

# **ESTUDO DE DOIS SOLOS DO ACRE PARA A PRODUÇÃO DE AGREGADOS DE ARGILA CALCINADA E MISTURAS PARA BASES EM PAVIMENTAÇÃO**

**Victor Hugo Rodrigues Barbosa**  
**Maria Esther Soares Marques**  
**Antônio Carlos Rodrigues Guimarães**  
**Virlene Leite Silveira**  
Instituto Militar de Engenharia

## **RESUMO**

O artigo apresenta estudos realizados para avaliar a viabilidade da utilização de dois solos oriundos do estado do Acre visando seu emprego em bases de solo-agregado. O primeiro como matéria-prima na fabricação de agregados artificiais de argila calcinada e o segundo se trata de um solo laterítico para completar a mistura. Considerando o alto custo dos agregados britados nessa região, decorrente de extensas áreas sem ocorrências de jazidas, combinada com solos que não possuem pedogênese ideal para aplicação direta em camadas de pavimentos, torna-se imperativo o uso de alternativas tecnológicas que aproveitem os recursos locais e reduzam os custos na construção de rodovias. Os resultados indicaram que o primeiro solo apresenta características físicas, químicas e mineralógicas compatíveis com a produção de agregados calcinados adequados para o uso proposto. A Laterita utilizada apresentou resultados satisfatórios para pavimentação segundo os critérios Resiliente e MCT. A mistura solo-agregado a partir dos agregados calcinados permitiu efetuar a correção granulométrica e adequar a mistura à norma vigente para bases granulares.

## **ABSTRACT**

The paper presents studies to evaluate the feasibility of the use of two soils from the state of Acre, aiming at their use in soil-aggregate bases. The first is as raw material in the manufacture of artificial aggregates of calcined clay and the second is a lateritic soil to complete the mixture. Considering the high cost of crushed aggregates in this region, due to extensive areas without deposits, combined with soils that do not have ideal pedogenesis for direct application in layers of pavements, it is imperative to use technological alternatives that take advantage of local resources and reduce the costs of road construction. The results indicated that the first soil presents physical, chemical and mineralogical characteristics compatible with the production of calcined aggregates suitable for the proposed use. The Laterite used presented satisfactory results for paving according to Resilient and MCT criteria. The soil-aggregate mixture from the calcined aggregates allowed to perform the granulometric correction and to adapt the mixture to the current norm for granular bases.

## **1. INTRODUÇÃO**

Desde o início das obras de implantação de estradas no estado do Acre, o meio técnico ligado à área rodoviária vem enfrentando diversas dificuldades de ordem geotécnica. Caracterizado por uma bacia sedimentar com um horizonte espesso de material fino em quase toda sua superfície, o estado possui uma grande variedade de solos, dos quais grande parte não apresenta pedogênese adequada para emprego direto em camadas de pavimentos (ACRE, 2010).

Um dos fatores que dificultam a implantação de obras rodoviárias no Acre é a presença de solos conhecidos localmente como tabatinga, cuja ocorrência é mais intensa na região central do estado, tornando-se praticamente inviável sua remoção ao longo do leito estradal. Trata-se de um solo silto-argiloso de origem sedimentar e coloração esbranquiçada, apresentando consistência muito plástica e elevada expansão quando em contato com a água.

Os estudos conduzidos por Guimarães (2010) evidenciam a baixa capacidade de suporte desse material em pavimentos, onde ensaios triaxiais dinâmicos mostram que a tabatinga se deforma rapidamente quando saturada por capilaridade, situação na prática facilmente atingida em solos da Amazônia. A Figura 01 apresenta um trecho da rodovia BR-364 – único eixo de

ligação Leste-Oeste do estado –, durante o período chuvoso em trecho totalmente deteriorado.

