de um solo adquirido de uma área de empréstimo mais próxima, mas que necessite ser estabilizado quimicamente.

AGRADECIMENTOS

A instituição ensino Centro Universitário Alves Faria (UNIALFA) pela disponibilização da estrutura física e equipamento para o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51 – Agregado graúdo - Ensaio de abrasão Los Angeles**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023 – Informação e documentação - Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457 – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459 – Determinação de limite de liquidez**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: Informação e documentação – Apresentação de citações em documentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 4 p.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180 – Determinação de limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182 – Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182 – Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9604 – Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostra deformadas e indeformadas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895 – Índice de suporte Califórnia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11798 – Materiais para base de solo-cimento – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12023 – Solo-cimento - Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12024 – Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12025 – Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12254 – Execução de Sub-Base ou Base de Solo Cimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

___. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13553 – Solo-cimento - Dosagem para emprego como camada de pavimento – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

___ . ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13554 – Solo-cimento - Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem - Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

___ . ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13555 – Solo-cimento - Determinação da absorção de água- Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

___ . ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16096 – Solo-cimento - Determinação do grau de pulverização - Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **D3282 – Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.** Washington, D.C: 2015.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação: materiais, projetos e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BAPTISTA, C.F.N. **Pavimentação.** 2. ed. Porto Alegre: Globo; Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar, 1976.

BERNUCCI, Liedi Bariani... et al., 2006. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.

CASTELLO BRANCO, J.E., **Estudo da eletrose em solos finos.** Dissertação de M.Sc., Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1978.

CNI. Conferência Nacional Transporte. **Retratos da sociedade brasileira – mobilidade urbana.** Disponível em: <h https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/7f/1d/7f1d722-455b-4a18-bc0a-6bdc5430b9a7/retratosdasociedadebrasileira_27_mobilidadeurbana.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2018.

CNT. Conferência Nacional Transporte. **Pesquisa Rodovias - 2016.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Publicacoes/pesquisa-cnt> >. Acesso em: 22 fev. 2016.

___ . Conferência Nacional Transporte. **Pesquisa Rodovias - 2017.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Publicacoes/pesquisa-cnt> >. Acesso em: 10 abr. 2017.

___ . Conferência Nacional Transporte. **Pesquisa Rodovias - 2018.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Publicacoes/pesquisa-cnt> >. Acesso em: 24 out. 2018.

___ . Conferência Nacional Transporte. **Pesquisa Rodovias - 2013.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Publicacoes/pesquisa-cnt> >. Acesso em: 24 out. 2018.

___ . Conferência Nacional Transporte. **Pesquisa Rodovias 2014.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Publicacoes/pesquisa-cnt> >. Acesso em: 27 fev. 2018.

___ . Conferência Nacional Transporte. **Pesquisa Rodovias 2015.** Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Publicacoes/pesquisa-cnt> >. Acesso em: 27 fev. 2018.

CONAMA. Resolução n. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, julho de 2002.

DIAS, Idalíria de Moraes. **Estudo de solos tropicais para uso em pavimentação a partir de ensaios triaxiais estáticos.** Universidade de São Paulo: São Carlos, 2007.

DIXON, J.B. & JACKSON, M.L. **Dissolution of interlayers from intergradient soil clays after preheatint at 400 °C.** Science, 129:1616-1617, 1959.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER 213 – Solo – Determinação do teor de umidade.** Rio de Janeiro: DNER, 1994.

__. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER 301 ES – Pavimentação -sub-base estabilizada granulometricamente.** Rio de Janeiro: DNER, 1997.

__. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER 303 ES – Pavimentação - base estabilizada granulometricamente.** Rio de Janeiro: DNER, 1997.

__. Departamento Nacional Infraestrutura e Transporte. **Método de projeto de pavimentos flexíveis.** Rio de Janeiro: DNER, 1981.

DNIT. Departamento Nacional Infraestrutura e Transporte. **Editais.** Disponível em: < <http://www1.dnit.gov.br/editais/consulta/editais.asp> >. Acesso em: 09 set. 2018.

__. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **DNIT 141 – ES – Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

__. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **DNIT 1722016 – ME – Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia.** Rio de Janeiro: DNIT, 2016.

__. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Manual de pavimentação.** Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

__. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Manual de implementação básico de rodovia.** Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

__. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Manual do pavimento rígido.** Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Brasil.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/solos-do-brasil>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

GOULART, Cristina Lemos; PEDREIRA, Celso Luís da Silva. **Estabilização Química de solo com adição de cimento ou cal com alternativa de pavimento.** Disponível em<<https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/geors2009/2009-goularte-pedreira.pdf>> Acesso, em 23 de fev. 2017.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José Luiz; FROTA, Régis G. Q.; CARVALHO, Celso S.; NIYAMA, Sussumu. **Fundações: Teoria e prática—2. ed.** São Paulo: Pini, 1998.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, G.C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2007, v.2, p.905 944.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto RADMBRASIL – Mapa de solos brasileiros.** Disponível em < <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos> > Acesso, em 20 de fev. 2018.

__. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de solos da folha SE.22.** Disponível em < http://dados.gov.br/dataset/cren_pedologias22 > Acesso, em 21 de set. 2018.

__. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos demográficos.** Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/panorama> > Acesso, em 21 de set. 2018.

IPEIA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Relatório de análise da RM de Goiânia**. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/governanca_metropolitana/150820_74657_relatorio_ANALISE_rm_Goiania.pdf> Acesso, em 21 de set. 2018.

MENDONÇA, a.; ROCHA, C.; NUNES, E. **Trabalhos Acadêmicos – planejamento, execução e avaliação**. Goiânia: Faculdades Alfa, 2008.

NOGAMI, J.S. E VILLIBOR, D.F. **Pavimentos Econômicos: Tecnologia do Uso dos Solos Finos Lateríticos**. – São Paulo: Arte & Ciência, 2009.

NOGAMI, J.S. E VILLIBOR, D.F. **Uma Nova Classificação de Solos para Finalidades Rodoviárias**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, Rio de Janeiro. Anais. COPPE/UFRJ – CNPq - ABMS, Rio de Janeiro, 1981.

NUNEZ, WASHINGTON PERES. **Estabilização físico-química de um solo residual de arenito Botucatu visando seu emprego na pavimentação**. Dissertação de MSc. Dissertação de MSc., COPPE/UFRS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1991.

PINTO, Eduardo da Silva. **Solo-cimento compactado: proposta de métodos de ensaio para dosagem e caracterização física e mecânica**. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas/3ª Edição**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SENÇO, Wlastermiller de, **1929 – Manual de pavimentação: volume / Wlastermiller de Senço. –2. ed. ampla**. São Paulo: Pini, 2007.

TCU. Tribunal de Contas da União. **Política nacional de mobilidade urbana**. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/politica-nacional-de-mobilidade-urbana.htm>>. Acesso em: 09 set. 2018.