

DIÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA



REVISTA SAMAYONGA

ISSN: 0504 - 0035

EDIÇÃO: 2023-002

ÁREAS

1

CIÊNCIAS TÉCNICAS

2

CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO

3

CIÊNCIAS MÉDICAS

ISSN 0504-0035

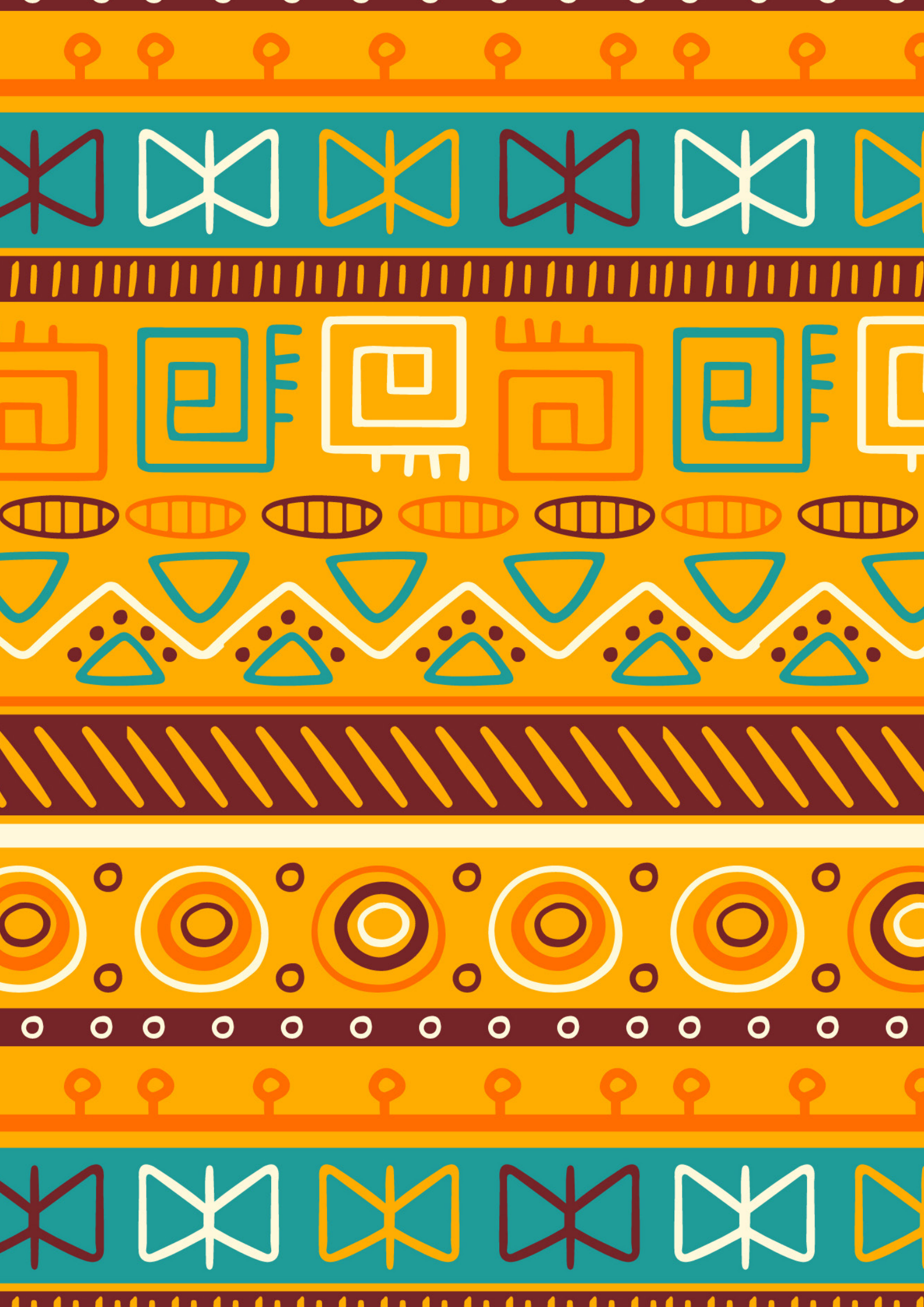


9 770504 003142



MWANA PWO EDITORA







REVISTA SAMAYONGA

DIÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA

FICHA TÉCNICA

Editor Chefe

Dr. JORGE RUFINO

(Universidade Agostinho Neto, Universidade Jean Piaget de Angola)

Conselho editorial

Presidente – Dr. C Francisca Manuela Martins Wille

(Universidade Jean Piaget de Angola)

Dr. C Vicente Eugenio León Hernández

(Universidade de Pinar del Rio)

Dr. C Albano Ferreira

(Universidade Katyavala Bwila)

Dr. C Filomena de Jesus Francisco Correia Filho Sacomboio

(Instituto Superior para as Tecnologias da Informação e Comunicação)

Dr. C Klaus- Dieter Gerhard Wille

Dr. C Ivan Machado

(Universidade de Santa Clara)

Revisão

Msc. Imaculada Esperança Lourenço Domingos

(Universidade Jean Piaget de Angola)

Equipe Técnica

Elias Clemente Gongga

Eng. Flávio Geremias Miguel Clemente

Eng. Henriques Gededias Cambelele Quimuanga

Paginação & Designer

Vanilson Cristóvão

**Revista técnico-científica Samayonga [recurso eletrônico].
Nº. 02 (Jun. 2023). - Luanda.**

Periodo: Semestral

ISSN 0504-0035

1. Ciências Técnicas. 2. Ciência da Educação. 3. Ciências Médicas

REVISTA SAMAYONGA

DIÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA





BEM VINDO A REVISTA SAMAYONGA

Estimado colegas

A revista Samayonga que agora sai a segunda edição no mercado angolano académico e científico, vai continuar a preencher as grandes lacunas, que as produções e publicações se denominam.

A revista Samayonga vai continuar a ter como objectivo principal a divulgação de trabalhar com:

- Trabalho de fim do curso de licenciatura
- Trabalhos relacionados a pedagogia, sociologia e outros fins
- Investigação de projetos científicos e académicos das áreas da engenharia, medicina e pedagogia

A RICS conta com um corpo editorial de 12 membros, todos com bastantes experiências de mais 20 anos em educação superior na investigação em publicações em revista internacionais. As contribuições enviadas são submetidas a revisão a pares interna e externas e se garante a sua imparcialidade mediante a dupla cega. Os nossos corpos de árbitros fazem parte de uma rede de professores angolanos do ensino superior que podem recomendar com base na norma de revisão.

Neste quesito recomendamos que o envio dos trabalhos deve ser realizado por nosso e-mail: secretariageral@ciap-samayonga.co.ao assim como as normas devem ser consultada nas nossas páginas web: www.ciap-samayonga.co.ao

Esperamos que esta revista continue a poder preencher o grande vazio que Angola ainda tem no Ranking do mundo da ciência e da academia.

Luanda, aos 20 de Junho de 2023

O editor Chefe


Drº. Jorge Rufino



SUMÁRIO

04 EDITORIAL

09 ARTIGOS

- 11 As Atitudes dos Pais no Relacionamento com Filhos Adolescentes: O caso do Projecto Morar Viana II
- 25 As diferenças étnico - culturais e sua influência na construção da identidade Social e psicológica na sociedade angolana.
- 34 Comparação da Qualidade da Compactação das camadas de base e sub base do pavimento rodoviário utilizando a garrafa de areia, o gamadensímetro e o dynamic cone penetrometer(DCP).
- 56 Contribuições científicas das teses de doutoramento ao Sistema de Educação em Angola no período de 2012-2019- Uma abordagem compendiadae interdisciplinar
- 71 Habitat humano e ambiente: umolhar a partir das publicaçõesna base de dados ScienceDirect (2000-2021)
- 78 La preparación de las educadoras para la orientación familiar relacionada con la educación integral de los niños y niñas de la primera infancia
- 94 Material ligante alternativo para construção nas condições climáticas tropicais prevalecentes em Angola.
- 109 O ensino da Língua Portuguesa como segunda língua na Educação Pré-esolar em Angola
- 121 Políticas Educativas: Análise dos eixos de intercessão e Desafios de Angola no cumprimento dos objectivos de desenvolvimento sustentável - ODS4
- 135 O Revit como ferramenta que carrega o pensamento a metologia Bim
- 152 Televisão e a Instituição Escolar. Os Efeitos Cognitivos das Mensagens Televisivas e a sua Importância no Processo de Ensino-aprendizagem
- 



ARTIGOS

Comparação da Qualidade da Compactação das camadas de base e sub base do pavimento rodoviário utilizando a garrafa de areia, o gamadensímetro e o dynamic cone penetrometer(DCP).

