

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS EMPREGADOS NA CAMADA DE BASE DE UMA ESTRADA DE ACESSO PARA UM PARQUE EÓLICO EM AFONSO BEZERRA/RN: um estudo de caso¹

Adailton Firmino da Silva²
Álamo Kário de Lima³
Nikaenio Freire Maia⁴
Emerson dos Santos Silva⁵

RESUMO

É fato que a atividade de terraplenagem presente em diversos segmentos da construção civil exerce um papel fundamental na economia do país, seja na execução de rodovias para a circulação de produtos ou até mesmo na elaboração de estradas para a implementação de novas fontes energéticas, que surgem com o avanço da tecnologia. É uma atividade abrangente, com custos elevados dentro de um projeto, onde erros ou a falta de controle, qualidade dos materiais utilizados e acompanhamento técnico, podem gerar grandes prejuízos. Diante do supracitado, o presente trabalho tem como objetivo apresentar as características de um solo, utilizado na camada de base na construção da estrada de um parque eólico, no município de Afonso Bezerra/RN. Analisou-se os solos através dos ensaios de Granulometria, Compactação, Umidade e Resistência, utilizando duas misturas (Solo + BGS e Solo + Solo). Em laboratório o CBR ficou no limite do aceite pelo contratante da obra, porém, analisando em campo, as misturas atenderam tanto as exigências do projeto, como dos órgãos regulamentadores de rodovias. O presente estudo é de relevante interesse, não só para os profissionais atuantes na área, mas também para os acadêmicos, envolvendo técnicas e limitações que a atividade exige.

Palavras-chave: Terraplenagem. Camada de base. Característica dos solos.

ABSTRACT

It is a fact that the earthmoving activity present in several segments of the civil construction activity plays an elementary role in the economy of the country, whether in the execution of motorways for the circulation of products or even in the elaboration of pathways for the implementation of new energy sources, which arise with the advance of technology. It is a comprehensive activity, with high costs within a single project, where mistakes or lack of control, quality of materials used, and technical monitoring, may generate great losses. The present work thus aims to present the characteristics of a soil, used in the base layer in the construction of the road of a wind farm, in the municipality of Afonso Bezerra/RN. Soils were analyzed through Granulometry, Compaction, Moisture, and Resistance tests, using two mixtures (Soil + BGS and Soil + Soil). In the laboratory, the CBR was at the limit of the acceptable by the contractor, however, analyzing in the field, the mixtures met both requirements of the project and the regulatory agencies of highways. This study is of relevant

¹Artigo apresentado à Universidade Potiguar, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, em 2022.

²Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar – E-mail: adailtonfirmino94@gmail.com

³Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar – E-mail: alamoengeciv@gmail.com

⁴Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar – E-mail: nikaenio1997@gmail.com

⁵Professor-Orientador. Mestre em Engenharia Civil. Docente na Universidade Potiguar – E-mail: emerson.silva@unp.br

interest, not only for professionals working in the area but also for academics, involving techniques and limitations that the activity demands.

Keywords: Earthworks. Base layer. Soil characteristics.

1 INTRODUÇÃO

A geração direta da energia considerada atualmente como limpa, pode sem dúvida ser obtida de forma sustentável, após a instalação de toda sua estrutura, regidas por leis e políticas ambientais que sempre buscam a perfeição integral de uma cadeia produtiva, porém, até finalizar toda a mecanização do projeto, uma série de atividades é executada de forma a proporcionar condições favoráveis para a obtenção do objetivo final.

Atualmente no Brasil, mais precisamente na região nordeste, diversos projetos de energias limpas, principalmente eólicas estão sendo desenvolvidos, movimentando não só a economia de algumas cidades consideradas pacatas, gerando emprego e renda, como também elevando a segurança energética do país, com altos índices de produtividade. Segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional (2021), os investimentos podem ultrapassar 7 bilhões de reais se levar em consideração toda uma estrutura voltada para a produção e distribuição de energia renovável. O órgão afirma ainda que: “os municípios que receberam parques eólicos registraram aumento de 21,15% em seu Produto Interno Bruto (PIB) e 20,19% no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) quando comparados às cidades que não possuem estes equipamentos”.

Para o desenvolvimento desses parques, uma atividade imprescindível é a movimentação de terra ou terraplenagem, tanto para a instalação das torres, como também para a execução dos acessos (estradas). Para o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2010, p. 46), a terraplenagem é um: “conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga e compactação dos solos, aplicadas na construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para construção de rodovias”.

Apesar de ser uma das primeiras atividades de execução a ser desenvolvida em um projeto de um parque eólico, a terraplenagem sempre é um fator determinante para a tomada de decisões dentro de uma obra, pois envolve boa parte do orçamento previsto.

“O custo de terraplenagem representa em torno de 25% dos custos construtivos. Geralmente é dividido em custo de corte e aterro. Esses custos referem-se basicamente ao volume de terra movimentada, embora o custo unitário de escavação possa variar com a profundidade do corte e o tipo de solo escavado.” (CHEW, GOH e FWA, 1989 *apud* SCHMITT, 2020, p. 19).

Com um percentual de custo bastante elevado, a terraplenagem de uma estrada, por exemplo, requer muito conhecimento por parte dos executores, seguido de rígidos controles e fiscalizações, para que se evitem falhas e retrabalho. Entretanto, o fator execução muitas das vezes não é o grande causador dos problemas, e sim o tipo de solo.

“Encontrar solos de boa qualidade perto da obra é uma tarefa essencial para a economicidade do empreendimento. É necessário estudar tanto os materiais empregados quanto às técnicas construtivas, buscando sempre a melhor alternativa técnica e econômica para o projeto”. (SILVA, 2016, p. 14).

A construção de um pavimento para receber tráfegos de veículos geralmente é executada em camadas, tendo como um de seus objetivos a absorção das cargas aplicadas. Segundo Bernucci et al (2006 *apud* FONSECA, LIMA, COSTA, 2018, p. 02), “esses pavimentos são compostos por camadas com espessuras finitas, onde as três últimas camadas

que são implantadas até receber o revestimento asfáltico são denominadas de reforço do subleito, sub-base e base”. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2010, p. 196) afirma que: “geralmente, estabelece-se que as camadas finais de terraplenagem sejam executadas com materiais de 1ª categoria e os materiais de 2ª e 3ª categorias sejam empregados apenas no corpo dos aterros”. Contudo, como já visto, é sempre um desafio encontrar solos que atendam tanto as exigências técnicas, quanto à viabilidade econômica.

Com o intuito de melhorar a qualidade dos solos utilizados em terraplenagem, intervenções são realizadas com o objetivo de se obter um material mais adequado. Para Arrivabeni (2017, p. 02), “a adição de estabilizantes ao solo como método de intervenção tem o intuito de modificar as propriedades físicas e químicas do mesmo, proporcionando melhoria ao material”.

O presente estudo tem como objetivo analisar os resultados dos ensaios de Granulometria, pelo método do peneiramento; Compactação (Proctor Modificado); Teor de Umidade, pelo índice de Plasticidade e a resistência através do CBR; realizados no acompanhamento técnico da qualidade de materiais, numa terraplenagem no município de Afonso Bezerra/RN, apontando assim, as características do solo utilizado na camada de base da obra supracitada. A pesquisa mostra ainda que para a realização do serviço, foi utilizado um material (solo) como base, acrescido proporções de Piçarra e Brita Graduada Simples – BGS, a fim de obter opções viáveis para a execução da obra.

