

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DE UM SOLO BASÁLTICO COM INCORPORAÇÃO DE AGREGADOS BRITADOS 1¹

GRANULOMETRIC STABILIZATION OF A BASALTIC SOIL WITH INCORPORATION OF CRUSHED AGGREGATES

Acsiel Budny², Gediel da Silva³, André Luiz Böck⁴

¹ Pesquisa realizada no componente curricular de Rodovias II, do Curso de Engenharia Civil

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Unijui - Santa Rosa/RS - Bolsista Voluntário do Núcleo de Estudos Interdisciplinares em Construção e Sustentabilidade (NECS) - E-mail: acsielbudny2@gmail.com

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Unijui - Santa Rosa/RS - Bolsista Voluntário do Núcleo de Estudos Interdisciplinares em Construção e Sustentabilidade (NECS) - E-mail: gediel.silva@sou.unijui.edu.br

⁴ Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Unijui- E-mail: andre.bock@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o mais utilizado em toda a extensão do território nacional brasileiro. Para o desenvolvimento econômico do país, são necessários investimentos em infraestrutura viária, o que também gera uma grande demanda de insumos para serem empregados na pavimentação. A seleção desses materiais deve ocorrer com base em suas características físicas, mecânicas e econômicas, sendo geralmente empregados materiais granulares (LIMA, 2015). Porém, com uma atenção cada vez maior em relação à preservação ambiental, busca-se transformar tecnologias tradicionais em alternativas menos agressivas, porém, ainda assim viáveis economicamente.

Uma solução proposta pela engenharia é o uso de materiais naturais, como o solo natural, o qual apresenta-se como um material complexo e variável, porém, em virtude de sua abundância e baixo custo, possibilita vasta aplicação na engenharia (SANTOS, 2012). No entanto, para a execução de pavimentos rodoviários, é necessário que o solo apresente propriedades físicas e químicas que lhe garanta estabilidade e resistência aos esforços solicitantes, propriedades as quais nem sempre são atendidas em campo.

Isso implica na necessidade de substituição, reforço ou estabilização do solo natural. A substituição ou reforço do solo natural possui como fator limitante o elevado custo, pois exige grande quantidade de recursos naturais, além do transporte de altos volumes de material até do local da obra. Diante disso, a estabilização do solo passa a ser uma alternativa que pode viabilizar seu uso, visto que, algumas de suas características físicas e mecânicas são alteradas proporcionando condições adequadas de suporte (TEIXEIRA, 2014).

Desta maneira, o presente estudo visa analisar, através de métodos físicos e mecânicos, a utilização da brita para a estabilização do solo, com o intuito de determinar a possível utilização na estrutura de um pavimento. Por meio de ensaios laboratoriais, busca-se determinar a umidade ótima e a massa específica aparente máxima de três composições solo-brita, e assim inferir uma utilização nas camadas de pavimentação.

Palavras-chave: Pavimento Rodoviário. Caracterização. Compactação. Investigação.

Keywords: Road Pavement. Characterization. Compaction. Investigation.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Bernucci et al. (2006), o pavimento é uma estrutura formada por várias camadas, sendo de forma geral composto pelas camadas de revestimento, base, sub-base e subleito, de espessuras finitas e por diferentes materiais, cujas funções básicas são resistir aos esforços oriundos do tráfego e proporcionar conforto, economia e segurança aos usuários. Para conciliar o desempenho e o investimento, a engenharia rodoviária e geotécnica busca projetar pavimentos compostos por diferentes camadas, de forma a aliviar as tensões sobre os pontos inferiores. Conforme o DNIT (2006), o material do subleito deve possuir uma expansão inferior ou igual a 2% e um CBR (California Bearing Ratio) superior a 2%. Na sub-base o material deve apresentar um CBR acima de 20% e expansão menor ou igual a 1%. O material da base deve ter um CBR maior ou igual a 80% e uma expansão igual ou inferior a 0,5%. Assim, é possível, em condições de menor tráfego, fazer uso de solo para camadas inferiores, como a sub-base, através da estabilização.