Autores: Paulo F. Lussati¹, Fernando Bonito², José Paulo Kai³ - 1. Mestre em Engenharia Civil, 2. PhD em Geotecnia, 3. PhD em Mecânica das Estruturas.

RESUMO

O presente artigo compara os desvios resultantes do Gamadensímetro e o Dynamic Cone Penetrometer(DCP), pelo índice de resistência a penetração (DN) e CBR, com a Garrafa de Areia. A metodologia quantitativa e experimental, de natureza básica e explicativa, foi utilizada e determinou-se, através de ensaios laboratoriais e de campo, os materiais das camadas de base e sub-base; o grau de compactação pela

Garrafa de Areia e do Gamadensímetro e o índice de resistência a penetração (DN) correlacionando-o com o CBR. A comparação do Gamadensímetro com a Garrafa de Areia apresentou um desvio de 0,9 % na camada de sub-base e 0,69% na camada de base, baixos DN e altos valores de CBR. Estes traduziram-se em retas DCP com inclinação considerável que, quando se relacionou com o grau de compactação obtidos pelo método de referência também se registou aproximação notável. Se concluiu que tanto os resultados obtidos pelo Gamadensímetro como os resultados obtidos pelo Dynamic Cone Penetrometer(DCP), a partir do índice de resistência a penetração (DN) e valores de CBR, aproximam-se dos resultados obtidos com o método da Garrafa de Areia.

Palavras-Chave: Comparação; Compactação; Qualidade; Métodos.

ABSTRACT

The present article answers the question of the possible deviations of the results of the Gamma Densitymeter and the Dynamic Cone Penetrometer (DCP), by the index of resistance to penetration (DN) and CBR, when compared with the Bottle of Sand. Thus, with a quantitative and experimental approach, of a basic and explanatory nature, the materials of the base and sub-base layers were determined through laboratory and field tests; the degree of compaction by the Sand Bottle and the Gamma Densitymeter and the penetration resistance index (DN) correlating it with the CBR. The Sand Bottle allowed to obtain 95.91% degree of compaction in the sub-base layer, and 102.69% in the base layer; with Gammadenmeter it was obtained 96% in the sub-base layer and 102% in the base layer; with DCP, 3.33 mm/stroke of DN and 76% CBR were obtained in the sub-base layer and 2.04 mm/stroke of DN and 131% of CBR in the base layer. Comparison of the Gamma Densitymeter with the Sand Bottle showed a deviation of 0.9% in the sub-base layer and 0.69% in the base layer, low DN and high CBR values.

These translate into DCP straights with considerable inclination which, when related to the degree of compaction obtained by the reference method, also registered a remarkable approximation. Therefore, both the results obtained by the Gamma Densitymeter and the results obtained by the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) from the penetration resistance index (DN) and CBR values, are close to the results obtained with the Sand Bottle method.

Keywords: Comparison; Compression; Quality; Methods.

INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade da compactação das camadas de sub-base e base da estrutura do pavimento rodoviário utilizando o Gamadensímetro (pelo grau de compactação) e o DCP (pelo seu índice DN e índice CBR) é relativamente recente quando comparada a utilização da Garrafa de Areia (pelo grau de compactação), Cantarelli e Defaveri (2015), Fernandes (2015), Ferreira (2018), Schlogel (2015), Silva (2011). Permite verificar a consentaneidade dos resultados de laboratórios e de campo “in situ”, de modo a verificar a resposta diante dos esforços submetidos durante o seu tempo de vida útil. Importa compará-los entre si para verificar os possíveis desvios dos resultados, podendo fornecer dados úteis para futuras aplicações para a qualidade dos trabalhos em obra. Assim, definir como referência de comparação, do grau de compactação da base e sub-base, o método da Garrafa de Areia (GA) em relação aos métodos do Gamadensímetro e *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) apresenta-se como via adequada para o alcance dos objetivos.

2 Justificativa

A eficiência do processo de compactação de camadas de base e sub-base depende do tipo de material empregue (solo, agregados britados, etc.), do tipo de equipamentos e respectiva energia de compactação utilizada no processo. A sua qualidade é avaliada por meio de realizações de ensaios laboratoriais e de campo “in situ” (Garrafa de Areia, Gamadensímetro e o DCP). Dos dois últimos, é fundamental identificar os desvios em relação aos resultados do ensaio de referência (Garrafa de Areia), aquele que dá valores seguros pela enorme experiência que tem há muitos anos.

3 Fundamentos

3.1 Compactação do material

Em obras de terraplenagem de pavimentos rodoviários é fundamental que se identifique previamente, no local, as características do material. No caso destes não apresentarem características apropriadas recorre-se a solos de empréstimos em zonas economicamente viáveis e a seguir estabilizá-los para torná-lo mais estável e denso, para melhor comportamento mecânico através da compactação, reduzindo os vazios entre as partículas por meio de uma porção de teor em água e energia. As correlações destes parâmetros servem para avaliar a sua qualidade, como demonstrado pelo Ralph Proctor (1933) que a densidade com que um solo é compactado sob uma determinada energia de compactação depende da humidade do solo no momento da compactação. Isto resulta em provoca: redução volumétrica, pela acção de cargas e da água e impermeabilização, pela redução do coeficiente de permeabilidade, resultante do menor índice de vazios. Ou seja, obtém-se assim de um novo material a partir das deformações permanentes causadas pela compactação que modificam as características e propriedades originais do material para que consiga responder aos esforços provocados pelas cargas por eixos que será submetida pelos veículos durante a utilização da estrutura do pavimento

rodoviário. Este novo material apresentar um comportamento adequado para a aplicação a que se destina (Baptista, 1986; Balmaceda, 1991 apud Quintans, 2008, citado por Ferreira, 2018, p.).

3.2 Compactação no laboratório e em campo

Os ensaios laboratoriais (proctor modificado-pesado e normal – Leve), mais demorados em relação aos de campo, pode variar em função da energia e tamanho do molde do ensaio (Figura 1a). Consistem na compactação de amostras de solo em cinco camadas sucessivas num molde definido pelo tipo pesada ou leve sob a acção de um número de pancadas e energia de compactação. Esta energia deverá ser distribuída uniformemente sobre a superfície da camada, de forma que no interior do cilindro as mesmas se apresentem quase horizontal (Silva, 2011). São realizados em média de cinco a seis pontos sendo repetidos em diferentes quantidades de água adicionadas ao solo (aumento de cerca de 2% de água entre pontos), permitindo obter a curva de compactação. O objetivo do ensaio é determinar a Baridade Seca Máxima para um determinado Teor em água. Pode ser realizado manualmente (por um pilão) e mecanicamente com o compactador automático como mostrado na Figura 7b.



Figura 1. -Compactação em laboratório; a) Molde e filtro e b) Compactador automático

Os princípios e resultados da compactação em laboratório devem ser corresponder ao da compactação em obra. No laboratório o material é compactado manualmente ou mecanicamente com a energia de compactação necessária para que o material obtenha características mecânica (resistência a penetração, indeformabilidade e estabilidade) aceitáveis para o fim pelo qual se deseja. Em Obra, o material é compactado pela aplicação de esforços dos equipamentos sobre a camada de compactação designadamente esforços de pressão, vibração e impacto. Assim, cada camada deve ser compactada até se obter um grau de compactação de 98% em relação aos ensaios Proctor Modificado e o teor de humidade antes e durante a compactação deve ser controlado de modo a situar-se entre o valor óptimo.

