

AVALIAÇÃO DA MISTURA DE CHAMOTE CERÂMICO COM SOLO LATERÍTICO PARA UTILIZAÇÃO EM CAMADA DE BASE DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Natássia da Silva Sales (*), Ayrton de Sá Brandim

* Centro Universitário de Saúde, Ciências Humanas e Tecnológicas do Piauí – UNINOVAFAPÍ
natassia.sales@hotmail.com

RESUMO

No Brasil são produzidos por mês cerca de 5,3 bilhões de peças cerâmicas principalmente para a construção civil, entre telhas, blocos de vedação e estruturais, mas cerca de 159 milhões a 265 milhões de peças são descartadas mensalmente pelas indústrias por serem defeituosas. Esses resíduos são chamados de chamotes, que são um subproduto proveniente de rejeitos de material cerâmico após a queima. Buscando uma destinação correta para esses resíduos foram realizados ensaios em laboratório, sendo que os materiais utilizados foram submetidos um processo de britagem, para a caracterização física e determinação das propriedades, visando a utilização em camadas de pavimento rodoviário, possibilitando ainda a análise de desempenho e funcionalidade técnica das misturas segundo os critérios mínimos exigidos pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006). Dessa forma, as misturas que receberam 20% e 30% de chamote cerâmico se mostraram potencialmente adequadas para o uso em camadas de base mostrando-se uma alternativa totalmente viável para a aplicação em pavimentos rodoviários. Sendo assim, é possível proporcionar uma destinação para os resíduos que se acumulam nos pátios das indústrias cerâmicas reduzindo a exploração de jazidas utilizadas para execução de camadas de base de pavimentos rodoviários.

PALAVRAS-CHAVE: Chamote Cerâmico, Solo Laterítico, Pavimento Rodoviário.

ABSTRACT

In Brazil, about 5.3 billion ceramic pieces are produced per month, mainly for construction, including tiles, building blocks and structural elements, but around 159 million to 265 million pieces are discarded monthly by industries because they are defective. These residues are called shingles, which are a byproduct of waste from ceramic material after burning. Finding a correct destination for these residues, laboratory tests were performed, and the materials used were subjected to a crushing process, for the physical characterization and determination of the properties, aiming at the use in layers of road pavement, also allowing the analysis of performance and technical functionality of the mixtures according to the minimum criteria required by the DNIT Paving Manual (2006). Thus, mixtures that received 20% and 30% of ceramic tiles were potentially suitable for use in the base layers, the mixture, showing a totally viable alternative. Thus, it is possible to provide a destination for the residues that accumulate in the courtyards of the ceramic industries and, in addition, to reduce the exploitation of deposits used for the execution of base layers of road pavements.

KEY WORDS: Ceramic Chamotte, Lateritic Soil, Road Pavement.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da construção civil nos últimos anos fez crescer a demanda de materiais cerâmicos incrementando a indústria do setor. No Brasil são produzidos por mês cerca de 5,3 bilhões de peças entre telhas, blocos de vedação e estruturais oriundas de 9071 empresas do setor. Estima-se que as perdas em produtos acabados se situam na faixa de 3% a 5%, o que representa de 159 milhões a 265 milhões de peças descartadas mensalmente (GARCIA et al, 2015).

As indústrias cerâmicas geram resíduos oriundos da atividade, principalmente chamotes, que são resíduos queimados oriundos do próprio processo de fabricação, um subproduto proveniente de rejeitos de material cerâmico após a queima (DIAS et al, 2016).

A destinação desses resíduos vem se mostrando um problema para as indústrias cerâmicas visto a lei nº12.305/2010, que regulamenta o assunto, não permite o descarte inadequado dos resíduos cerâmicos.

Em um cenário de desenvolvimento econômico as construções de rodovias tornam-se essenciais para, entre outros motivos, o escoamento da produção das indústrias e também de pessoas. Contudo, para a pavimentação de rodovias é necessária a construção de diversas camadas, as quais, por sua vez, necessitam de agregados para sua execução. Os agregados são oriundos de jazidas que devem ser exploradas para fornecer material suficiente para toda a extensão das vias, ficando na contramão do apelo ambiental atual de exploração mínima do meio ambiente.

Diante desse cenário, pode-se atuar agregando as duas necessidades: a destinação dos resíduos cerâmicos queimados e uma menor exploração de jazidas para destinação rodoviária. Desta forma, os resíduos oriundos das indústrias cerâmicas, após processo de britagem, substituiriam parte dos agregados retirados das jazidas.