Já a estabilização, segundo Firoozi et al. (2017), é um método de melhoria do solo por meio da mistura do mesmo com outros materiais, com o objetivo de melhorar a superfície a ser pavimentada. A estabilização pode ser feita por processos mecânicos, químicos e físicos. A opção por um ou outro tipo de estabilização é influenciada por inúmeros fatores, entre os quais podem ser citados os custos totais da obra, a finalidade da obra, as características dos materiais e as propriedades que devem ser corrigidas (AZEVEDO, 2010).

Na estabilização física, as propriedades do solo são alteradas modificando-se sua textura (SANTOS, 2012), como por exemplo, através da correção granulométrica. Nesta, busca-se uma distribuição adequada dos diâmetros dos grãos, de tal forma que os vazios deixados pelos grãos com diâmetros maiores são preenchidos por grãos com diâmetros menores, e esses pelos finos. Ao se utilizar uma mistura de material natural e pedra britada tem-se as sub-bases e bases de solo-brita (DNIT, 2006).

A estabilização mecânica, também conhecida como estabilização por compactação, de acordo com Tres et al. (2019) visa dar ao solo ou mistura que será utilizado em uma camada do pavimento a densidade máxima relativa à umidade ótima. Através da aplicação de energia, há uma redução no volume de vazios. É um método geralmente usado na execução das camadas do pavimento, sendo complementar a outros métodos de estabilização (MARQUES, 2006).

Já na estabilização química, é adicionado ao solo uma determinada quantidade de material químico, como Cimento Portland, Cal, Pozolanas, materiais betuminosos e resinas. Na utilização de uma mistura de cimento-solo, por exemplo, a reação do cimento com a água forma um gel coloidal cimentício insolúvel, capaz de dispersar-se e preencher os poros, endurecendo para formar uma matriz contínua de melhor resistência, a qual envolve as partículas de solo (COOK e SPENCE, 1983, apud PINTO, 2008).

MATERIAIS E PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

O agregado mineral utilizado para a realização da pesquisa foi obtido junto ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ - Campus Santa Rosa, é de origem basáltica e possui dimensões máximas de 19 mm. Já a amostra de solo, foi extraída de um terreno localizado na cidade de Tucunduva/RS e, por meio da identificação tátil-visual, observa-se grande presença de materiais finos em sua composição. Após a coleta dos materiais, realizou-se a secagem destes em uma estufa,

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

permanecendo por 24 horas a uma temperatura aproximada de 105 °C, conforme preconizado pela norma ABNT NBR 7182:2016. Assim, fez-se o destorroamento e peneiramento do solo (Figura 1) para a realização do ensaio de compactação, conforme especificado na ABNT NBR 6457:2016.

Figura 1 – Utensílios utilizados no processo.



Fonte: Autoria própria (2019).

Com o solo já peneirado, fez-se a preparação das amostras para a posterior compactação. Foram definidas 3 misturas, sendo a primeira delas composta por 100% de solo (S100A0), a segunda por 25% de solo e adição de 75% de agregados (S25A75) e a terceira composta por 75% de solo e 25% de agregados (S75A25).

O procedimento para o ensaio de compactação, bem como as diferentes energias de compactação, são preconizados pela ABNT NBR 7182:2016. Primeiramente, com as amostras devidamente preparadas e homogêneas, fez-se a incorporação de água à mistura, em teores próximos à umidade ótima aparente de cada traço. Após, foi realizada uma nova homogeneização, com o objetivo de assegurar que maior parte possível das partículas estivesse com a umidade preestabelecida. Na sequência, deu-se prosseguimento à compactação na energia intermediária, conforme preconização da norma.

Nesta etapa, o cilindro de compactação é preenchido em cinco camadas, com a aplicação de 26 golpes em cada camada. Durante a compactação da terceira camada uma pequena amostra é retirada. Ainda úmida, a mesma é pesada e colocada em estufa por 24 horas para secagem. Após seca a amostra é novamente pesada. O procedimento é realizado para cada amostra para determinar a umidade real. Depois da compactação da última, ocorre a remoção do colarinho do cilindro, e o conjunto do cilindro mais o solo compactado é pesado. Este processo é representado na Figura 2.