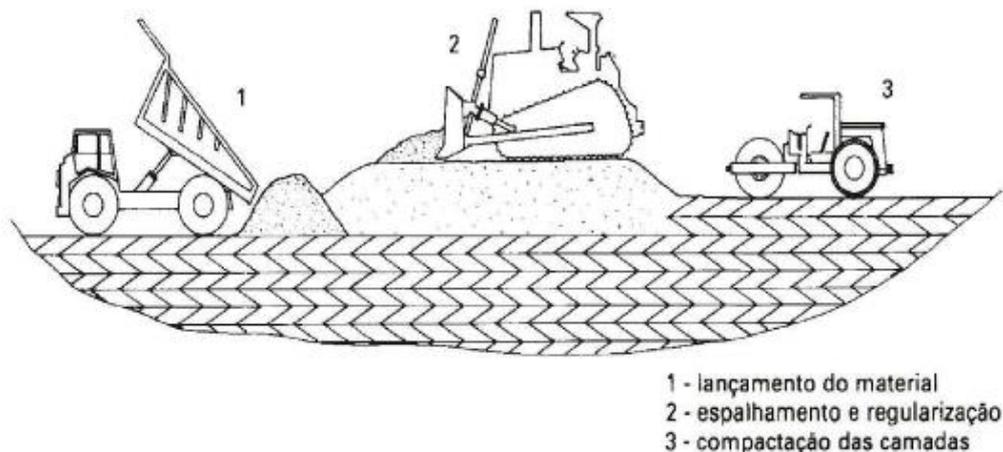
Esse estudo é de suma importância para o conhecimento de materiais utilizados na construção de estradas, visando principalmente os ensaios laboratoriais mais comuns para a determinação das características do solo.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

No Brasil, pouco mais de 12% da pavimentação existente possui diversos tipos, caracterizados por superestruturas em camadas, com espessuras pré-definidas em projeto, acomodadas em um determinado solo já existente. (SÁ. 2017, p. 17).

Uma das atividades essenciais para a construção de estradas, executadas a partir de camadas de solo é a terraplenagem. Para Fortunato (2018, p. 17), a atividade de terraplenagem pode ser entendida de modo geral como uma movimentação de terra, onde solos são lançados sobre outros com o intuito de se obter uma melhor forma do terreno. A seguir, é mostrada a representação geral da terraplenagem:

Figura 1 – Execução de uma terraplenagem



Fonte: Ribeiro (2020, p.15).

A figura acima representa de forma sintética a execução da terraplenagem, resumindo-se em lançamento do material (solo), espalhamento/regularização e por fim a compactação, dando origem a diversas camadas.

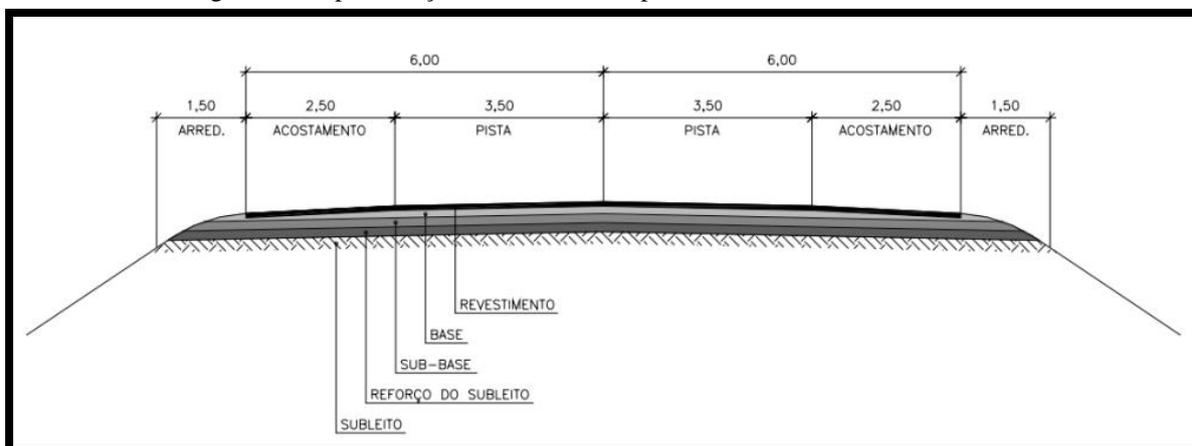
2.1 Camadas que compõe a execução de uma estrada

A seguir, serão abordados alguns conceitos e características padrões das principais camadas que compõe uma estrada.

2.1.1 Reforço do Subleito, Sub-Base e Base

De acordo com Mendes *et al* (2020, p. 74475), o dimensionamento exato das camadas de uma estrada é imprescindível tanto social, quanto economicamente. Ela é caracterizada como base, sub-base e o reforço do subleito. Uma ilustração dessas camadas é apresentada logo abaixo:

Figura 2 – Representação em corte de um pavimento com as camadas existentes



Fonte: Adaptado de Sousa e Maurício José (2004 *apud* França e Fernandes, 2017, p 19).

Segundo Marques (2006, p. 06), o subleito pode ser entendido como o terreno que será lançado todas as camadas do pavimento, devendo ser observado à profundidade que o mesmo vai se encontrar depois de toda a execução da estrada, entretanto, nem sempre o subleito está apropriado em condições de receber toda a estrutura de terraplenagem. Dessa forma, entra uma camada denominada de reforço do subleito. Como o próprio nome diz, é uma superfície que vai reforçar o terreno e dar uma uniformidade para receber a camada seguinte.

O autor supracitado afirma ainda que a sub-base é: “Camada complementar à base. Deve ser usada quando não for aconselhável executar a base diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas. Pode ser usado para regularizar a espessura da base”.

A camada que antecede o asfalto recebe o nome de base. É de suma importância para todo o pavimento, pois ela é responsável por receber uma grande parte dos esforços oriundos de veículos que trafegam na via, oferecendo vida longa e qualidade a estrada quando executada corretamente. (PEREIRA, 2016, p. 15).

Alguns autores trazem outras características e funções para a camada de base, como: “aliviar as tensões nas camadas inferiores, permitir a drenagem das águas que se infiltram no pavimento e resistir às tensões e deformações atuantes”. (SILVA, 2008 *apud* SÁ, 2017, P.23). O pesquisador afirma ainda que: “a tensão máxima de cisalhamento ocorre na base, logo estes materiais devem ser de excelente qualidade e bem executados”.

2.2 Materiais utilizados em uma estrada – Solo e BGS

“Na fase construtiva de uma estrada, nem sempre o engenheiro encontra solos satisfatórios tecnicamente ao longo de sua extensão, para serem empregados nas camadas do pavimento. Nos últimos anos, tem-se tornado frequente o uso de material oriundo de locais distantes, onerando sobremaneira a obra”. (ALMEIDA et al, 2010, p. 1085). A norma DNIT 106/2009 - ES (2009, p. 03) afirma ainda que os materiais de solos são classificados em três categorias, onde a diferença se dá pelo seu diâmetro máximo. É visto também que no geral os materiais de 1ª categoria são os mais usuais em estradas.

Como já explanado, é sempre difícil uma obra de terraplenagem já possuir solos que são tecnicamente compatíveis com o projeto, contudo, constantemente se busca através de estudos locais que possuem matéria prima capaz de atender a demanda do serviço para fazer o empréstimo de material. (FORTUNATO, 2018, p. 23). Na imagem a seguir é apresentada a obtenção de material por empréstimo:

Figura 3 – Carga de solo para execução de obra



Fonte: Scavasul (2022).

Para Schmitt (2020, p. 60), o material de empréstimo em uma atividade de terraplenagem é todo aquele solo que é obtido fora do local de execução da estrada. Costa et al (2015, apud Fortunato, 2018, p. 22 e 23), afirma ainda que os materiais de empréstimos se dividem em Laterais e Concentrados (ou localizados), onde:

“Os empréstimos laterais se constituem por escavações executadas próximas ao corpo estradal, sempre dentro dos limites da faixa de domínio. E os empréstimos concentrados (ou localizados) que são definidos por escavações efetuadas em áreas fora da faixa de domínio, em locais que contenham materiais em quantidade e qualidade adequada para confecção dos aterros”.