3.3 Controlo da qualidade da compactação

A qualidade da compactação como uma importante etapa do processo da terraplenagem é conseguida pela verificação dos resultados da baridade seca e do teor em água obtidos em obra e da reacção destes com resultados obtidos em laboratório (através do ensaio Proctor Modificado) para determinar o grau de compactação.

Os resultados em obra são obtidos através do método destrutivo (Garrafa de Areia e DCP) e não destrutivos (Gamadensímetro) onde a Garrafa de Areia avalia a baridade seca; o ensaio de [Dynamic Cone Penetrometer](#) (DCP) a capacidade de carga, a penetração da camada compactada a partir da determinação do índice DCP (DN) correlacionado ao CBR, e o Gamadensímetro, o teor em água e a baridade seca do material.

Estes resultados são conferidos através do grau de compactação e desvios dos teores em água determinados “[in situ](#)” em relação ao teor óptimo e/ou especificações do projecto. O grau de compactação resulta da relação entre a baridade seca obtida no campo e a baridade seca máxima obtida em laboratório, assim vem que:

$$GC = \frac{\gamma_d^{Campo}}{\gamma_d^{m\acute{a}x}}$$

A baridade seca máxima e o teor em água, são determinados através do Gamadensímetro e a Garrafa de Areia.

O Gamadensímetro é um método reactivo ([não destrutivo](#)) que determina o teor de água e a baridade seca do material. Consiste na transmissão directa, com a fonte cravada na camada da estrutura do pavimento rodoviário ([Figura 21a1](#)) e transmissão indirecta com a fonte à superfície da camada da estrutura do pavimento rodoviário ([Figura 21a2](#)).

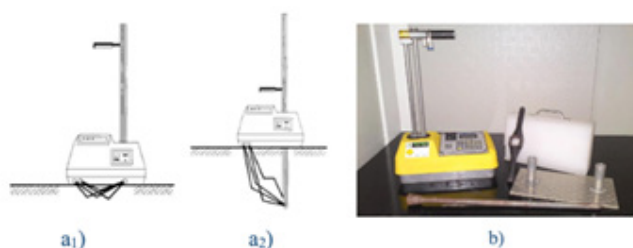


Figura 2 -Gamadensímetro; a) formas de emissão de raios gama; b) equipamento e utensílios

A Garrafa de Areia consiste na determinação “in situ” da baridade seca dos solos no estado natural ou quando compactado, substituindo o volume de solo retirado de um furo por igual volume de areia de baridade conhecida; determinar o volume da cavidade aberta no terreno. Da relação do peso de solo retirado da cavidade da superfície horizontal de solo regularizado e do teor de humidade determinado, é possível determinar o peso volúmico seco.



Figura 3 -Garrafa de Areia; a) posicionamento no solo; b) equipamento e utensílios

As camadas do pavimento rodoviário frequentemente, durante o tempo de vida útil, deterioram por causa da falta de capacidade carga e/ou resistência ao cisalhamento resultante do tráfego que afeta a sua capacidade funcional e estrutural e, conseqüentemente as propriedades geotécnicas, daí a avaliação através de métodos destrutivos como o DCP.

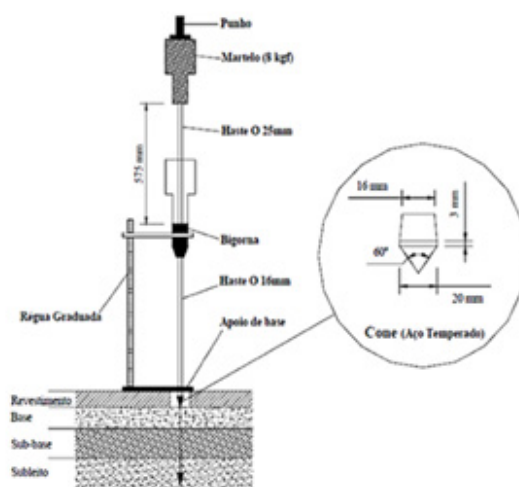


Figura 4 -Representação e esquemática do DCP (Fernandes, 2015)

4. Materiais e Métodos

Utilizou-se solos agregados e a água como materiais. Constatou-se e avaliou-se as condições de recolhas das amostras e, sob planificação, efetuou-se a recolha com uma pá e um saco como recipiente para deposição. Após a recolha transportou-se para o recinto do Laboratório de Engenharia de Angola para o devido tratamento (Figuras 5).



Figura 5- Recolha do material da base -ToutVenant(a) e sub-Base- Solos Musseque(b)

Estendeu-se a amostra para retirar o teor em água natural, durante 24 h (Figura 6).



Figura 6-Amostragem; a) Amostras recolhidas; b) Secagem ao ar livre, esquartelador e malhas $\frac{3}{4}$ e 4

Os ensaios foram realizados através dos métodos das normas da SATCC (Southern Africa Transport and Communications), TMH (Technical Methods for Highways) e ASTM (American Society for Testing and Materials), conforme mostrado no Quadro 1.

Descrição	Designação	Ensaio	Normas e Métodos
Caracterização	Identificação	Preparação das amostras de solo Análise granulométrica Limite de Liquidez (LL) Limite de Plasticidade (LP)	TMH-1, método A1 (a) TMH-1, método A1 (a), A1 (b), A5 TMH-1, método A2, A3, A4
	Mecânica	Compactação Proctor Modificado	TMH-1, método A7
Avaliação da qualidade da compactação	Ensaaios "In Situ"	Garrafa de Areia Gamadensímetro Dynamic Cone Penetrometer (DCP)	ASTM D 1556-00 TMH -1 Method A10 (b) ASTM D 6951/D6951M -09

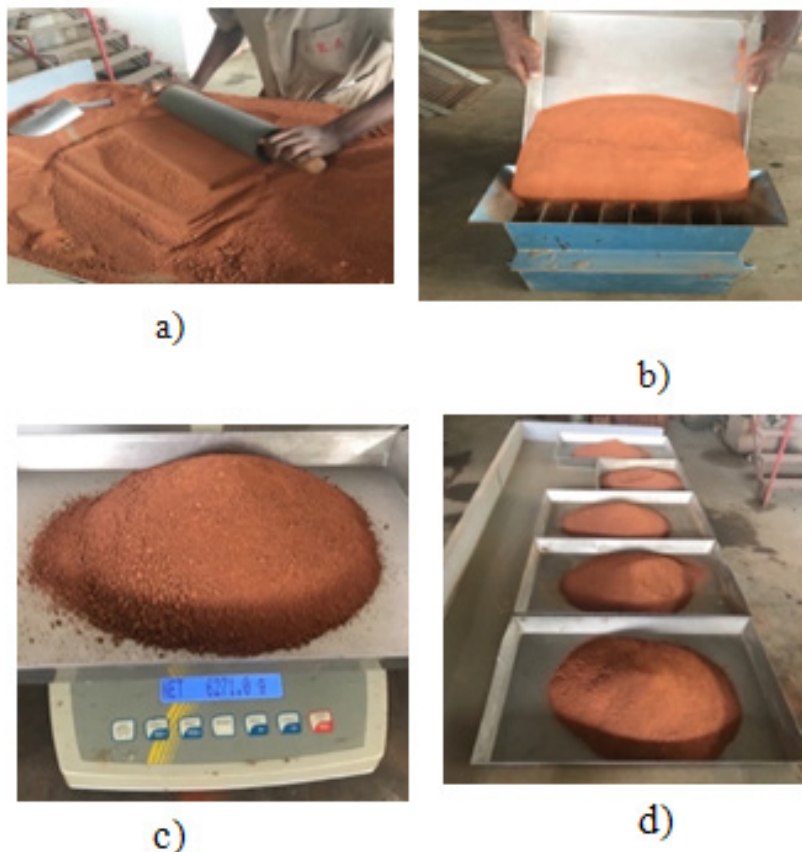
As tarefas dos ensaios foram executadas com base num programa experimental da recolha da amostra e secagem ao ar livre, como mostrado na figura 7.