OBJETIVO

O objetivo desse estudo é verificar a viabilidade técnica da utilização do chamote britado associado ao solo laterítico em camada de base de pavimentos definindo a porcentagem mais adequada da mistura solo-chamote através de ensaios tradicionalmente utilizados no meio rodoviário.

METODOLOGIA

Para realização do estudo foi coletado solo laterítico em jazida localizada na comunidade Taboca do Pau Ferrado, pertencente a zona rural da cidade de Teresina - PI, sendo a mesma jazida utilizada pelas obras de duplicação da BR-343, próxima da capital do estado do Piauí. Os resíduos cerâmicos foram recolhidos em uma indústria cerâmica localizada na cidade de União - PI e transportados até uma mineradora localizada em Teresina - PI, onde foram triturados em britador de mandíbulas Faço modelo 40 x 60. Para a análise foram definidas três proporções de mistura, a saber: 20% de chamote e 80% de solo, 30% de chamote e 70% de solo e 40% de chamote e 60% de solo e também foi ensaiado o solo puro para ser utilizado como parâmetro.

Os ensaios realizados em laboratório para a caracterização física e determinação das propriedades dos materiais utilizados para as camadas seguiram o que determina o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), possibilitando a análise de desempenho e funcionalidade das misturas.

Os ensaios realizados foram:

- Granulometria (NBR 7181/2016)
- Limite de Liquidez (NBR 6459/2016)
- Limite de Plasticidade (NBR 7180/2016)
- Equivalente de Areia (NBR 12052/1992)
- Compactação (NBR 6457/2016)
- Índice de Suporte Califórnia (NBR 9895/2016)

RESULTADOS

- Análise Granulométrica, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

O ensaio de granulometria seguiu a NBR 7181/2016, a qual tem como finalidade caracterizar o solo laterítico que vem sendo utilizado para execução das camadas de base da obra de duplicação da BR-343 em Teresina - PI e, além disso, analisar esse mesmo material quando acrescidas as proporções de 20%, 30% e 40% de chamote britado.

- Solo laterítico puro

A figura 1 apresenta as curvas em azul os limites granulométricos máximos e mínimos definidos pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) para que o solo possa ser usado em camadas de base. Não obstante, em vermelho apresenta a curva granulométrica do solo puro, demonstrando que o material se enquadra no que determina o manual.

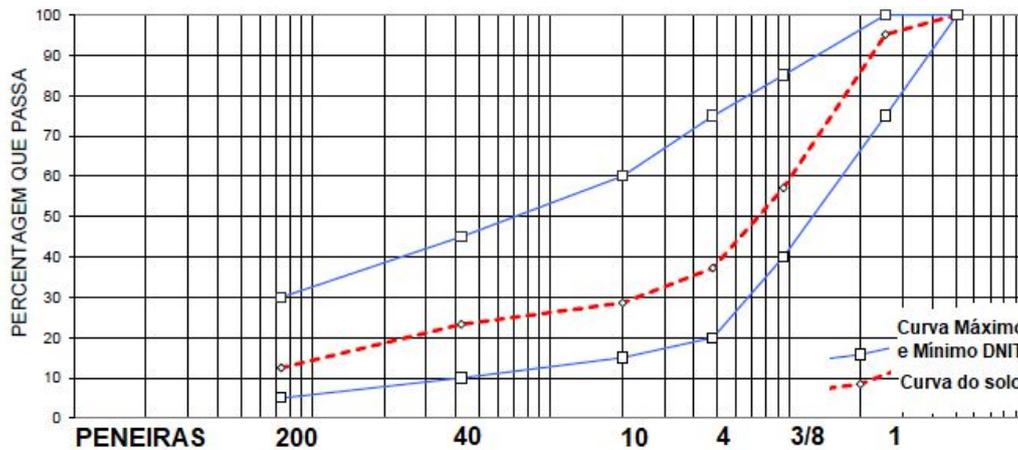


Figura 1: Ensaio de granulometria do solo laterítico puro. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir da figura e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB), tradicionalmente utilizada no meio rodoviário, trata-se de um material A-1-a, onde predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez segundo a NBR 6459/2016 e durante o ensaio de Limite de Plasticidade utilizando a NBR 7180/2016 o solo apresentou-se não líquido e não plástico

- Mistura de 80% de solo laterítico e 20% de chamote britado

A figura 2 apresenta em vermelho a curva granulométrica da mistura composta em peso de 80% de solo laterítico e 20% de chamote cerâmico britado. Nota-se que o solo junto ao resíduo cerâmico permaneceu dentro da faixa aceitável definida pelo DNIT, já que se encontra entre as curvas em azul de máximos e mínimos.