Figura 2 – Síntese do processo de homogeneização e compactação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

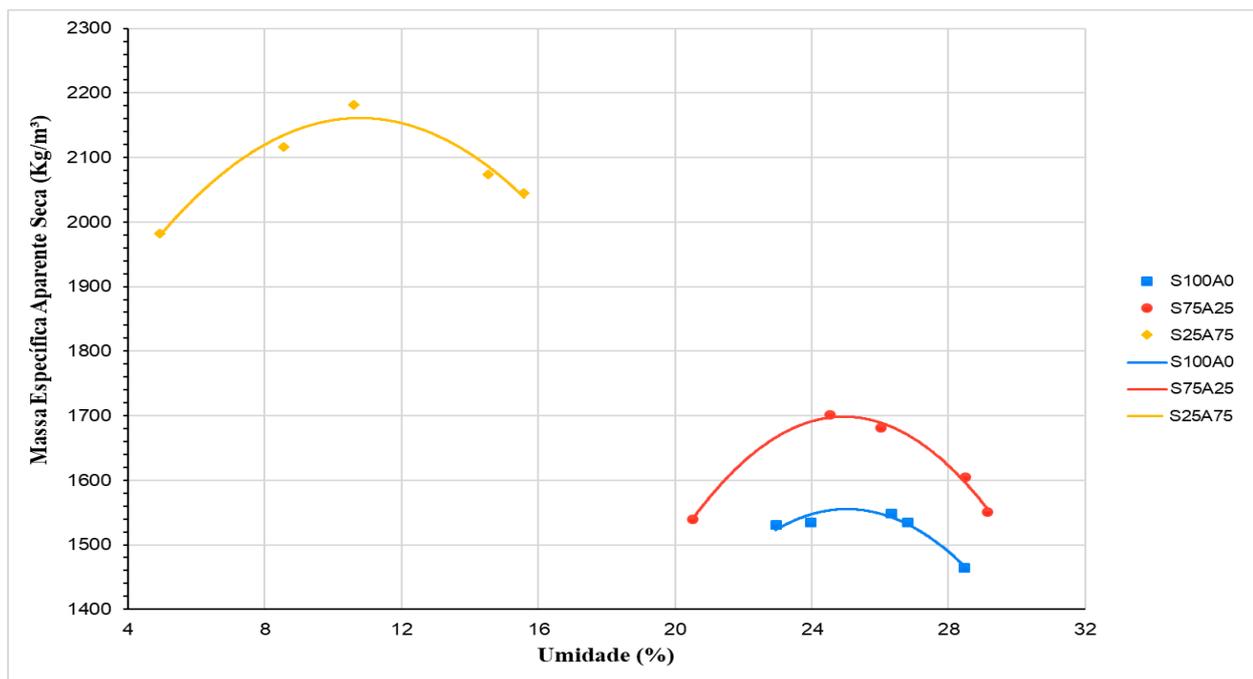
Com os dados obtidos em laboratório, fez-se uso do software Microsoft Excel para a geração das curvas de compactação para cada amostra, analisando-se então os resultados finais do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado no decorrer deste estudo, um dos principais benefícios proporcionados pela incorporação de agregados minerais ao solo é a melhora da capacidade de resistência, suporte de cargas e esforços submetidos pelo tráfego. Com o uso de solo natural a uma redução pela demanda de materiais britados, com consequência uma redução de custos e um menor tempo de execução da obra, pois gera uma maior produção, além da diminuição de impactos ambientais.

Assim, após o processo de compactação das três misturas preestabelecidas, obtiveram-se dados de suma importância, como a umidade e a específica aparente seca máxima, para cada uma das misturas estudadas. Para uma melhor visibilidade, tais dados foram plotados e deram origem a três curvas, sendo uma para a mistura S100A0, outra para a mistura S75A25 e a terceira para a mistura S25A75, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Curvas de compactação das misturas estudadas.