Figura 7-Fluxograma de programa experimental

4.1 Preparação das amostras

Com a amostra já seca, destruiu-se os torrões com recurso a um rolo (figura 4a); com uma pá e vassoura foi retirada a amostra da bancada e, de seguida, separada através de um esquartelador metálico (Figura 4b), tabuleiros, escovas, espátulas e sacos. De seguida o material foi transportado para a zona de ensaio de compactação proctor por quantidades que correspondem a cada ponto da curva de compactação. Para a camada de base a amostra foi repartida em duas frações, onde uma parte armazenada e a outra parte novamente repartida em duas, sendo uma peneirada (peneiro de malha $\frac{3}{4}$ -abertura 19 mm e peneiro de malha 4- abertura 4,75mm), e as duas frações dos materiais retidos nestes peneiros separadas em grossos e finos (Figura 8b). As frações foram pesadas em 39% de finos (2418g) e 61% de grossos (3782g) (Figura 8b). Esta quantidade foi pesada em 5 tabuleiros correspondentes ao número de pontos da curva de compactação proctor (figura 8b)



Para a camada de base a amostra foi repartida em duas frações, onde uma parte armazenada e a outra parte novamente repartida em duas, sendo uma peneirada (peneiro de malha ¾ -abertura 19 mm e peneiro de malha 4- abertura 4,75mm), e as duas frações dos materiais retidos nestes peneiros separadas em grossos e finos (Figura 8b).



Figura 9-a)Peneiração; b) separação da fração grossos e finos

As frações foram pesadas em 39% de finos (2418g) e 61% de grossos (3782g) (Figura 10a). Esta quantidade foi pesada em 5 tabuleiros correspondentes ao número de pontos da curva de compactação proctor (figura 10b).

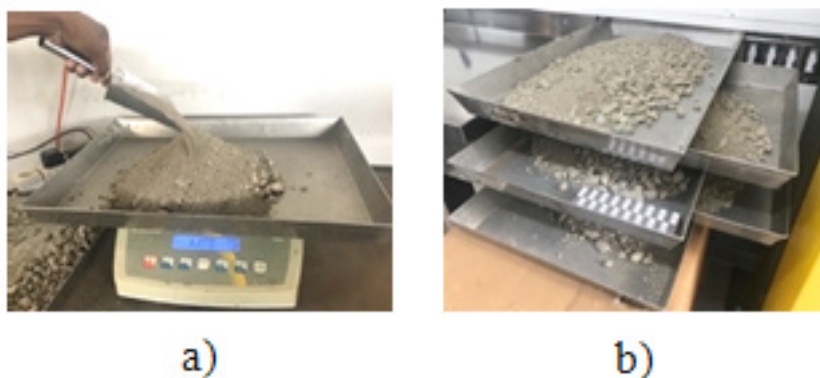


Figura 10-a) Pesagem; b) porções para o ensaio; c) transporte

4.2 Granulométrica

No ensaio de granulometria foi necessário reunir alguns utensílios para melhor realização nomeadamente repartidor; peneiros; agitador de peneiros (manual); balança; tabuleiros e bacias; almofariz com pilão de borracha ou outro material macio; estufa ventilada (105°C a 110°C); espátulas; trinchas; escovas de aço; sacos de papel (opcional) e garrafa com esguicho. Poe-se a amostra em estufa, e em seguida pesa-se consecutivamente em intervalos de 30 minutos até a diferença entre duas destas pesagens atingisse 1g, sendo o material considerado seco.

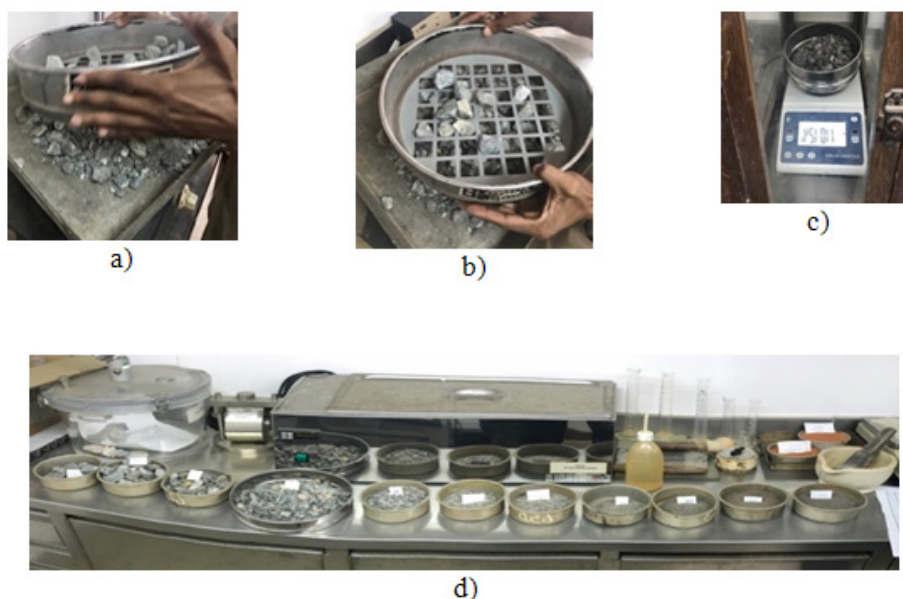


Figura 11-Granulometria; a) e b) Processo de peneiração; c) pesagem; d) Granulometria

4.3 Limites de consistência de Atterberg

Os ensaios dos limites de Atterberg consistiram na determinação do índice de plasticidade e retração do solo que passa pelo peneiro nº 40 (de 425-µm), onde foram utilizadas cápsulas, concha de casa grande-manual, placa de vidro com cerca de 150 x 220mm, barras de retração, fonte de calor, paquímetro, espátula, uma cápsula de mistura do solo, garrafas de água destilada, parafina, balança capaz de efetuar pesagens com precisão de 0,01g e por fim estufa ventilada.

Para ambos os materiais, por observação e tentativa de formação do rolo sem fragmentar, constatou-se que se tratava de um material não plástico (NP) (Figura 12), embora possuir 3% de argila.

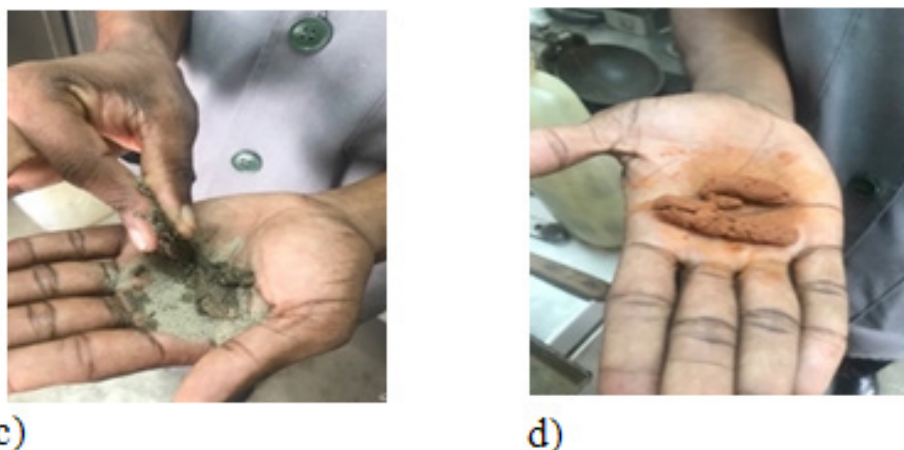


Figura 12-Limites de Consistência; avaliação manual da plasticidade do Material

4.4 Ensaio de compactação (proctor modificado)

A compactação Proctor Modificado foi auxiliada pelo Repartidor; conjunto Proctor; molde de $152,4 \pm 0,5$ mm de diâmetro $152,4 \pm 1$ mm de altura, espaçador com uma espessura de $25,4 \pm 1$ mm, com o espaçador dentro do molde obteve-se uma altura interior de 127 ± 1 mm; rasoira; balança capaz de efectuar pesagens de $15\text{kg} \pm 5\text{kg}$; balança com margem de $\pm 0,1\text{g}$; martelo de ferro; peneiros, com aberturas de 19mm e 4,75mm; estufa ventilada capaz de manter a temperatura entre 105° a 110°C ; macaco hidráulico, para extracção dos provetes, compactador mecânico e utensílios de apoio, como mostrado na Figura 13; e os procedimentos da norma D 1557-ASTM.