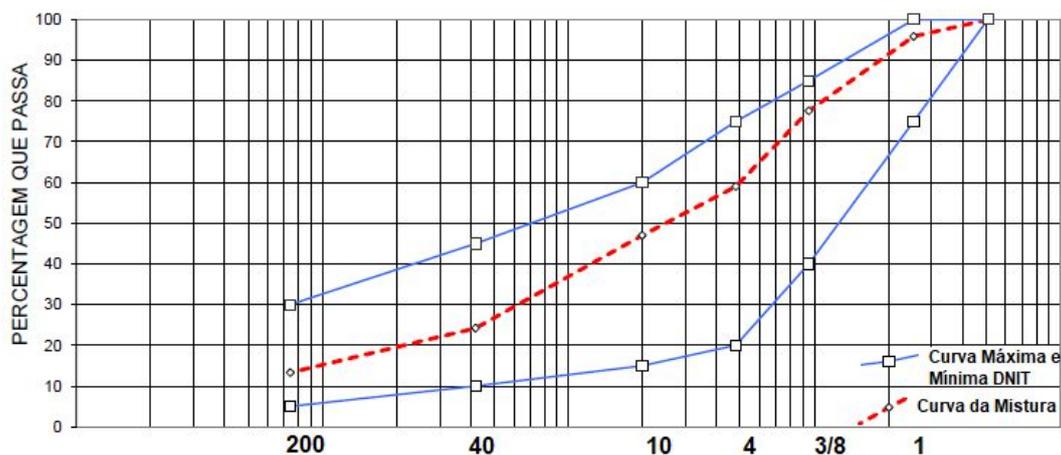


Figura 2: Ensaio de granulometria da mistura 80% de solo e 20% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir da figura, e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB), a amostra com resíduo permaneceu classificada em A-1-a, onde predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade a mistura também se apresentou nos estados não líquida e não plástica.

- Mistura de 70% de solo laterítico e 30% de chamote britado

A figura 3 apresenta em vermelho a curva granulométrica da mistura composta em peso de 70% de solo laterítico e 30% de chamote cerâmico britado. Nota-se que o solo junto ao resíduo cerâmico permaneceu dentro da faixa aceitável definida pelo DNIT, entre as curvas em azul de máximos e mínimos.

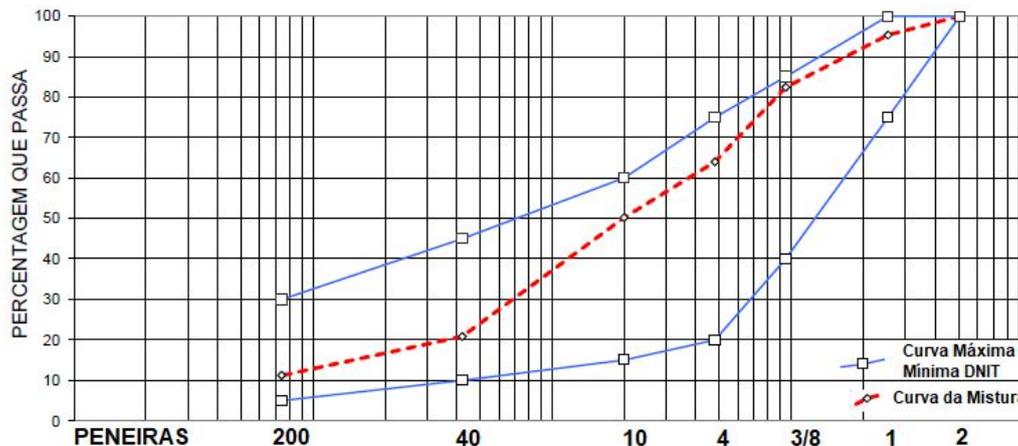


Figura 3: Ensaio de granulometria da mistura 70% de solo e 30% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir da figura, e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB), a amostra com 30% de resíduo passou a ser classificada em A-1-b, onde ainda predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, a mistura, nessa proporção, também se apresentou não líqüida e não plástica.

- Mistura de 60% de solo laterítico e 40% de chamote britado

A figura 4 apresenta em vermelho a curva granulométrica da mistura composta em peso de 60% de solo laterítico e 40% de chamote cerâmico britado. Nota-se que o solo com o resíduo cerâmico se aproximou da curva granulométrica máxima permitida, mas permaneceu dentro da faixa aceitável definida pelo DNIT, entre as curvas em azul de máximos e mínimos.