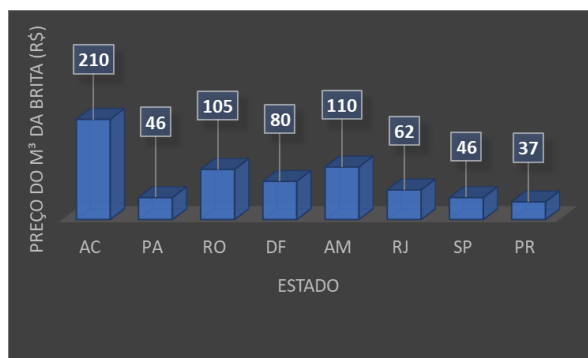


**Figura 1:** Dificuldade de tráfego na BR-364.

A procura por material tecnicamente conveniente que substituísse a rocha como material de construção resultou na descoberta e exploração de jazidas de solos lateríticos concrecionados (lateritas ou piçarras) a partir dos anos 80, cujo material passou a constituir-se em uma alternativa comumente empregada para compor camadas granulares de pavimentos no Acre, especialmente pelo bom desempenho obtido na prática (Acre, 2010). Contudo, esse tipo de solo não é considerado abundante na natureza local, com ocorrências bastante esparsas nos pontos mais elevados do relevo da região (Seixas, 1997).

Outra peculiaridade reside na alta variabilidade entre as características físicas das diferentes jazidas de lateritas no Acre, não atendendo a diversos critérios de aceitação de materiais relativos à granulometria, índice de plasticidade e CBR da Norma DNIT 098/2007 – ES, a qual preserva critérios tradicionais de seleção de solos. Tal fato resulta em dificuldades contratuais, o que, via de regra, é solucionado através da estabilização física ou química desse material, encarecendo a obra (Guimarães et al., 2006).

O Acre é o único estado do Brasil que não explora a chamada pedra britada, cuja utilização é recorrente em bases granulares de pavimentos, seja mediante brita graduada simples (BGS) ou em misturas solo-agregado. A alternativa utilizada é a importação de agregados pétreos de estados vizinhos, gerando elevados custos de transporte e dificultando a viabilização de diversas obras (Guimarães, 2009). Como consequência, possui a brita mais cara do Brasil, conforme pode ser constatado no comparativo da Figura 02 por meio dos índices da Construção Civil – SINAPI (CAIXA, 2018).



**Figura 2:** Comparativo do preço da brita.

Diante desse cenário geotécnico desfavorável, a produção de agregados alternativos a partir de recursos locais é uma alternativa com grande potencial para a região. Além disso, o aproveitamento de solos de larga ocorrência, não utilizáveis em pavimentos, pode ser útil como matéria-prima para a fabricação de agregados de argila calcinada.

## 2. AGREGADOS ARTIFICIAS DE ARGILA CALCINADA

De maneira geral, agregados artificiais ou sintéticos de argila são produtos cerâmicos fabricados ou reutilizados com o objetivo de substituir ou aperfeiçoar o uso de agregados naturais.

Os agregados artificiais de argila podem ser definidos como aqueles provenientes da transformação de um solo argiloso, previamente processado, em um material inerte e com resistência mecânica satisfatória a uma determinada finalidade. O produto final depende fundamentalmente da temperatura de queima, da matéria-prima utilizada e do processo de conformação da massa cerâmica (Nascimento, 2005).

Os agregados artificiais de argila também podem ser provenientes de resíduos da indústria cerâmica, tais como telhas ou tijolos. Contudo, tais agregados reciclados geralmente apresentam características físicas muito diferentes dos agregados manufaturados, uma vez que no processo inicial de fabricação a que foram submetidos não havia a preocupação em atender as características necessárias a um agregado para uso em engenharia.

Os agregados obtidos a partir da queima da argila podem ser classificados como expandidos ou calcinados (Fig. 3). A argila expandida é produzida a partir de matérias-primas específicas, as quais apresentam um inchamento pirolástico a temperaturas elevadas (cerca de 1100 °C), sendo sua produção operacionalizada por meio de grandes fornos rotativos. A argila calcinada, por outro lado, não apresenta essa expansão e é queimada a temperaturas mais baixas, a partir de 760°C. Disso decorre que a argila calcinada pode ser produzida com mais facilidade em unidades cerâmicas convencionais, além de dispor de uma maior variabilidade de matérias-primas para sua produção, reduzindo custos.

Os agregados produzidos, uma vez que atendam aos critérios de ensaios para uso em bases de pavimentos (Norma DNER-ES 227/89), podem ser utilizados em substituição à pedra britada, reduzindo o custo da estabilização de solos com distribuição granulométrica deficiente, o que já se mostrou tecnicamente viável nas pesquisas de Nascimento (2005), onde foram empregados solos provenientes da indústria cerâmica de tijolos, e também em Barbosa (2017), onde empregou-se um solo de elevada atividade conhecido localmente como tabatinga. Os agregados produzidos em ambos os trabalhos são apresentados na Figura 03.