Figura 13- Compactação proctor; a) Utensílios de laboratório, b) Compactador dinâmico

Inicialmente foram definidos cinco pontos para a determinação da baridade seca máxima e teor em água óptimo. No primeiro ponto: $W = 2\%$ (120g de água); segundo ponto: $W = 4\%$ (240g de água), terceiro ponto: $W = 6\%$ (360g de água); quarto ponto: $W = 8\%$ (480g de água) e quinto ponto: $W = 10\%$.

O procedimento de mistura ocorreu de modo similares nos cinco pontos, misturando água na bandeja contendo 6, 2271g do material. Assim, retirou-se uma toma de 500, 2 g (sendo extraída para cada ponto), posta na cápsula e transportada para o interior da estufa à 110°C de temperatura durante 24 horas. A seguir a amostra foi separada em cinco partes, que corresponde, no molde, a camada e fixado no compactador dinâmico (Figura 14b). E, com 56 pancadas de energia por camadas, seguiu o processo de compactação nos cinco pontos. De seguida o molde foi retirado, preparado e pesado (Figura 14c e 14d). Isto procedeu-se para os cinco pontos.

Para o ToutVenant foi usado 500 gramas de uma amostra total de 6000g com a humidade conhecida. As cápsulas com 500gramas para determinação do teor em água foram postas em estufa ventilada durante 24h. O procedimento de ensaio e determinação das baridades e teores em água do solo Musseque foram similares para o material da camada de base, como mostrado na Figura 14.

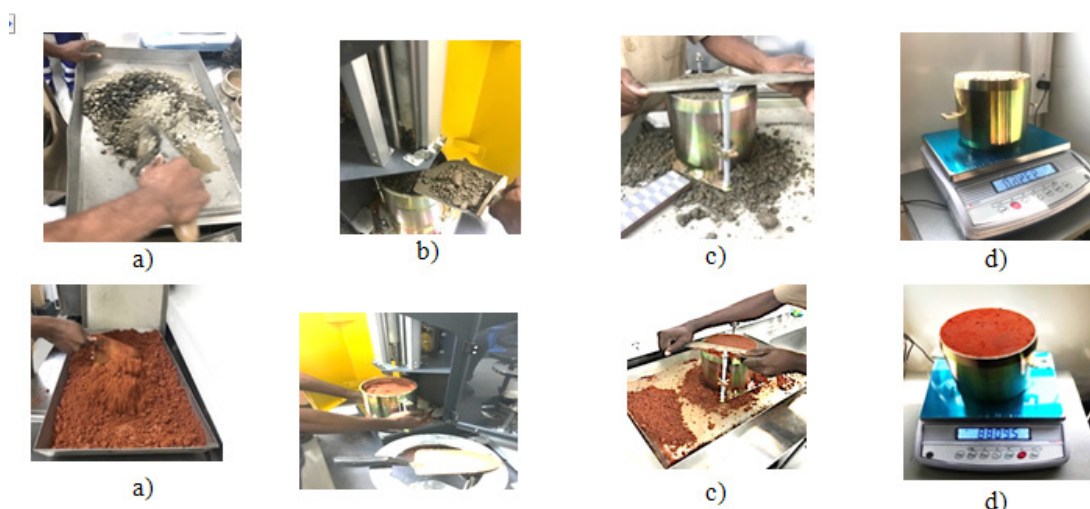


Figura 14 - Compactação Proctor do solo; a) Mistura, b) solo compactado, c) Rasoira, d) pesagem do molde com o solo compactado. Compactação Proctor do ToutVenant; a) Mistura, b) solo compactado, c) Rasoira e d) pesagem do molde com o solo compactado.

4.5 Ensaio de campo

Os ensaios de campo da estrutura do pavimento rodoviário da estrada do Branco município de Belas foram efectuados numa extensão de 500 metros, sendo que na camada de sub-base foi inicialmente através do Gamadensímetro ao longo de toda extensão, e seguiu o método da garrafa de areia e o Dynamic Cone Penetrometer (DCP) em diferentes pontos, Santos (2008) Silva (2011), Silva (2017). Assim, com Gamadensímetro a distância entre os pontos de ensaio foi de 25 metros, ordenados a esquerda, no eixo e a direita da via até ao fim da extensão total de ensaio. No pk 20, a esquerda da via, aplicou-se o Dynamic Cone Penetrometer (DCP) e no eixo o ensaio da Garrafa de Areia. O teor em água foi obtido pelo Gamadensímetro, por falta de condições para realização do ensaio da Speed.

4.5.1 Gamadensímetro

Na avaliação através deste método, inicialmente foram definidos pontos de ensaio, isto é, no eixo, a direita e a esquerda da via, num intervalo de 25 metros entre os pontos, onde transportou-se o equipamento para cada orifício de ensaio seguinte, com transmissão directa dos raios gama (com a fonte radioativa introduzida na camada) numa profundidade de 150mm (Figura 14a). A seguir, aguardou-se pelos 15 segundos de leitura e extraiu-se os dados do monitor fornecidos pelo receptor-contador (Figura 14c). Isto foi seguido até o último (pk 0+20), tendo em atenção a distância de 6 metros durante os 15 segundos de leitura, devido ao prejuízo que as radiações causam a saúde do operador e os demais indivíduos que possam estar dentro do raio de emissão (Figura 14b), Costa (1957), Ferreira (2018).

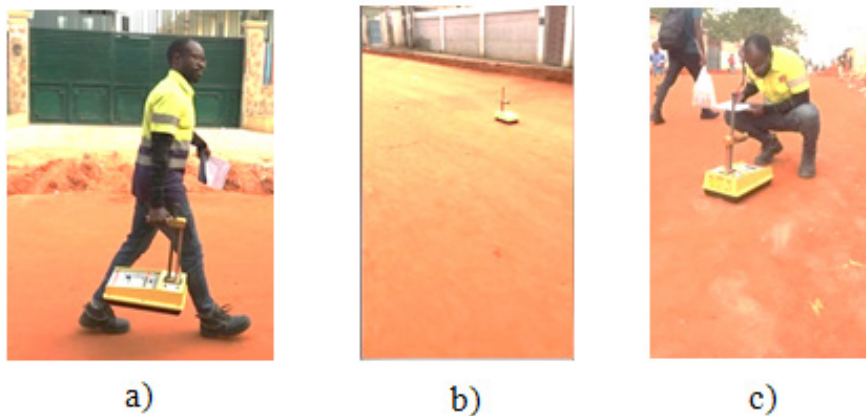


Figura 15-Ensaio de campo com Gamadensímetro na camada de sub-base; a) Transporte do Gamadensímetro, b) Ensaio, c) Leitura dos resultados.

Os procedimentos foram similares para a camada de base, diferenciando-se na profundidade do orifício de ensaio para introdução do transmissor dos raios gama, que correspondeu a 100 mm de profundidade. Após identificação do ponto de ensaio seguiu-se a preparação dos utensílios para abertura do orifício de ensaio (figura 16a), logo a seguir com o espigão e uma marreta procedeu-se a abertura na profundidade pretendida. Estando a profundidade relacionada a espessura da camada compactada, a abertura do orifício foi controlada para que não atingisse a camada abaixo (Figura 16b). Assim, seguiu-se a introdução do emissor de radiações na profundidade do orifício aberto (Figura 16c).