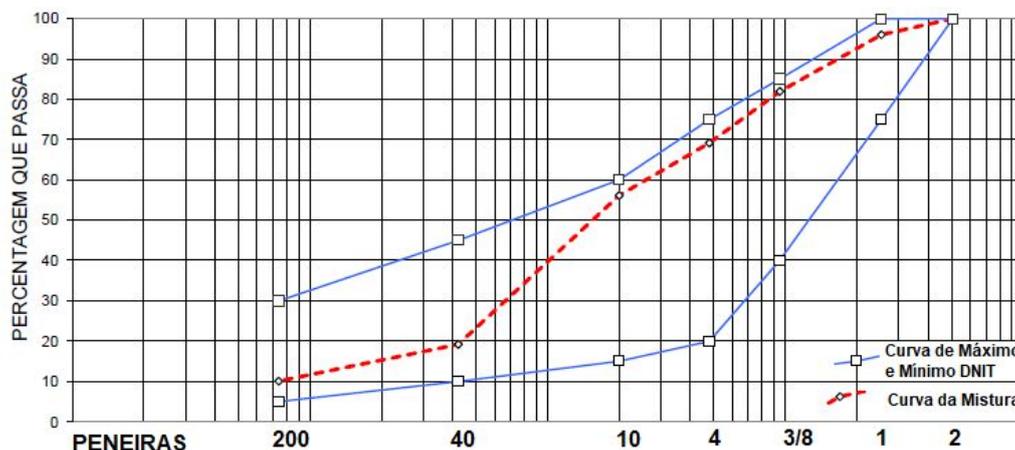


Figura 4: Ensaio de granulometria da mistura 60% de solo e 40% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir da figura 4 e de acordo com a classificação da Highway Research Board (HRB) após receber 40% de resíduo o material passou a ser classificado em A-1-b, onde ainda predominam pedra britada e pedregulho e areia, tendo um comportamento geral de excelente a bom para a pavimentação.

Durante o ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade a mistura nessa proporção também se apresentou não líqüida e não plástica.

- Ensaio do Equivalente de Areia

O ensaio do Equivalente de Areia corresponde, segundo Norma do NBR 12052/1992, a relação volumétrica que corresponde à razão entre a altura do nível superior da areia e a altura do nível superior da suspensão argilosa de uma determinada quantidade de solo ou de agregado miúdo, numa proveta, em condições estabelecidas pelo método.

É um ensaio que determina a quantidade de impurezas e finos em determinada mistura de agregado, ou seja, quanto maior o equivalente de areia, menor a quantidade de finos e impurezas na amostra. Na tabela 1 tem-se os resultados do ensaio para o solo puro e para as misturas com chamote cerâmico.

Tabela 1. Resultados do Ensaio do Equivalente de Areia. Fonte: Autor do Trabalho.

Material	Equivalente de Areia (%)
Solo Puro	30,50
80% solo e 20% chamote	44,20
70% solo e 30% chamote	49,10
60% solo e 40% chamote	65,10

A partir da análise dos resultados se observa que o acréscimo de chamote cerâmico fez aumentar a percentagem do equivalente de areia, diminuindo a quantidade de finos e impurezas da amostra, aumentando a qualidade do material

➤ Ensaio de Compactação

O ensaio de compactação utilizado foi o Proctor modificado, conforme determina o Manual de Pavimentação do DNIT (2006) e seguindo a NBR 6457/2016. A Tabela 2 a seguir mostra os resultados obtidos durante o ensaio e as figuras 5, 6, 7 e 8 as curvas obtidas com os ensaios.

Tabela 2. Resultados do Ensaio de Compactação. Fonte: Autor do Trabalho.

Material	Umidade Ótima (%)	Peso específico aparente seco (kgf/cm ³)
Solo Puro	7,3	2,334
80% solo e 20% chamote	10,8	2,113
70% solo e 30% chamote	10,4	2,059
60% solo e 40% chamote	13,8	1,945