Para a escolha do tipo de solo a ser utilizado, a Confederação Nacional do Transporte – CNT (2017, p. 19) garante que:

Para definição dos materiais que irão constituir cada uma das camadas do pavimento, empregam-se métodos de seleção e caracterização de suas propriedades. De forma

geral, os materiais devem apresentar boa resistência, pouca deformação e permeabilidade adequada à função da camada da estrutura do pavimento em que serão empregados. Os materiais são compostos basicamente por agregados, solos e ligantes.

Outro tipo de material comumente utilizado na execução de uma estrada é a Brita Graduada Simples. O BGS é o resultado de uma mistura de elementos oriundos do processo de britagem de rochas, possuindo uma granulometria contínua, em percentuais adequados, podendo dar maior estabilidade e durabilidade quando compactados. (NORMA DNIT 106/2009 ES, 2009, P. 02).

De acordo com a norma 141- ES do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2010, p. 02 e 03), os solos utilizados para a execução da camada de base devem obedecer a uma série de normas de ensaios para a determinação da qualidade técnica do material exigidas em projeto.

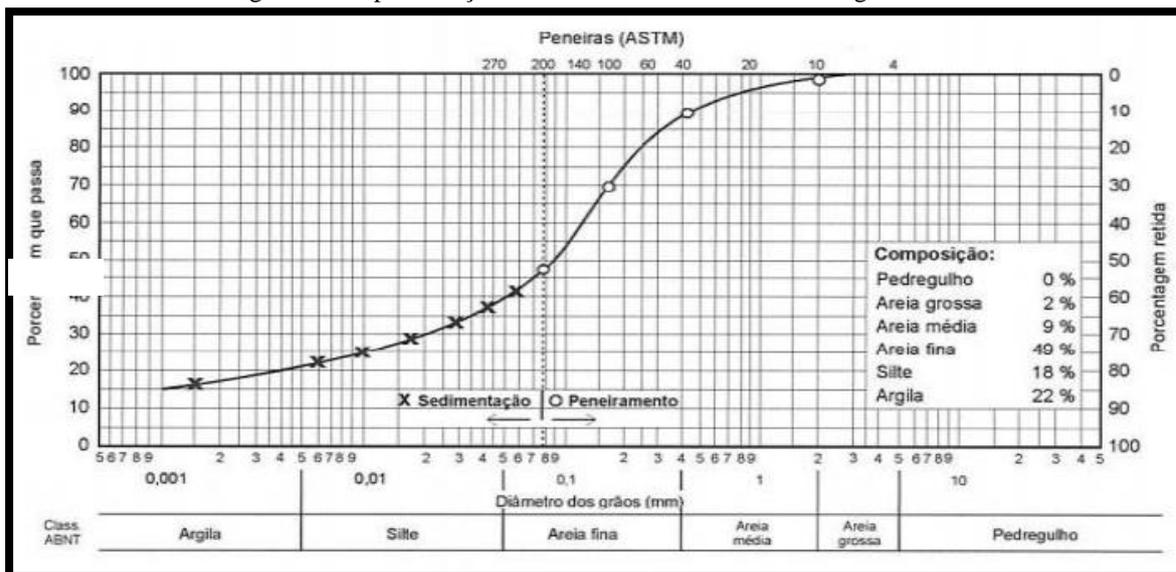
2.2.1 Características dos solos – ensaios

Segundo Barcelos Netto e Barros (2019, p. 05), para a obtenção das características dos materiais, é preciso executar bons ensaios, seguindo sempre à risca as Normas Brasileiras. Os pesquisadores afirmam ainda que para a determinação dessas características, as análises de Granulometria; Compactação; Limites de Plasticidade e Liquidez; CBR (California Bearing Ratio) são essenciais para as análises.

2.2.1.1 Granulometria

“É um dos parâmetros fundamentais que determina a composição de partículas em amostras de sedimentos. Esta análise ajuda a determinar o tamanho do grão e a porcentagem das frações de tamanho individual na amostra específica.” (BARCELOS NETTO E BARROS, 2019, p. 05). É apresentado a seguir, as informações contidas em um ensaio granulométrico:

Figura 4 – Representação dos resultados em um ensaio de granulometria



Fonte: Adaptado de Pinto (2006 *apud* Barcelos Netto e Barros 2019, p 05).

É de suma importância a determinação da grandeza dos grãos presentes numa amostra de solo, pois características como a origem, a composição e a resistência são mais compreensíveis a partir dessas análises. (DIAS, 2004, p. 10).

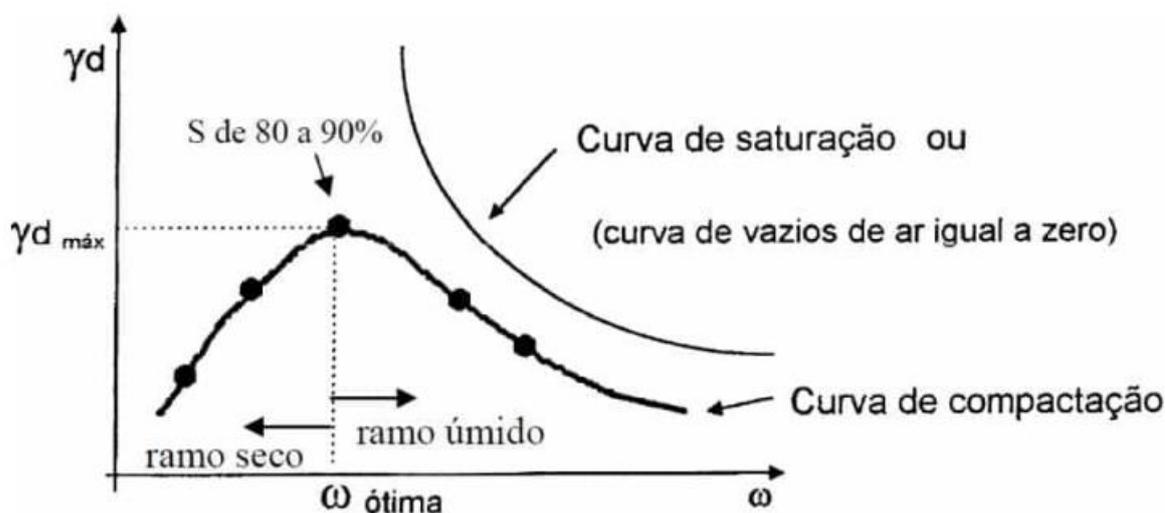
2.2.1.2 Compactação

A compactação consiste no processo mecânico ou manual que, por meio de uma aplicação repetida e rápida de cargas ao solo, conduz à diminuição de seu volume, e, portanto uma diminuição do índice de vazios e um aumento de peso volumétrico seco. (BELONATO, 2016, p 02).

Para Almeida (2017, p 22), o estudo de compactação de solos foi desenvolvido pelo engenheiro Proctor em 1933 e atualmente está dividido por norma em três categorias (Proctor Normal, Intermediário e Modificado), sendo que a diferença no geral está no número de golpes aplicado por camada.