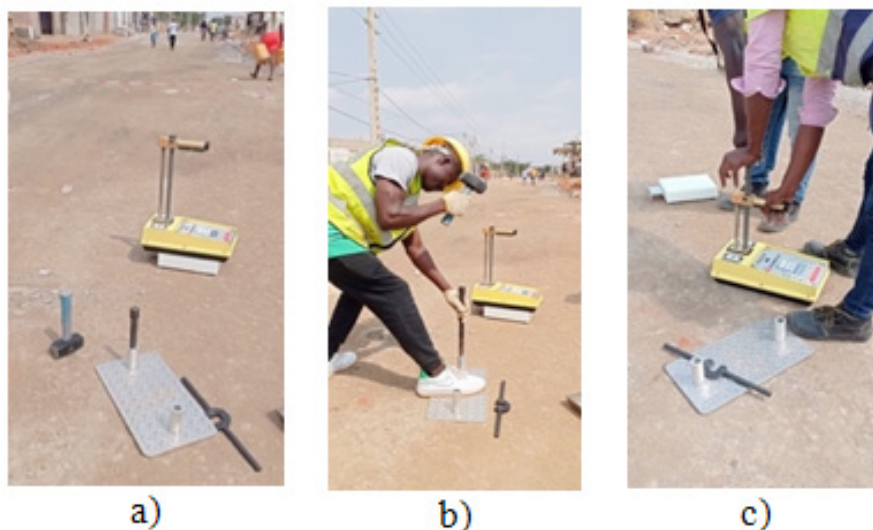


Figura 16- Ensaios de campo com Gamadensímetro na camada de base; a) Material e equipamento, b) Processo de abertura do orifício de ensaio, c) Introdução do emissor de radiações

4.5.2 Garrafa de areia.

Na camada de sub-base, o ensaio foi efectuada no ponto a esquerda da via (pk 0+20). Inicialmente abriu-se o orifício de ensaio a 150 mm de profundidade (Figura 17a), e o material húmido retirado do orifício e posto em bandeja, pesada e registada a sua massa em gramas. A garrafa com areia e o cone antes de a colocar na placa de ensaio para livremente deixar cair areia no orifício, foi pesada e registou-se a sua massa (figuras 17b). Depois da deposição da areia no orifício com o cone devidamente posicionado de formas a se evitar que saísse areia ao redor, o remanescente de areia foi também pesado e registado a sua massa em gramas (Figuras 17c, 17d, 17e). Os pontos e procedimentos de ensaio na camada de base foram similares ao Gamadensímetro, sendo, entretanto, realizados num intervalo de 40 metros de distância. A Figura 16a mostra o orifício antes do posicionamento da garrafa. A amostra de solo húmido extraído do orifício também foi pesada e registada a sua massa em gramas (Figura 17c). O remanescente de areia foi de igual modo pesado e registada a sua massa em gramas conforme a Figura 17f). O teor em água no primeiro ponto desta camada foi determinado, para além do valor do gamadensímetro, pelo método [Speedyonde](#), por aproximação de valores, assumiu-se o valor da [Garrafa Speedy](#), que resultou da mistura do carbonato de cálcio com 568 gramas do solo húmido retirado do orifício de ensaio (Figura 17a e 17b), agitando-a até atingir o limite de pressão nas paredes da garrafa.



Figura 17- Ensaios de campo com Garrafa de areia da camada de solos; a) abertura do orifício, b) pesagem antes de a colocar no orifício, c) Colocação do funil na placa, d) queda da areia, e) pesagem depois de retira-la do orifício, e) determinação do teor em água. Ensaios de campo com a Garrafa de areia da camada de ToutVenant; a) abertura do orifício de ensaio, b) pesagem da garrafa antes de a colocar no orifício, c) pesagem do material húmido, d) preenchimento do orifício com areia, e) retirada da garrafa, e) pesagem depois da garrafa depois de retirá-la do orifício de ensaio.

4.5.3 Dynamic cone penetrometer(dcp)

A avaliação da qualidade das camadas compactadas efectuada através do **Dynamic cone penetrometer(DCP)** nas camadas de sub-base foi realizado no pk 0+20, a direita da via. Inicialmente montou-se o equipamento (Figura 18a) e posicionou-se-lhe sobre a superfície da camada compactada (Figura 18b), onde se verificou a verticalidade do equipamento, com realce

para o tipo de biqueira. As primeiras pancadas serviram para encaixar a biqueira na superfície (sem registo). A seguir iniciou-se o ensaio com pancadas parciais para o primeiro ciclo de vezes, alterando o ciclo à medida que se evoluía o ensaio. Os registos das leituras foram efectuados por cada ciclo de forma parcial e acumulada. Na figura 18c se pode observar o registo das últimas vezes do ciclo de 10 pancadas e o seu registo acumulado e penetração de ensaio. Para a camada de base iniciou-se o ensaio com 10 pancadas num ciclo de 14 vezes; seguiu-se com 5 pancadas, num ciclo de 4 vezes, e por fim com 3 pancadas num ciclo de 18 vezes. Na figura 18d se pode observar o início do ensaio, onde é verificado o posicionamento do equipamento para iniciar o ensaio na camada de base (**ToutVenant**).



Figura 18- Ensaios de campo com DCP; a) montagem do equipamento, b) posicionamento, c) Registo da Leitura na camada de sub-base, d) registo de leitura na camada de base

5. Resultados

5.1 Análise Granulométrica

A camada de base é constituída por um material que contém partículas de diferentes tamanhos, desde finas (0,075) às grossas. É um bem graduado, isto é, reúne as exigências granulométricas (Fig.19), pois encontra-se dentro do fuso granulométrico para melhor definição. Ou seja, é fino sem ligante, não plásticas, atrito interno elevado, sem coesão, sem capilaridade prejudicial, sem expansão por congelamento ou por absorção de água nem fissura; tem falta de estabilidade ao suportar as cargas das rodas, mas constitui uma boa função para cargas distribuídas quando o material é submetido a energias de compactação requerida, com o teor de água óptimo, a compactação é conseguida.

O material da sub-base também é composto por diversidade de tamanho de partículas. É bem graduado (figura 20), tornando o processo de expulsão dos vazios do solo mais eficaz.

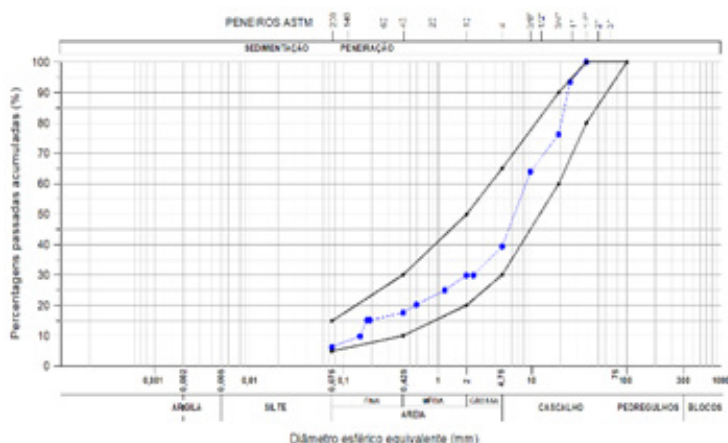


Figura 19- Fuso da Curva granulométrica do material da camada de base.