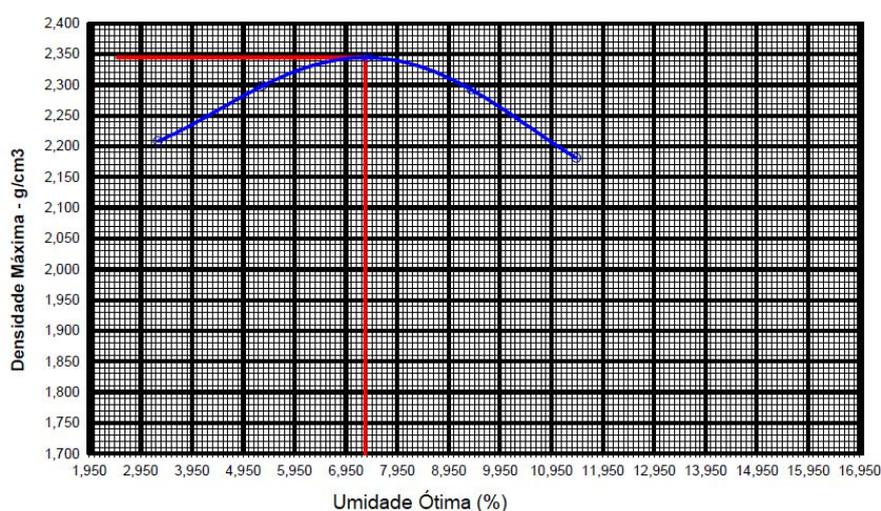


Figura 5: Ensaio de compactação do solo laterítico puro. Fonte: Autor do Trabalho.

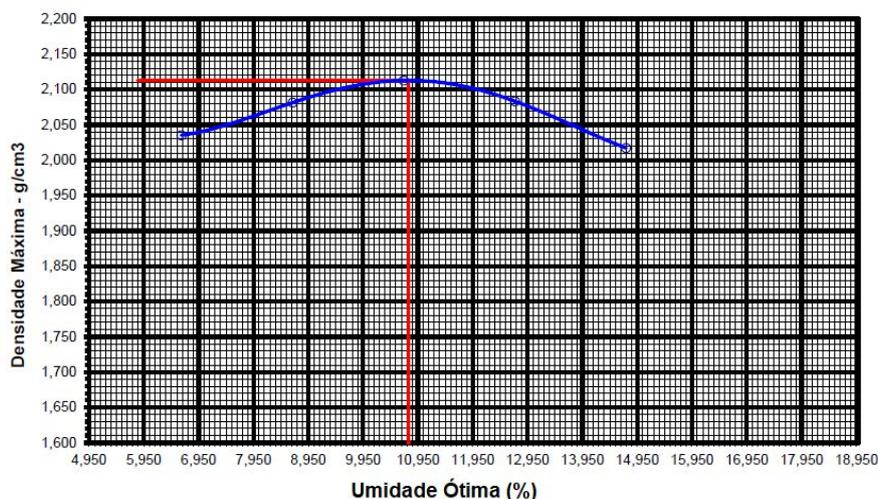


Figura 6: Ensaio de compactação da mistura 80% de solo e 20% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

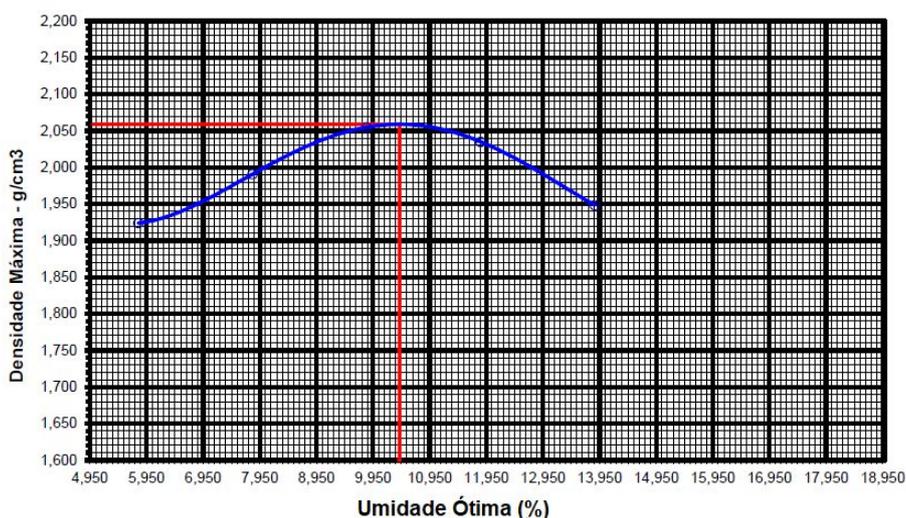


Figura 7: Ensaio de compactação da mistura 70% de solo e 30% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