A representação de uma curva de compactação de um solo é mostrada na sequência:

Figura 5 – Curva de compactação



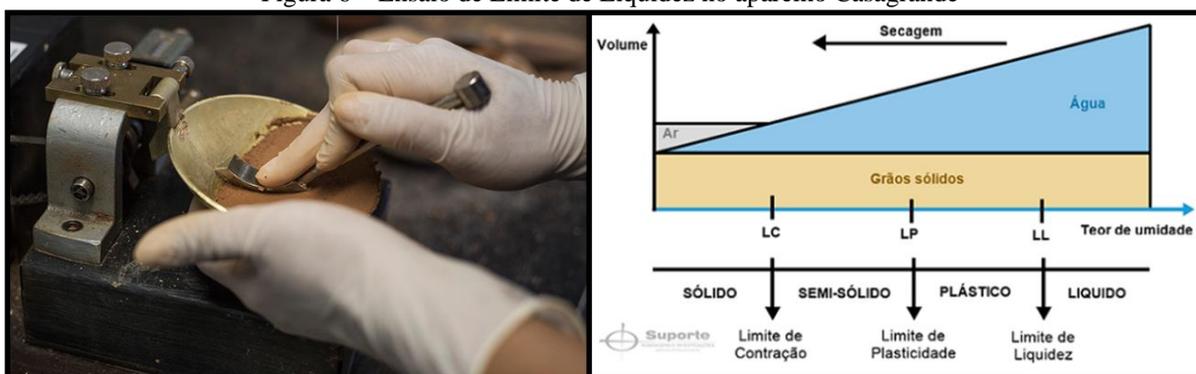
Fonte: Total Construção (2020).

De acordo com Gomes e Silva Júnior (2019, p. 02), essa curva é desenvolvida a partir da representação de duas características do material desidratado (umidade ótima e peso específico).

2.2.1.3 Índice de Plasticidade - Limites de Plasticidade (LP) e Liquidez (LL)

Denominados também de Limites de Atterberg, esses indicadores constituem a transição do comportamento do material em relação à presença de água. (BARCELOS NETTO E BARROS, 2019, p. 06). Os pesquisadores afirmam ainda que a diferença entre os dois limites é apenas a taxa de água presente na amostra. Enquanto a plasticidade possui uma menor quantidade, na liquidez o teor é maior. Em seguida, é mostrado na figura 4 a realização desse tipo de ensaio e os parâmetros analisados:

Figura 6 – Ensaio de Limite de Liquidez no aparelho Casagrande



Fonte: Adaptado de Suporte solos (2017).

Para Arrivabeni (2017, p. 18):

“O limite de liquidez é determinado pelo aparelho denominado Casagrande, no qual, para dados valores de umidade, são aplicados golpes como metodologia de ensaio. Finalizado o ensaio, procede-se à confecção da curva de liquidez, sendo que a umidade correspondente a 25 golpes é a que determina o limite de liquidez propriamente dito. O limite de plasticidade é realizado passando-se o material de interesse pela peneira de 0,42 mm e trabalhando-se com a parte passante. O teor de umidade necessário para fazer com que tal porção fina do solo umedecido role sobre uma placa de vidro e forme um pequeno cilindro de 3 mm de diâmetro até que se rompa ou forme trincas [...]. O índice de plasticidade (IP) é a diferença entre o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP): $IP = LL - LP$ ”.

2.2.1.4 CBR (California Bearing Ratio)

Segundo Emmert e Pereira (2016, p. 602): “o potencial do solo do ponto de vista de sua capacidade de sustentação ao tráfego determinado para a estrada é conhecido pelo Índice de Suporte Califórnia-ISC (California Bearing Ratio – CBR)”.

Para Paiva (2017, p. 31), “este ensaio consiste em determinar a relação entre a pressão necessária para produzir a penetração do pistão no solo e a mesma pressão para produzir a mesma penetração em uma brita padronizada”.

“Nesse ensaio é medida a resistência à penetração de uma amostra saturada, compactada segundo o método Proctor”. (ARRIVABENI, 2017, p 29).

Ralf Proctor foi um pesquisador que desenvolveu o ensaio de Proctor. Em uma de suas publicações ele enfatiza que a compactação de um solo depende diretamente da energia que se aplica e da umidade existente no momento da compactação. (VARGAS, 1977 *apud* MARCOLIN e KLEIN, 2011, p. 350).

Marcolin e Klein (2011, p. 350) afirmam ainda que: “Com a equação da curva de compactação do ensaio de Proctor normal é possível obter matematicamente a densidade do solo máxima ($D_{smáx}$), bem como, a umidade ótima para compactação com aquele nível de energia aplicada”.

2.2.3 Estabilização de solo

A falta muitas vezes de solos que satisfaçam as exigências técnicas e se enquadrem em especificações de materiais para pavimentos, faz com que alternativas sejam buscadas o tempo todo para tal necessidade. A estabilização de solos pode e vem cada dia mais sendo à saída para o problema. (MACHADO et al, 2017, p. 02).

Almeida et al (2010, p. 1086) afirma ainda que: “estabilizar um solo consiste na utilização de processos tecnológicos que modifiquem alguns de seus parâmetros de engenharia, de modo a atender a demandas técnicas específicas”.

“Em sentido mais restrito, entretanto, a estabilização do solo consiste em um tratamento artificial do mesmo pela adição de um material, denominado estabilizante”. (VILLIBOR, 1987, p. 02).

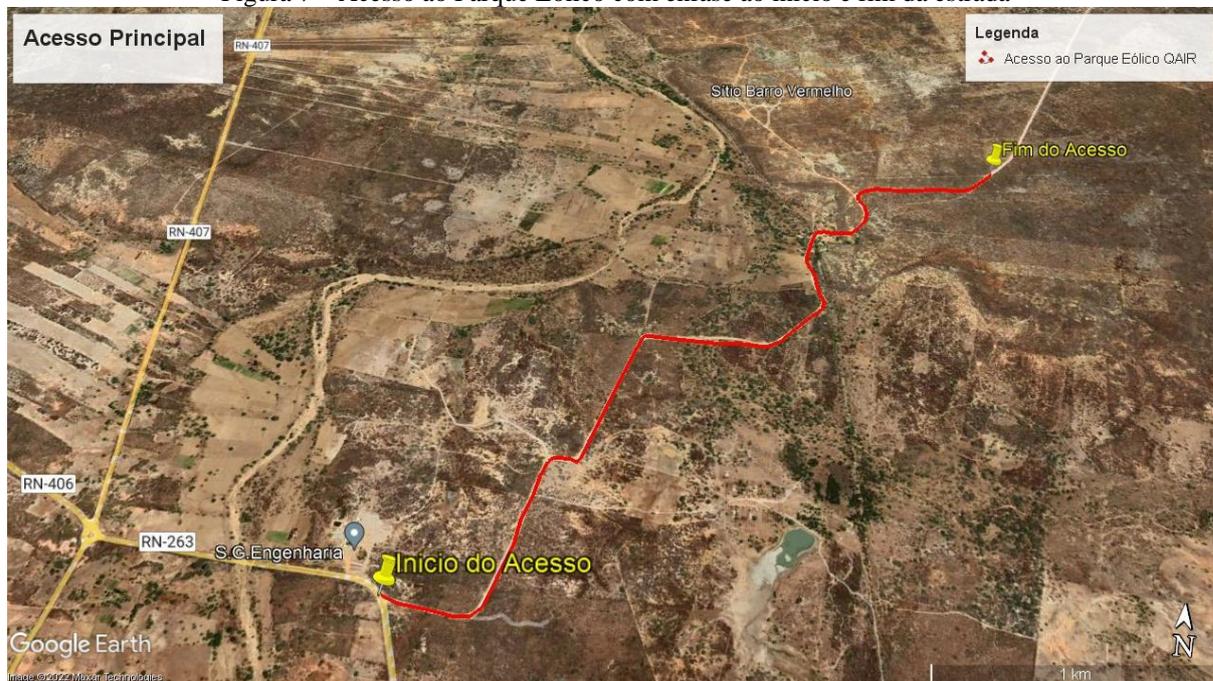
Para Arrivabeni (2017, p 05), a estabilização de solo é dividida em duas categorias (químicas e físicas), comum na execução das camadas de uma estrada. O referido autor afirma ainda que a estabilização química está relacionada a uma adição de um material químico ao solo; a física ao processo de compactação ou granulometria das partículas finas do solo.