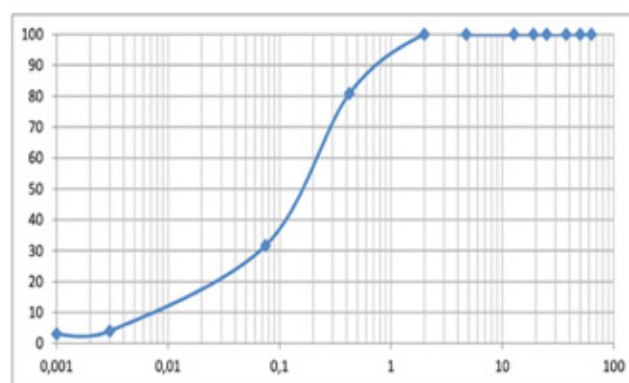


Figura 20- Curva granulométrica do material da sub-base

5.2. Compactação

A baridade seca máxima obtida em laboratório relacionada com a baridade determinada em campo “*in situ*”, permite obter o grau de compactação. Assim, dos valores traçados pela curva de compactação proctor do material da camada de base, designadamente 23.2 kN/m³ da baridade seca e 6,4% de teor em água óptimo, obteve-se o valor da baridade seca máxima a partir do ponto de inflexão da curva de compactação proctor, fazendo a corresponder o ponto no eixo das ordenadas (Peso volúmico seco) e eixo das abcissas (teor em água). Assim, vem que $W_{\text{ópt}}=6,8\%$ e $\gamma_{\text{dmáx}}=23,38\text{kN/m}^3$ como mostrado na Figura 21.

Do material da camada de sub-base obteve-se uma curva de compactação com os seguintes resultados: $W_{\text{ópt}}=6,1\%$ e $\gamma_{\text{dmáx}}=21,25\text{ kN/m}^3$. Do ponto de inflexão da curva obteve-se $\gamma_{\text{dmáx}}=21,27\text{kN/m}^3$, e $W_{\text{ópt}}=6,7\%$, como mostrado na Figura 21.

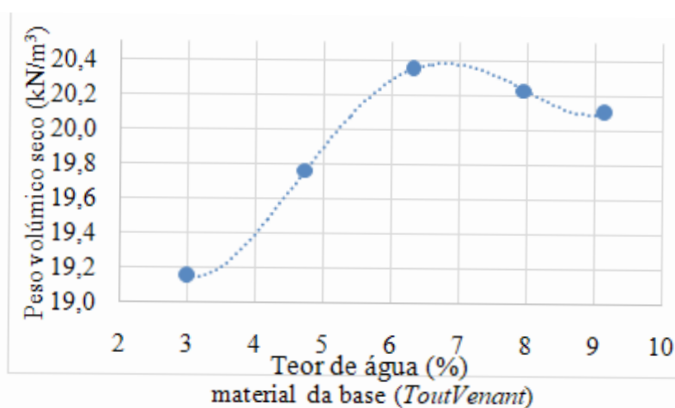


Figura 21 - Curva de compactação proctor do material da base (Tout Venant)

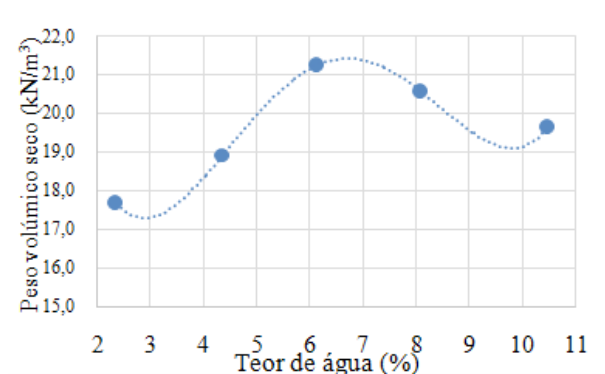


Figura 22 - Curva de compactação proctor do material da sub-base

5.3 Ensaios de campo

Os ensaios cingiram-se na aplicação do método da garrafa de areia, DCP e Gamadensímetro *in situ*.

5.3.1 Garrafa de areia

Da aplicação deste método na camada sub-base, obteve-se 95,91% de grau de compactação. Este valor indica que a baridade seca máxima obtida em campo é inferior a baridade seca obtida em laboratório, resultante da adequada combinação de factores como: teor em água, energia de compactação e composição granulométrica do material. Assim, considera-se o material como compacto, sendo que cumpre com os parâmetros geotécnicos estabelecidos pelas especificações da SATCC.

A camada de base resultou em 102,69% de grau de compactação, como resultado da média dos valores dos cinco pontos de ensaio, com diferentes valores, apresenta 2,69% de aumento em relação ao 100% pretendido. Diversos factores causam esta diferença, nomeadamente a humidade do material; o número de passagem e a velocidade do equipamento utilizado para compactar; energia de compactação; espessura da camada

e homogeneização da camada. Está mais próxima do caso em concreto o número de passadas com rolos vibratórios, pois este, quando exagerado em solos granulares influencia a compactação no surgimento do fenómeno da “supercompactação”. Isto pode ser resultado da não adequação da espessura da camada ao equipamento de compactação.

5.3.2 Gamadensímetro

Com este método obteve-se, na camada de sub-base, 96% de grau de compactação, resultante da média dos 23 pontos de ensaio, onde a baridade seca média em campo é de $\gamma_{dm}(\text{kN/m}^3) = 2042,909$, e teor em água de $W(\%) = 5,6$, em detrimento dos 6,1% determinados em laboratório. O valor obtido quando comparados com método da Garrafa de Areia regista-se um desvio de 0,9%, o que indica aproximação entre si. Do valor resultante da média dos 12 pontos de ensaio com profundidade de 100mm, obteve-se 102% de grau de compactação para a camada de base, e teor em água de 2,325 % e da baridade seca de $2374,375 \text{ Kg/m}^3$. Da comparação com o valor obtido pelo método de referência, apresenta 0,69 % de desvio. Os graus de compactação obtidos de ambos os métodos (GC garrafa de areia = 95,91% e GC gamadenímetro = 96%), indicam que a relação que se esperava dos ensaios laboratoriais e de campo foi conseguida, pois a baridade seca obtida no campo é inferior à baridade seca obtida em laboratório.

5.3.3 Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Análise da resistência a penetração das camadas de base e sub-base da estrutura do pavimento rodoviário é efectuada a partir da mudança de inclinação das rectas a medida que a profundidade aumenta, isto é, a alteração da resistência na camada é indicada pela mudança de inclinação da recta ao longo do perfil, como mostrado na Figura 22.

As alterações mais notáveis, no perfil da estrutura, observa-se entre a recta DCP 3 - DCP 4 e DCP 4 - DCP 5, onde o material correspondente a recta DCP4 é o menos resistente pela tendência a verticalidade, CBR baixos e índice DCP (DN) altos. Entretanto, entre a recta DCP 1 e DCP 2 há uma pequena mudança de inclinação que indica alteração da resistência do material devido à variação ou mudança do teor em água, baridade ou mesmo o surgimento de outro tipo de material. Apresentam valores de índices de resistências diferentes. Ambas as camadas possuem boa resistência a penetração, sendo a recta DCP 2, de maior resistência a penetração, pois apresenta baixo índice de resistências a penetração (2,04 mm/Pancadas) e mais alto valor de CBR (131%).

Assim, embora o DCP permita apenas analisar qualitativamente a estrutura do pavimento rodoviário, para a camada sub-base, apresentam índices de resistência a penetração aceitáveis para os graus de compactação apresentados. Porém não sucede o mesmo na camada de base devido a probabilidade de apresentação de falsos graus de compactação por causa do equipamento, teor de humidade e número de passagens do cilindro utilizado (Figura 24).