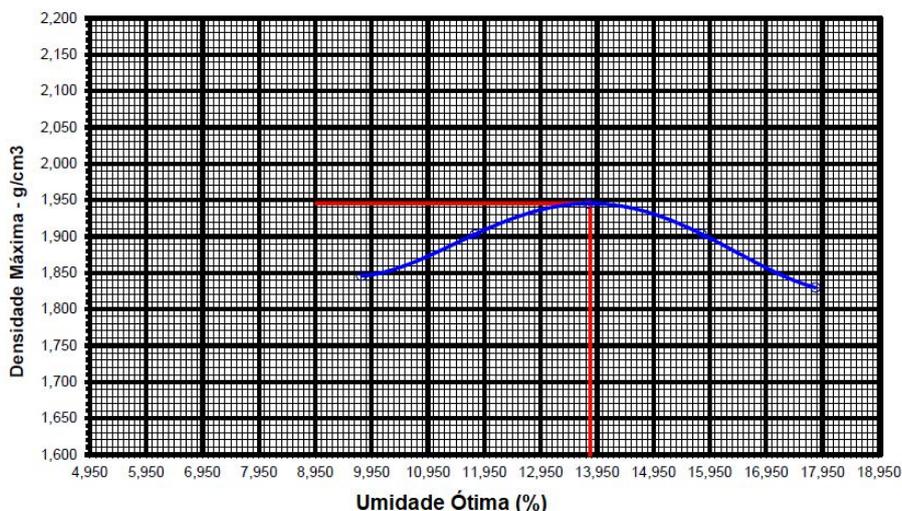


Figura 8: Ensaio de compactação da mistura 60% de solo e 40% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

Pela análise dos gráficos é possível observar que o acréscimo dos resíduos no solo influencia na umidade ótima apresentada pelo material, aumentando em até 89% dependendo da quantidade de chamote associado a mistura. Já a

diminuição do valor do peso específico aparente seco é justificada pelo poder de retenção de líquidos que os resíduos cerâmicos possuem. A influência do aumento da umidade na resistência do material será observada no Ensaio de Índice de Suporte Califórnia.

➤ Ensaio do Índice de Suporte Califórnia

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC) foi realizado segundo a NBR 9895/2016 e foi feito para solo puro e para as misturas contendo 20%, 30% e 40% de chamote cerâmico. A Tabela 3 a seguir mostra os resultados obtidos durante o ensaio para o índice ISC e a expansão medida. As figuras 9, 10, 11 e 12 mostram as curvas obtidas com os ensaios.

Tabela 3. Resultados do Índice de Suporte Califórnia e Expansão. Fonte: Autor do Trabalho.

Material	ISC (%)	Expansão (%)
Solo Puro	89,00	0,00
80% solo e 20% chamote	88,00	0,00
70% solo e 30% chamote	83,00	0,00
60% solo e 40% chamote	54,00	0,00

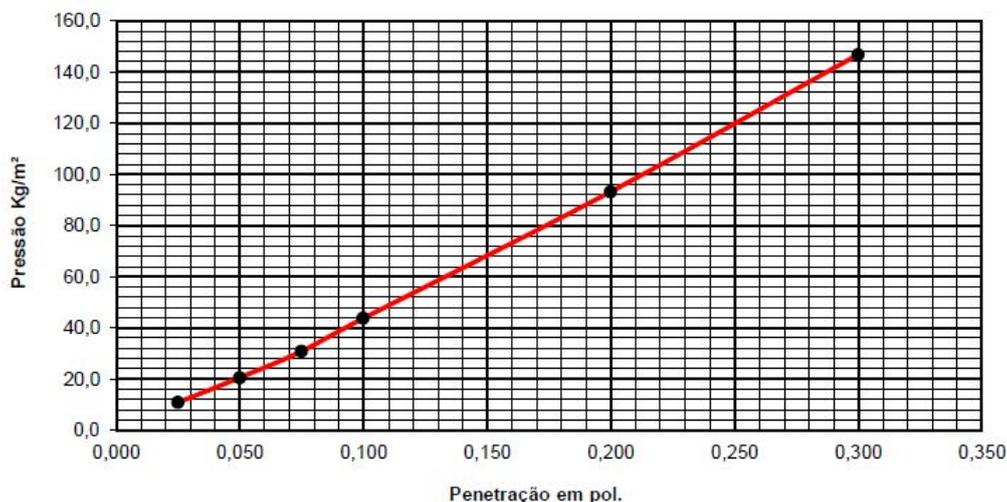


Figura 9: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia do solo laterítico puro. Fonte: Autor do Trabalho.