Nepomuceno (2019, p.30): “caso a utilização do solo seja necessária uma alteração das suas propriedades tem de ser feita criando assim um novo material que atenda as características e propriedades previstas para as camadas de base e sub-base”.

3 METODOLOGIA

A estrada em estudo está localizada na zona rural do município de Afonso Bezerra, ao lado do canteiro de uma empresa de engenharia que atua em obras civil de grande porte. O início do acesso se dá às margens da RN-263, principal rodovia que cruza a cidade supracitada. Denominada no canteiro de obra de acesso principal, a estrada possui uma extensão de 4.500 metros e durou cerca de 80 dias desde o início dos trabalhos até o término de todas as atividades. Ela é o principal acesso de um parque de energia eólica, com dezenas de torres instaladas. A imagem a seguir mostra todo o seu trajeto:

Figura 7 – Acesso ao Parque Eólico com ênfase ao início e fim da estrada



Fonte: Adaptado do Google Earth, (2022).

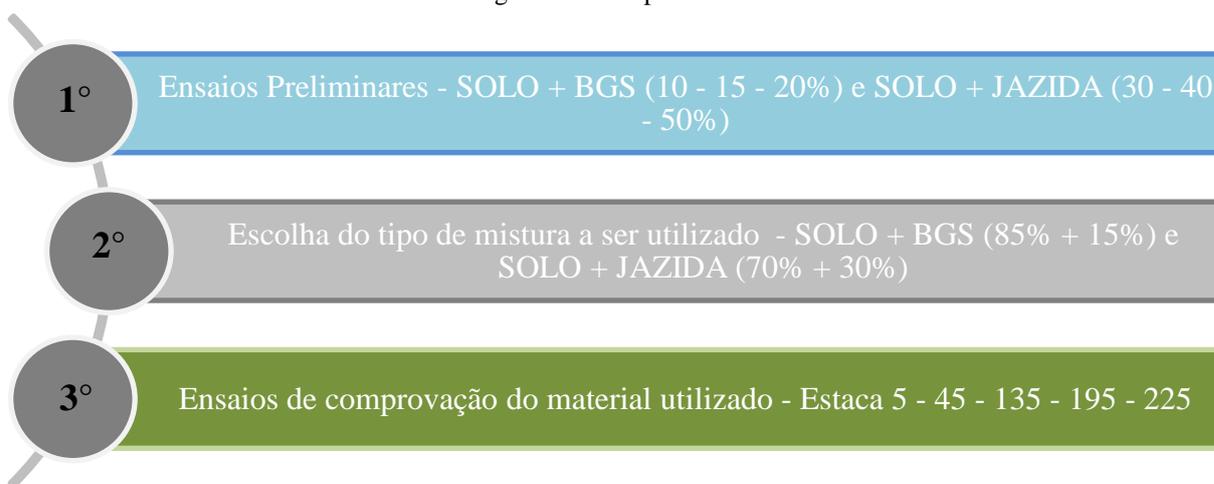
O presente estudo é classificado quanto ao seu método de abordagem como Hipotético-Dedutivo, onde os procedimentos técnicos são apresentados como Estudo de Caso. Quanto ao tipo, a pesquisa é de natureza aplicada, em que a forma de abordagem é caracterizada como qualitativa. Com relação ao objetivo geral da pesquisa, ele é de caráter

exploratório, onde os procedimentos técnicos se enquadram também como estudo de caso. Se tratando da técnica, a pesquisa obteve os dados na forma de análise de conteúdo.

Foram analisados a Granulometria do solo, Compactação, Umidade e a Resistência através dos resultados dos ensaios. Foi utilizado um tipo de solo disponível dentro do parque para servir como parâmetro no estudo, acrescentando a ele diferentes proporções (10, 15 e 20%) de uma Brita Graduada Simples, adquirida em uma pedreira na Cidade de Upanema/RN e (30, 40 e 50%) de outro tipo de solo, oriundo de uma jazida próximo. Nas análises, a Brita Graduada Simples foi identificada apenas como BGS. Já o solo utilizado como padrão e o da jazida foi especificado como Solo e Jazida, respectivamente.

A seguir é apresentado um fluxograma das etapas realizadas no estudo:

Fluxograma 1 – Etapas do estudo



Fonte: Autores, 2022.

Vale ressaltar que as análises para a determinação dos percentuais supracitados foram realizadas em dois momentos distintos nas fases de execução da obra. A utilização de Solo + BGS no dia 19 de maio de 2021 e Solo + Jazida em 11 de junho de 2021. Outro ponto importante é que as duas misturas analisadas foram utilizadas na execução da estrada, entretanto, o Solo + BGS foi empregado apenas em um pequeno trecho da obra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da pesquisa são apresentados em duas etapas. Primeiramente antes da execução da estrada para obter o a mistura mais adequada do material para o projeto e depois pós-realização do serviço para comprovação da qualidade dos materiais.

4.1 Ensaios Preliminares dos Materiais

Na fase preliminar à execução da camada de base, alguns testes foram realizados em laboratório a fim de caracterizar o solo adequado a ser utilizado e conhecer a maneira mais eficiente que atendesse a necessidade do projeto, alinhando principalmente com o custo. Vale salientar que a única exigência do contratante é que o CBR e o Grau de Compactação da camada de base da estrada fossem superiores a 50% e 100% respectivamente.

Inicialmente, viu-se a necessidade de melhorar o solo com um agregado que aumentasse mais a resistência para atender as necessidades de carga. Dessa forma, utilizou-se um material denominado nos ensaios apenas de Solo, existente dentro do parque,

acrescentando a ele três proporções diferentes de BGS (10% - 15% - 20%). Os quadros a seguir apresentam os valores encontrados no laboratório:

Quadro 1 – Valores encontrados na mistura do Solo com BGS

90% Solo + 10% BGS							
Data do ensaio: 19 / 05 / 2021							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	7,57	Densidade Máxima (g/cm ³)	1,848	L.L	NL	C. B. R	35,20
Areia fina	62,02						
Areia grossa	19,01	Umidade Ótima (%)	6,67	L.P	NP	Grau de Compactação	100,4
Pedregulho	11,40						
85% Solo + 15% BGS							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	6,72	Densidade Máxima (g/cm ³)	1,875	L.L	NL	C. B. R	50,56
Areia fina	59,52						
Areia grossa	19,48	Umidade Ótima (%)	6,50	L.P	NP	Grau de Compactação	100,04
Pedregulho	14,29						
80% Solo + 20% BGS							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	14,72	Densidade Máxima (g/cm ³)	2,107	L.L	NL	C. B. R	52,05
Areia fina	48,62						
Areia grossa	17,66	Umidade Ótima (%)	6,64	L.P	NP	Grau de Compactação	100,64
Pedregulho	19,00						

Fonte: Autores, 2022.

Após a obtenção dos valores acima, é visto que para atender as exigências do contrato a empresa executora do projeto tem duas opções para escolha (15% ou 20% de BGS ao solo). Dessa forma, levando em consideração que o material BGS teria que ser comprado e transportado de outra cidade, é fato que economicamente a adição de 15% seria a solução mais viável por se tratar de volume adquirido.

Em um teste também realizado no laboratório, os pesquisadores Cabral, Barroso e Silva (2021, p. 06) fizeram a mesma mistura Solo + BGS, porém, numa proporção de 50% para cada tipo de material, encontrando valores de 66,3 para CBR; 6,5 para Umidade Ótima; 2,122 para Densidade Máxima; 2,9 e 64,9 para Silte/Argila e Pedregulho, respectivamente.