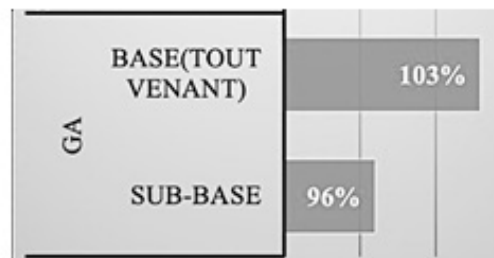
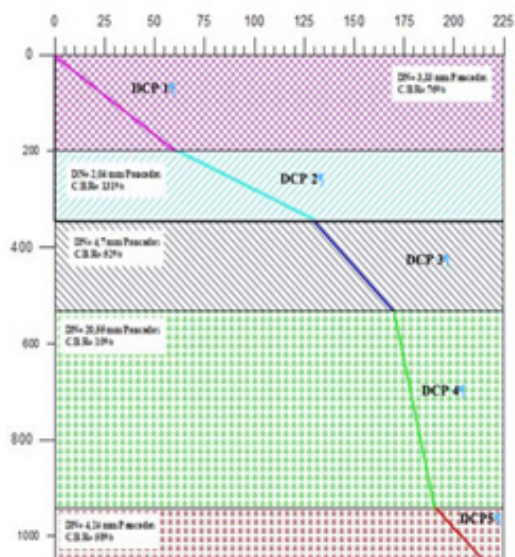


Figura 23 – Perfil da estrutura da recta DCP Figura 24– Comparação da recta DCP com a Garrafa de areia

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com base a formulação teórica do estado arte estão consentâneos ao cumprimento do objectivo geral do presente trabalho. Porém, no que se refere aos ensaios “in situ” que conduziram a produção de tais resultado, o DCP, para camada de base, foi efectuado num ponto em que, nas camadas abaixo (aterro e subleito), numa espessura de 20 cm, o solo fora estabilizado com betão hidráulico, por se identificar nível freático (sem presença da água, pois se encontra num período seco), facto que contribuiu para sua resistência a penetração (DN=4,24 mm/Pancadas). Assim, obtiveram-se as seguintes conclusões:

o Geotecnicamente, segundo a classificação AASHTO-Highway Research Bord – HRB, a camada de Base é composta por um material granular onde 35% ou menos do material passam no peneiro nº200, sem nenhuma plasticidade. Ou seja, pertence ao sub-grupo A-3, de materiais em que predomina areia fina. A camada de sub-base, pela mesma classificação, pertence ao grupo A-2 e Subgrupo A-2-4, sem percentagem considerável de índice de plasticidade, embora se tenha identificado 3% de material argiloso.

o Pelo método de avaliação da qualidade da compactação da Garrafa de Areia obteve-se, para a camada de sub-base, 95,91% do grau de compactação; e na base 102,69 %. Com o Gamadensímetro, obtiveram-se 96% do grau de compactação na sub-base e 102% na camada de base.

o O índice de resistência (DN) das camadas de Base resultou em 3,33 mm/pancadas, correspondendo 70% de CBR; na Sub-Base obteve-se um índice resistência de 2,04 mm/pancadas, que corresponde valor de CBR de 131%.

o O desvio registado do resultado obtidos pelo Gamadensímetro e da Garrafa de areia na camada de sub-base é de 0,9%, e na camada de base 0,69%.

Ambas as camadas possuem índices baixos (DN) e CBRs altos, o que significa que o material está compacto e apresenta boa resistência ao cisalhamento. Com estas características o material está qualitativamente muito próximo ao resultado de 96% do grau de compactação obtidos pelo método da Garrafa de Areia.

A comparação dos resultados do Gamadensímetro com a Garrafa de Areia resultou em desvios consideravelmente baixos nas duas camadas. Com o DCP, sendo uma análise qualitativa, não é possível notar aproximação numérica em ambas as camadas, sendo necessário fazer mais ensaios para melhor resultado. Mas, no entanto, apresenta características de resistência a penetração. Portanto, os resultados obtidos pelo Gamadensímetro aproximam-se dos obtidos pela Garrafa de Areia, não estando disparos em relação análise qualitativa do DCP.

Os resultados obtidos apresentam qualidade ou condições capazes de produzir efeitos quando a avaliação da qualidade da compactação é efectuada pelo método da Garrafa de Areia apoiado ao DCP, na medida em que o DCP fornece dados complementares à análise do grau de compactação obtidos. Isso contribui para fiabilidade dos resultados,

melhor avaliação da qualidade da compactação em ambas as camadas em obras de compactação e consequentemente oferece melhor qualidade funcional ao utente da via, proporcionando-lhe qualidade de vida.

O Gamadensímetro tem a enorme vantagem de ser rápido, mas o equipamento necessita de calibração periódica, pois a partir de certo ponto, os resultados podem não ser fiáveis. A sua calibração é um processo difícil, onde em muitos casos tem de ser feita no exterior e, pelo facto de trabalhar com pastilhas radioactivas, levanta imensos problemas no processo de envio e de retorno (por avião), exigindo um processo oneroso e que influencia no andamento da obra. Em contexto em que este processo não pode ser realizado no território entende-se não ser aplicável. No sentido inverso da análise, onde o Gamadensímetro é auxiliado pelo DCP, para além de se alcançar a qualidade da compactação que pretende, tornar-se-ia o processo de avaliação mais rápido, reduzindo a interferência no andamento da obra.

O presente estudo releva o surgimento de investigação virados aos diversos métodos de avaliação da qualidade de compactação que têm surgido depois do método da Garrafa de areia, pois os fenómenos resultantes da má compactação ou eventuais erros fortuitos só podem ser identificados e corrigidos com recurso a métodos fiáveis, tendo em conta a sua especificidade e estudos contínuos que acompanham as situações naturais de imprevisibilidade dos materiais que compõem estas camadas. O objectivo principal da compactação do ponto de vista social está relacionada ao aspecto funcional da estrada, sendo esta a componente que proporciona qualidade no tráfego e consequentemente na vida dos utentes. Para tal é absolutamente fundamental que o profissional esteja adoptado de conhecimentos que lhe permitam vencer todos os pormenores de ordem estrutural das camadas, recorrendo a equipamentos proporcionais à espessura das camadas se pretende compactar e métodos que permitem avaliar, não só o grau de compactação, mas também a resistência a penetração após compactada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cantarelli, P.A. & Defaveri, K. de. (2015). Controle da compactação do subleito da vala em travessias de vias urbanas através do emprego do cone de penetração dinâmica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Repositório institucional.Utfpr.edu.br

Capper, P.L & Cassie, W.F. (1970). A Mecânica do Solos na Engenharia (Ed.10393) Laboratório de Engenharia de Angola.

Costa, M.R.E.(1957). Considerações. Sobre a aplicação de Radioisótopos no Controle de Compactação de solos. [apresentação em papel] Primeiras Jornadas de Estradas, Luanda Angola

Fernandes, R. de. (2015). Desenvolvimento de correlação entre os ensaios dcp e cbr. Universidade de Federal de Santa Catarina. <https://repositorio.ufsc.br>

Ferreira, R. X. (2018). Utilização do Gamadensímetro no Controle da Compactação de obras rodoviárias. Universidade de Brasília

Pinto, A.T. (2015). Fundamentos da Mecânica dos Solos (1ª ED.)

Ribeiro S.P.T (2008). Terraplenagem. Metodologia e Técnicas de Compactação, Universidade do Porto.

Santos J.A. (2008). Compactação- obras Geotécnicas. Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura. • Schlogel C.V. (2015). Uso do dcp para avaliação do grau de compactação de um solo na região oeste de Curitiba- pr. Universidade tecnológica federal do paraná. www.utfpr.edu.br • Silva N.C.D (2011). Controlo da qualidade “in situ” de camadas granulares dos pavimentos rodoviários, com Gamadensímetro e o Penetrómetro de cone dinâmico. Universidade Agostinho Neto.

Silva, A.C. (2017). Modelos de Análise de Acessibilidade em SIG-Aplicação ao caso de Luanda, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Área Departamental de Engenharia Civil. www.google.com

Silva, A.P.S., Andrade, G.B.A. (2016). Analise da influência da espessura da camada nas propriedades do solo compactado. Universidade do vale do Paraíba. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e engenharia Civil. <https://biblioteca.univap.br>

Silva, E., Santos, J., Filho, H., Caetano, M., & Teixeira, O., (2019, Novembro 08-09). Efeito da Energia de Compactação para Distintas Composições Granulométricas de Solos da Cidade de Guanambi-BA. II GeoBASE – II Seminário Geotécnico Bahia/Sérgio.



MWANA PWQ EDITORA