Fonte: Autoria própria (2019).

Percebe-se um comportamento distinto entre as curvas, no qual tem-se uma variação decrescente da umidade ótima e uma elevação da massa específica aparente seca na medida que ocorre a adição de agregados ao solo. Para a mistura S100A0, obteve-se uma umidade ótima de 25,02 %, com uma massa específica aparente seca máxima de 1555,311 kg/m³. Na mistura S75A25, a umidade ótima foi de 24,94% e massa específica aparente seca máxima de 1698,459 kg/m³. A mistura S25A75 apresentou 2161,088 kg/m³ de massa específica aparente seca máxima e 10,78 % de umidade ótima.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

Ao acrescentar 25% de agregado ao solo natural, teve-se um pequeno aumento da densidade, de 9,20%, ao mesmo tempo que há uma redução da umidade ótima. Adicionando mais agregados até 75 % da mistura, obtém-se um aumento considerável da massa específica se comparada a mistura que não possuía agregados, de 39,01%, e uma queda drástica da umidade ótima. Nota-se também que a mistura S25A75 possui pontos mais dispersos no gráfico, resultante da heterogeneidade dos materiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização dos ensaios, foi possível obter dados importantes para a geração das curvas de compactação das as três misturas, as quais forneceram a massa específica aparente máxima e a respectiva umidade ótima de cada uma delas. Assim, observando o comportamento dos gráficos para cada ensaio, pode-se perceber que ao misturar materiais de massas específicas distintas tem-se uma massa específica intermediária, proporcional ao teor de adição de agregado ao solo. Ainda, percebe-se que quanto maior for a adição de agregados ao solo, com o objetivo de promover a maior massa específica, menor será a umidade necessária.

À vista disso, como o objetivo principal do estudo consistia em estudar a utilização de agregados britados para estabilizar um solo, fornecendo ao mesmo melhores características de resistência e capacidade de carga, além de estipular uma possível utilização em obras rodoviárias, conclui-se que a mistura S25A75, em comparação com as demais misturas, apresenta um comportamento mecânico mais eficaz e tenderia a apresentar valores de expansão inferiores a 2% e um CBR superior a 2%, fazendo com que a mesma pudesse ser utilizada no subleito.

Segundo o DNIT, em acostamentos cuja a camada de base representa um elevado custo, como solução mais econômica pode-se optar pela utilização de solos modificados, com qualidade própria para a sub-base. Assim um solo estabilizado poderia ser utilizado como camada de base de um acostamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

AZEVÊDO, A. L. C. Estabilização de solos com adição de cal. Um estudo a respeito da reversibilidade das reações que acontecem no solo após a adição de cal. Ouro Preto, 2010. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - UFOP- Universidade Federal de Ouro Preto, 156p.

BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro, PETROBRAS, ABEDA, 2006, 504p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006, 310p.

FIROOZI, A. Akbar, OLGUN, C. G., FIROOZI, A. Asghar, BAGHINI, M. S. Fundamentals of soil

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

stabilization. International Journal of Geo-Engineering, 2017.

LIMA, F. C. Uso de agregados de rochas calcárias para camadas de pavimentos estabilizadas granulometricamente. João Pessoa, 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - UFPB/CT- Universidade Federal da Paraíba/ Centro de Tecnologia, 97p.

MARQUES, G. L. O. Notas de Aula da Disciplina Pavimentação. Juiz de Fora, 2006.

PINTO, A. R. A. G. Fibras de curauá e sisal como reforço em matrizes de solo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, M. N. Análise do efeito da estabilização mecânica em matrizes de terra. Relatório Final de Iniciação Científica – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2012.

TEIXEIRA, I. Estabilização de um solo laterítico argiloso para utilização como camada de pavimento. Campinas, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - FEC/Unicamp- Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 109p.

TRES, M. et al. Estabilização do solo com adição de agregados provenientes da extração de pedra ametista. X Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul. UFSM, Santa Maria/RS, 2019.

Parecer CEUA: 23205.004977/2015-90

Parecer CEUA: CAAE: 84431118.2.0000.5350