Fazendo uma análise sintética desses valores, pode-se afirmar que houve uma grande variação principalmente na granulometria do material, levando a crer que foi um fator determinante para a obtenção de CBR mais alto. O fato possivelmente ocorreu por ser utilizado nos dois ensaios solos bases diferente, onde um pode ter a granulometria totalmente distinto do outro. Partindo dessa ideia, Silva e Santos (2021, p. 08) afirmam que para um solo laterítico, adicionando 60% de BGS, o CBR pode atingir pouco mais de 80%.

Outro teste realizado de caráter preliminar, com o intuito de escolher um material adequado ao projeto, foi à mistura do solo pertencente ao parque com outro encontrado em uma jazida ao lado da obra. Nessa próxima análise, à proporção que foi adicionado ao solo do parque se chamou de Jazida, também com três variações (30% - 40% - 50%). Em seguida são apresentados os resultados encontrados:

Quadro 2 – Valores encontrados na mistura de Solo com Jazida

70% Solo + 30% Jazida							
Data do ensaio: 11 / 06 / 2021							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	14,67	Densidade Máxima (g/cm ³)	2,134	L.L	NL	C. B. R	71,42
Areia fina	43,96						
Areia grossa	31,35	Umidade Ótima (%)	7,48	L.P	NP	Grau de Compactação	100,94
Pedregulho	10,02						
60% Solo + 40% Jazida							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	16,49	Densidade Máxima (g/cm ³)	2,138	L.L	NL	C. B. R	83,26
Areia fina	41,00						
Areia grossa	29,12	Umidade Ótima (%)	6,55	L.P	NP	Grau de Compactação	100,20
Pedregulho	13,39						
50% Solo + 50% Jazida							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	15,69	Densidade Máxima (g/cm ³)	2,158	L.L	NL	C. B. R	86,17
Areia fina	38,12						
Areia grossa	29,86	Umidade Ótima (%)	6,79	L.P	NP	Grau de Compactação	100,28
Pedregulho	16,32						

Fonte: Autores, 2022.

Com ênfase nesse novo tipo de mistura (Solo + Jazida), é visto que qualquer proporção atende a necessidade do projeto. Sendo assim, novamente se tratando de aquisição de material, o melhor custo benefício seria a indicação 70 + 30, onde apenas 30% de material Jazida seriam adicionados ao solo.

É de se esperar que um bom planejamento na fase preliminar da obra faz toda a diferença no final. Observando a data de realização dos ensaios acima, existe quase 30 dias de diferença entre os experimentos, ou seja, muito provavelmente a empresa executou em torno de 13% da estrada com uma material mais caro (BGS), pelo motivo de não buscar antecipadamente as soluções mais viáveis.

A possibilidade de a empresa ter tido um custo mais elevado da BGS, é o fato de ter que se deslocar para locais mais distantes para fazer o transporte. Levando em consideração que a cidade mais próxima que possui um britador, capaz de fornecer o material, está situada a mais de 50 km de distância, acarretará um impacto significativo no custo da obra, ou seja, se terá um custo mais elevado no transporte de materiais, não só com o aumento do efetivo de caminhões basculantes para manter a execução da estrada em pleno funcionamento, evitando interrupção, mas como também no consumo de combustíveis. Em obras de terraplenagem, sempre se busca a diminuição das distâncias percorridas pelos equipamentos com objetivo de aperfeiçoar o fornecimento de materiais com a frota existente, e consequentemente diminuir os custos. (FALCÃO, PRATA, NOBRE JÚNIOR, 2016, p. 21).

4.2 Ensaio de Comprovação da Qualidade dos Materiais

A fim de comprovar que os materiais utilizados na obra são os que realmente foram aprovados na fase preliminar (85% Solo + 15% BGS e 70% Solo + 30% Jazida), e que os mesmos atendem as exigências do projeto, a empresa apresenta ao seu contratante ensaios laboratoriais do solo já aplicado.

Os ensaios foram realizados através do Frasco de Areia, que de acordo com Paixão (2018, p. 20), esse tipo de ensaio é o mais indicado em campo para obras de terraplenagem,

tendo como objetivo principal o conhecimento da densidade do solo e a compatibilização entre projeto e execução.

Foram determinados cinco pontos para a realização do ensaio com o Frasco de Areia ao longo de toda a estrada. Cada local possui uma numeração que é chamada em obras de terraplenagem de estacas, onde cada estaca possui 20 metros. Dessa forma, o início da estrada se dá a partir da estaca zero. A imagem três mostra alguns dos pontos que foram analisados:

Figura 8 – Visão dos pontos a serem analisados e localização da jazida



Fonte: Adaptado do Google Earth, (2022).

A seguir são apresentados os resultados das análises em campo:

Quadro 3 – Resultados encontrados por estacas e material aplicado

ESTACA 5 - 70% Solo + 30% Jazida							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	15,91	Densidade	2,112	L.L	NL	C. B. R	77,06
Areia fina	20,31	Máxima (g/cm³)					
Areia grossa	35,19	Umidade	6,65	L.P	NP	Grau de Compactação	101,3
Pedregulho	28,59	Ótima (%)					
ESTACA 45 - 70% Solo + 30% Jazida							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	14,05	Densidade	2,062	L.L	NL	C. B. R	70,86
Areia fina	40,44	Máxima (g/cm³)					
Areia grossa	29,14	Umidade	6,66	L.P	NP	Grau de Compactação	100,9
Pedregulho	16,37	Ótima (%)					
ESTACA 135 - 70% Solo + 30% Jazida							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	14,95	Densidade	2,128	L.L	NL	C. B. R	71,89
Areia fina	19,86	Máxima (g/cm³)					
Areia grossa	35,85	Umidade	7,43	L.P	NP	Grau de Compactação	100,2
Pedregulho	29,34	Ótima (%)					
ESTACA 195 - 70% Solo + 30% Jazida							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	18,89	Densidade	2,101	L.L	NL	C. B. R	74,80
Areia fina	20,17	Máxima (g/cm³)					
Areia grossa	35,45	Umidade	6,56	L.P	NP	Grau de Compactação	100,8
Pedregulho	25,49	Ótima (%)					

ESTACA 225 - 85% Solo + 15% BGS							
Granulometria (%)		Compactação		Consistência		I. S. C (%)	
Silte e Argila	18,69	Densidade Máxima (g/cm ³)	2,129	L.L	NL	C. B. R	72,36
Areia fina	46,96						
Areia grossa	19,73	Umidade Ótima (%)	6,57	L.P	NP	Grau de Compactação	100,4
Pedregulho	14,62						

Fonte: Autores, 2022.

Fazendo uma análise dos materiais utilizados, é perceptível que na estaca 225 (final) o material utilizado foi à mistura de solo com a BGS. Em um comparativo com as estacas anteriores, esse tipo de mistura foi pouco utilizado na camada de base da estrada, possivelmente numa extensão máxima de 600 metros (da estaca 195 a 225). Segundo Silva e Santos (2021, p. 07), a mistura de solo com brita está cada vez mais em crescimento e chamando a atenção dos pesquisadores por trazer mais estabilidade e durabilidade aos pavimentos.

No cálculo de uma média aritmética dos valores do CBR das estacas que utilizaram Solo + Jazida, é possível afirmar que supera ainda o CBR do Solo com a BGS. Isso leva a crer que em algumas regiões possuem solos com uma boa resistência de carga. Em um estudo semelhante, pesquisadores encontraram valores bem significativos para um solo tipo latossolo na região de Areia Branca/RN, aonde o CBR sem nenhuma adição de agregados chegou a 41,9%, com Umidade Ótima de 6,0% e Densidade Máxima de 1,97g/cm³ (CABRAL, BARROSO, SILVA, 2021, p. 06).