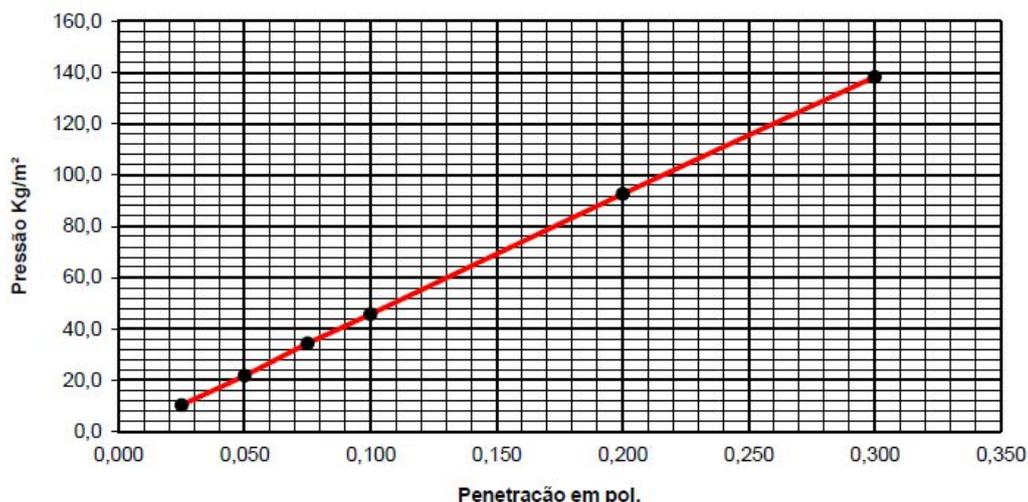


Figura 10: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia da mistura 80% de solo e 20% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

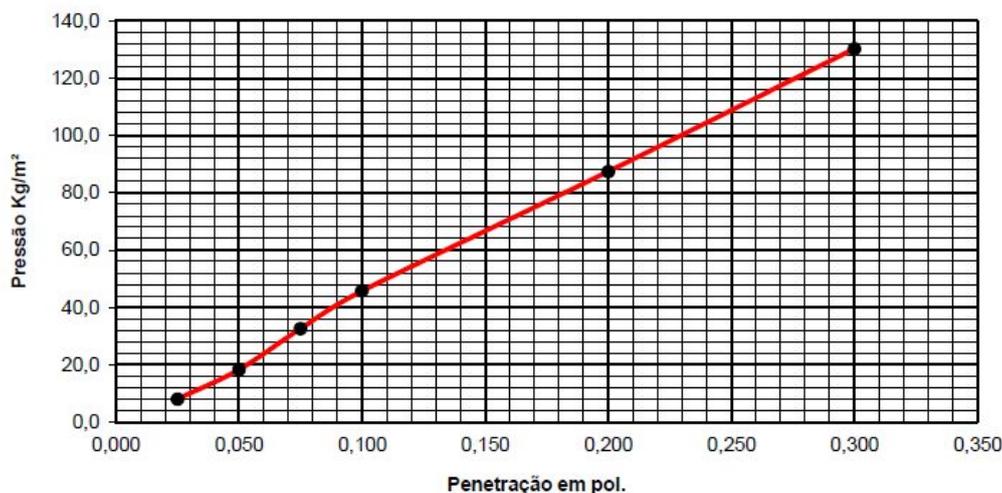


Figura 11: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia da mistura 70% de solo e 30% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