Analisando a granulometria dos materiais, percebe-se que a da estaca 225 obteve um pouco de equilíbrio em suas partículas, com exceção da areia fina que houve uma discrepância, muito provavelmente por conta que a empresa não caracterizou a areia média nos ensaios. Para Negreiros e Nascimento (2021, p. 09), uma das principais características da BGS é uma continuidade na faixa granulométrica.

Com base na análise do CBR encontrado em laboratório na fase preliminar para Solo + Jazida, o mesmo apresentou comportamento após a execução da estrada bem mais satisfatório na estaca 5, onde chegou a atingir 77,06%. Nas demais estacas, se mantiveram dentro da faixa prevista. Já para a mistura Solo + BGS o resultado foi bem surpreendente. O mesmo que se apresentava em laboratório com pouco mais de 50% de CBR, atendendo no limite as exigências de projeto, se apresentou na prática com mais de 72%.

Para o Limite de Liquidez e Limite de Consistência, a empresa responsável pelo acompanhamento da qualidade de execução utilizou apenas as siglas NL e NP para indicar que as amostras não tiveram os seus limites alcançados. Contudo, vale ressaltar que para camadas de Base e Sub-base de uma estrada, o Índice de Plasticidade, que é a diferença entre os dois limites deve ser inferior a 6%. (DER/SP – ET-DE-P00/014, 2006, p. 04).

A seguir, é apresentado um quadro resumo com os resultados mais relevantes do estudo:

Quadro 4 – Resumo dos resultados

Estaca 5 (70% Solo + 30% Jazida)			Estaca 225 (85% Solo + 15% BGS)	
	Preliminar	Comprovação	Preliminar	Comprovação
Granulometria %			Granulometria %	
Areia Fina	43,96	20,31	59,52	46,96
Areia Grossa	31,35	35,39	19,48	19,73
I.S.C %			I.S.C %	
C. B. R	71,42	77,06	50,56	72,36
Grau de Compactação	100,94	101,30	100,04	100,40

Fonte: Autores, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados, é primordial se ter o conhecimento tanto dos materiais utilizados na construção de uma estrada, como também o seu comportamento após aplicação de técnicas de estabilização e a identificação dos ensaios essenciais para as análises. Pode-se afirmar ainda que, o objetivo central do estudo foi alcançado através do detalhamento de cada ensaio realizado pela empresa.

A presente pesquisa demonstra que é fundamental um planejamento prévio das ações e dos materiais a serem utilizados antes de tomar qualquer decisão, e que a busca pela redução de custos deve ser constante para um melhor resultado final. Tendo em vista que a movimentação de terra envolve uma boa parte do orçamento de uma obra, onde um simples percurso a mais ou a menos fará toda a diferença no planejado.

Resgatando ainda um pouco mais dos resultados, o fato dos órgãos fiscalizadores exigirem um CBR de no mínimo 60%, o parque eólico adotou para seu projeto apenas um valor que fosse acima de 50% e que o Grau de Compactação se mantivesse acima dos 100%. Isso leva a crer que o trânsito de veículos seria pouco, principalmente após a instalação e operação dos aerogeradores, conseqüentemente o desgaste da estrada seria o mínimo possível.

Para os ensaios preliminares, o CBR chegou a ficar no limite, entretanto, na prática os ensaios de campo demonstraram que as misturas acabaram atendendo não só as exigências do contratante, como também as dos órgãos que regulamentam as rodovias brasileiras.

É de suma importância esse estudo tanto para as empresas e profissionais que trabalham com atividades de terraplenagem, como também para os acadêmicos que desejam atuar na área, já que foram abordados diversos conceitos, técnicas, desafios e limitações que a atividade exige, ou seja, aspectos que muitas das vezes não despertam a atenção dos envolvidos.

Dentro do possível, a pesquisa buscou ao máximo resgatar o que foi proposto nos objetivos, entretanto, ficaram dúvidas como a extensão exata da estrada em que se utilizou BGS na mistura. Sabe-se que as estacas 195 e 225 fazem a transição do material, porém, com os dados que se tem não dá para cravar essa informação. Outra questão importante é o fato de ter que transportar a BGS da cidade de Upanema, distante quase 130 km, sendo que na cidade de Lajes (pouco mais de 50 km) possui um britador que fornece o material.

Por fim, sugere-se o aprofundamento ainda mais do trabalho no futuro, com o conhecimento de outras variações de misturas que possam atender a necessidade do projeto; a caracterização mais detalhada na granulometria das partículas dos materiais; a especificação real do valor para o Limite de Liquidez e Plasticidade; e ensaios de comprovação entre as estacas 195 e 225 para a determinação exata da extensão da estrada executada com a mistura Solo + BGS.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Felipe Maraschine de. **ENERGIAS PARA COMPACTAÇÃO DE SOLOS DESTINADOS A ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. 2017. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19813/1/EnergiasCompactacaoSolos.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2022.

ALMEIDA, Mario Sérgio de Souza *et al.* **CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA DE SOLOS PARA APLICAÇÕES EM ESTRADAS FLORESTAIS: estudo de caso com solos da cenibra**. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1085-1090, ago. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/vjGGpzT7Rw6w6QJfp7Jq5gm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2021.

ARRIVABENI, Breno Santos. **ALTERNATIVAS PARA ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E QUÍMICA DE SOLO DE ESTRADAS FLORESTAIS**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência Floresta, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Breno-Santos-Arrivabeni.pdf>. Acesso em: 26 set. 2021.

BELONATO, Marcelo Bragança. **CONTROLE TECNOLÓGICO APLICADO A EXECUÇÃO DE OBRAS DE TERRAPLENAGEM: compactação dos solos. COMPACTAÇÃO DOS SOLOS**. 2016. Repositório de Trabalhos de Conclusão de curso. Disponível em: <http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/repositoriottcc/article/view/667/578>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CABRAL, Wendel Silva; BARROSO, Suelly Helena de Araújo; SILVA, Samuel de Almeida Torquato e. **CONSIDERAÇÃO DA DEFORMAÇÃO PERMANENTE DE SOLOS OCORRIDO NA REGIÃO NORDESTE NA ANÁLISE MECANÍSTICA-EMPÍRICA DE PAVIMENTOS**. *Revista Matéria*, Rio de Janeiro, v.26, n. 4, p. 1-15, jun. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/SqxmNKFqBY8YRHkz55NsZmF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 mai. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT (Brasília). **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. 2017. SEST SENAT / ITL. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/191/1/Transporte%20Rodovi%C3%A1rio%20-%20Por%20que%20os%20pavimentos%20das%20rodovias%20do%20Brasil%20n%C3%A3o%20duram.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS – DER/SP. **SUB-BASE OU BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE**. Especificação Técnica. 2006. Disponível em: http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/ET-DE-P00-014_B.pdf. Acesso em: 15 mai. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **MANUAL DE IMPLANTAÇÃO BÁSICA DE RODOVIA**. 2010. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/742_manual_de_implantacao_basica.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **TERRAPLENAGEM – CORTES ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO**. 2009. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit106_2009_es.pdf. Acesso em: 18 abr. 2022.

DIAS, João Alveirinho. **A ANÁLISE SEDIMENTAR E O CONHECIMENTOS DOS SISTEMAS MARINHOS**: uma introdução à oceanografia geológica. Uma Introdução à Oceanografia Geológica. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Joao-Dias-62/publication/236551412_A_ANALISE_SEDIMENTAR_E_O_CONHECIMENTOS_DOS_SISTEMAS_MARINHOS_Uma_Introducao_a_Oceanografia_Geologica/links/0deec517ffe9e2f674000000/A-ANALISE-SEDIMENTAR-E-O-CONHECIMENTOS-DOS-SISTEMAS-MARINHOS-Uma-Introducao-a-Oceanografia-Geologica.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.

EMMERT, Fabiano; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. **CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS PARA ESTRADAS FLORESTAIS**: estudo de caso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 601-613, abr. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/KYyNBkGkVqyqgj8nGtJvrXP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2021.

FALCÃO, Viviane Adriano; PRATA, Bruno de Athayde; NOBRE JÚNIOR, Ernesto Ferreira. **MODELO DE ROTEIRIZAÇÃO PARA DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS DE TERRAPLENAGEM BASEADO EM PROGRAMAÇÃO INTEIRA**. **The Journal of Transport Literature**, Manaus, v. 10, n. 3, p. 20-24, jul. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jtl/a/P7jvk5hdS65nPC5HZKKBGLG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 mai. 2022.

FONSECA, Natália Braga da; LIMA, Clariana Alda Coelho de; COSTA, Gessyca Menezes. **ANÁLISE DO CONTROLE DE QUALIDADE DA PAVIMENTAÇÃO DA VIA DE INTERLIGAÇÃO ENTRE AS AVENIDAS AUGUSTO FRANCO E GASODUTO, EM ARACAJU/SE**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, 32., 2018, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: Anpet, 2018. p. 1386-1397. Disponível em: http://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avaliacao%20e%20Gestao%20de%20Pavimentos%20IV/4_484_AC.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

FORTUNATO, Maria Helena da Silva. **CONTROLE TECNOLÓGICO EM OBRAS DE TERRAPLENAGEM**: estudo da construção das lagoas de estabilização da ete-mangabeira em João Pessoa/pb. 2018. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de João Pessoa, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://bdtcc.unipe.edu.br/wp-content/uploads/2019/02/TCC-MARIA-HELENA.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021.

GOMES, Marcelo Evangelista; SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da. **COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CAMPO**. 2019. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Ufersa, Mossoró, 2019. Disponível em:

https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4643/1/MarceloEG_ART.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

MACHADO, Lucas Ferreira Melo; CAVALCANTE, Erinaldo Hilário; ALBUQUERQUE, Fernando Silva; SALES, Angela Teresa Costa. Adição de uma associação polimérica a um solo argilo-arenoso com vistas à estabilização química de materiais para pavimentos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 1-13, 10 ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170003.0204>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rmat/a/zYH894PXjbVvPQTS7MVv7kJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2021.

MARCOLIN, Clovis Dalri; KLEIN, Vilson Antônio. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 249-354, jun. 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/asagr/a/FYDpW7pWXWTP6tccWNCP3Mz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2021.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **NOTAS DE AULA DA DIISCIPLIINA: pavimentação. PAVIMENTAÇÃO**. 2006. Disponível em:

<https://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021.

MENDES, Alesi Teixeira *et al.* ANÁLISE DE PAVIMENTO: estudo de um trecho crítico na rodovia to-255 / sidewalk analysis. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 10, p. 74475-74485, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n10-030>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17651/14324>. Acesso em: 15 nov. 2021.

Ministério do Desenvolvimento Regional. **Energia renovável: sudene estima potencial de atração de até R\$ 7,67 bi em investimentos para o nordeste**. Sudene estima potencial de atração de até R\$ 7,67 bi em investimentos para o Nordeste. 2021. Disponível em:

<https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/noticias/energia-renovavel-sudene-estima-potencial-de-atracao-de-ate-r-7-67-bi-em-investimentos-para-o-nordeste>. Acesso em: 20 set. 2021.

NEGREIROS, Felipe Hernesto Sousa; NASCIMENTO, Valdeson Carvalho. **EXECUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE BASE E SUB-BASE DE BRITA GRADUADA SIMPLES – BGS – EM PAVIMENTOS DE RODOVIAS**. 2021. 29f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2177/1/Trabalho%20TCC%20BGS.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.

NEPOMUCENO, Daiana Valt. **AVALIAÇÃO EM CAMPO DE ESTRUTURA DE PAVIMENTO INCORPORANDO ESTABILIZADO COM COPRODUTO DE ACIARIA KR SUJEITA À CARREGAMENTO COM SIMULADOR HVS E**

COMPARAÇÃO COM PREVISÕES DE DESEMPENHO SEGUNDO O NOVO MÉTODO BRASILEIRO DE DIMENSIONAMENTO MEDINA. 2019. 187 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019. Disponível em:

https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/11269/1/tese_13411 DISSERTA%C3%87%C3%83O%20DAIANA%20VALT%20NEPOMUCENO.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.

NETTO, Paulo José de Barcelos; BARROS, Enicléia Nunes de Sousa. **ANÁLISE DO CONTROLE TECNOLÓGICO EM OBRA DE TERRAPLENAGEM: estudo de caso da pavimentação do setor waldir lins no município de gurupi - to.** **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 184, p. 1-30, nov. 2019. Disponível em:

https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_paulo_jose_de_barcelos_netto_0.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

PAIVA, Pollyanna Zenaide. **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO LODO DE ETA COMO MATERIAL ALTERNATIVO NA ESTABILIZAÇÃO DE SOLO PARA PAVIMENTAÇÃO.** 2017. 39 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2017. Disponível em:

<https://docplayer.com.br/171892915-Pollyanna-zenaide-paiva-estudo-da-utilizacao-de-lodo-de-eta-como-material-alternativo-na-estabilizacao-de-solo-para-pavimentacao.html>. Acesso em: 22 nov. 2021.

PAIXÃO, Rafael Mecenas, **ASPECTOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO DE ATERROS COM BASE NO CRITÉRIO DA DEFORMABILIDADE.** 2018. 57f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. Disponível em:

https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10129/2/Rafael_Mecenas_Paixao.pdf. Acesso em: 15 mai. 2022.

PEREIRA, Jackson Andrade. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO MATERIAL UTILIZADO PARA A EXECUÇÃO DA BASE NA ESTRADA DO BARRO VERMELHO.** 2016. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Tecnologia da Construção Civil Com Habilitação em Topografia e Estradas, Departamento da Construção Civil, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2016. Disponível em:

http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=avaliacao_da_qualidade_do_material_utilizado_para_a_execucao_da_base_na_estrada_do_barro_vermelho.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

SÁ, Marcelo Menezes Barboza de. **CARACTERIZAÇÃO DO SOLO EMPREGADO COMO MATERIAL DE BASE EM UMA VIA NA CIDADE DE ARACAJU E SUAS PATOLOGIAS: estudo de caso.** 2017. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Desenvolvimento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, Aracajú, 2017. Disponível em:

<https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/bitstream/123456789/420/1/Marcelo%20Menezes%20Barboza%20de%20S%20c3%a1.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021.

SCHMITT, Anderson. **Proposta de um algoritmo híbrido GA-TS para definição do traçado geométrico de rodovias.** 2020. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/216376/PTRA0061-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y..> Acesso em: 22 set. 2021.

SILVA, Fransuélío Batista da. **AValiação DA CONFORMIDADE DOS REQUISITOS TÉCNICOS NOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM DE EMPREENDIMENTOS RESIDENCIAIS**: estudo de caso. 2016. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2016. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/10364/1/PDF-%20Fransu%C3%A9lio%20Batista%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

SILVA, Marcos Vinicius Dias da; SANTOS, Rafaella Oliveira Guimarães. USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS EM CAMADAS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO: uma análise bibliográfica. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. v. 6, n. 5, p. 67-82, mai. 2021. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/camadas-de-pavimentos>. Acesso em: 14 mai. 2022.

VILLIBOR, Douglas Fadul. **ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA OU MECÂNICA**. São Carlos: Departamento de Vias de Transporte e Topografia -, 1978. 56 p. Disponível em: <http://repositorio.eesc.usp.br/bitstream/handle/RIEESC/7613/Estabiliza%C3%A7%C3%A3o%20granulom%C3%A9trica%20ou%20mec%C3%A2nica.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 nov. 2021.