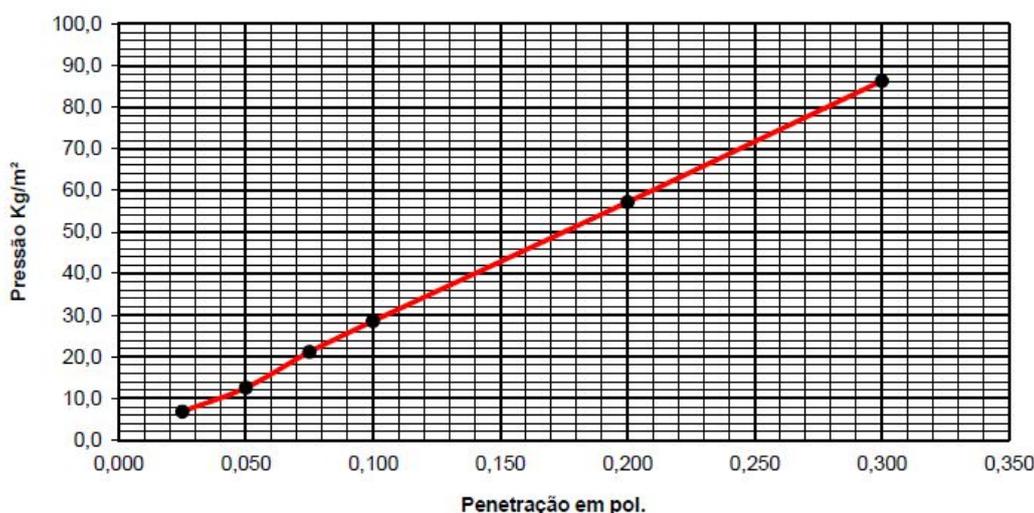


Figura 12: Ensaio do Índice de Suporte Califórnia da mistura 60% de solo e 40% de chamote. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir da análise dos gráficos das figuras é possível observar que o acréscimo dos resíduos no solo influencia na resistência a penetração do material diminuindo em até 39. A diminuição do valor do ISC nas duas primeiras misturas não compromete o seu uso em camadas de base do pavimento pois permaneceram com valores acima de 80%. O valor da expansão, por sua vez, não obteve mudança, o que comprova ser um material estável na presença de água, o que pode ser explicado pelo fato do chamote ser um resíduo cerâmico gerado após a queima, ocasião em que o procedimento muda as propriedades da argila e a faz se tornar estável.

CONCLUSÕES

O aumento da utilização de materiais alternativos, como subprodutos industriais na construção de pavimentos, vem ganhando grande atenção dos setores acadêmicos, industriais e apresentando um bom desempenho estrutural, potencial economia e redução de emissões de gases de efeito estufa em várias fases da vida útil do pavimento (JAMSHIDI et al, 2017).

Um exemplo de material alternativo é o chamote cerâmico associado ao solo laterítico e as análises feitas permitiram aferir positivamente sobre a mistura, pois de acordo com as normas específicas do Manual de Pavimentação do DNIT (2006), para um solo ser utilizado como base estabilizada deverá apresentar limite de liquidez máximo de 25% e índice de plasticidade máximo de 6%, equivalente de areia maior que 30%. Além disso, deve apresentar o Índice de Suporte

Califórnia maior ou igual a 80%, expansão máxima deverá ser 0,5% e a granulometria deverá estar enquadrada em uma das faixas das especificações, entre máxima e mínima.

Dessa forma, as misturas que receberam 20% e 30% de chamote cerâmico se mostraram potencialmente adequadas para o uso em camadas de base, mostrando-se uma alternativa totalmente viável. Ressaltando que existem grandes quantidades de resíduos prontos para serem exploradas nos pátios das indústrias cerâmicas e o uso do chamote evitaria impactos ambientais negativos, pois traria um novo material aparentemente sem uso e reduziria a exploração de jazidas para fornecimento de materiais para execução de base de pavimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1992) **NBR 12052/1992 – Solo ou agregado miúdo – Determinação de Equivalente de Areia**. Rio de Janeiro, RJ
2. _____ (2016) **NBR 6459/2016 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, RJ.
3. _____ (2016) **NBR 6457/2016 – Amostra de Solo - Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização**. Rio de Janeiro, RJ.
4. _____ (2016) **NBR 7180/2016 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, RJ.
5. _____ (2016) **NBR 7181/2016 – Análise granulométrica para solos, com determinação de diâmetro correspondente a cada fração de material**. Rio de Janeiro, RJ
6. _____ (2016) **NBR 9895/2016 – Solo – Índice de Suporte Califórnia – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, RJ
7. BRASIL. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicada no D.O.U. em 03/08/2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em 23 de março de 2017.
8. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT (2006) **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, RJ.
9. DIAS, L. L.; MENEGAZZO, A. P. M.; QUINTEIRO, E.; SERAFIM, M. A. **Desenvolvimento de um novo produto cerâmico para pavimentação de passeios e áreas públicas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, V. 16, n. 4, p. 155-165, out./dez. 2016.
10. GARCIA, E.; CABRAL JUNIOR, M.; QUARCIONI, V. A.; CHOTOLI, F. F. **Avaliação da atividade pozolânica dos resíduos de cerâmica vermelha produzidos nos principais polos ceramistas do Estado de S. Paulo**. Cerâmica V.61, n.358, 2015.
11. JAMSHIDI, A.; KURUMISAWA, K.; TOYOHARU, N.; JIZE, M.; WHITE, G.; **Performance of pavements incorporating industrial by products: A state-of-the-art study**. Journal of Cleaner Production. n.164, p. 367-388, 2017.