**Figura 3:** (a) Agregados calcinados em Nascimento (2005); (b) Barbosa (2017).

### 3. MATÉRIA PRIMA UTILIZADA

O solo argiloso empregado neste trabalho foi coletado no entorno de Rio Branco, no estado do Acre. O aspecto tátil-visual do material demonstrou alta plasticidade, textura fina e aspecto mosqueado – tonalidades diferentes – com fundo cinza e manchas vermelhas, o que está relacionado à variação do lençol freático e redução de ferro, conforme a Figura 4. Solos com esse aspecto ou similares são identificados regionalmente como tabatinga, cuja escolha para essa investigação se baseou no fato de suas características se assemelharem a grande parte dos solos acreanos.



**Figura 4:** Local da ocorrência no entorno de Rio Branco e aspecto da matéria-prima (tabatinga) coletada.

A denominação tabatinga é associada a alguns solos com características mecânicas peculiares bem conhecidas na prática rodoviária regional do Acre, especialmente ao longo da rodovia BR-364, com extensas ocorrências territoriais, especialmente na porção central do estado, cuja presença é apontada como um dos fatores responsáveis por diversas falhas estruturais em pavimentos construídos no estado. Não obstante, suas características físicas, químicas e mineralógicas são negligenciadas para fins geotécnicos, uma vez que as principais pesquisas sobre esse material no estado são voltadas para o setor primário da economia, tais como extrativismo vegetal, agricultura ou pecuária.

No tocante à utilização desse solo na indústria cerâmica acreana, seu uso muitas vezes é preterido por solos menos plásticos ou mediante misturas, tendo como consequência materiais cerâmicos de menor qualidade. Um dos motivos é que o produto final – tijolos em sua grande parte –, possui exigências técnicas diferenciadas e muitas vezes mais brandas do que agregados para uso em pavimentação. Dessa forma, não tendo que atender a características específicas para agregados calcinados, a seleção de solos nessa indústria acaba baseando-se nas características físicas de materiais que garantam o atendimento aos critérios mínimos exigidos e uma maior produtividade.

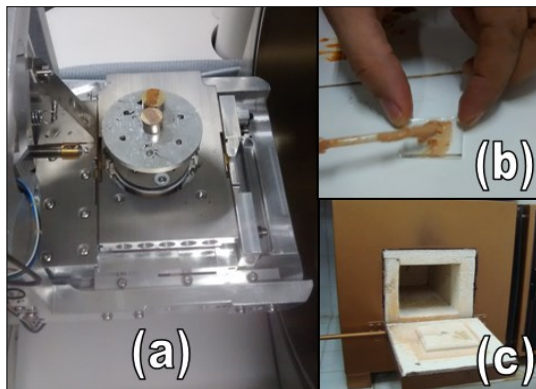
### 4. PRODUÇÃO DOS AGREGADOS CALCINADOS

Como etapa de caracterização preliminar do solo para emprego em agregados calcinados, conforme metodologia desenvolvida no Instituto Militar de Engenharia (IME) disponível em Cabral (2005), foi realizada no laboratório de solos dessa mesma instituição a caracterização física do solo através dos ensaios de granulometria (NBR 7181, 1984), Limites de Atterberg (NBR 6459/7180, 1984), e Massa específica real dos grãos (DNER, 1994).

Como etapa da caracterização química da tabatinga, uma amostra foi analisada no Laboratório de Microscopia do Departamento de Ciência dos Materiais do IME/RJ, sendo observada no

microscópio eletrônico de varredura (MEV) e, simultaneamente, foi analisada segundo o método da espectrometria de energia dispersiva de raios X (EDS).

A análise mineralógica foi realizada no Laboratório de Pedologia e Mineralogia das argilas, pertencente ao Departamento de Geologia da UFRJ. A correta identificação dos argilominerais através do ensaio de DRX foi possível após uma série de etapas segundo o método sugerido por Jackson (1975), que consistiu basicamente em: obtenção da fração argila por sedimentação, retirada do ferro livre através do CBD e preparação das lâminas orientadas nas condições natural, glicolada e aquecida a 500 °C, conforme Figura 05.

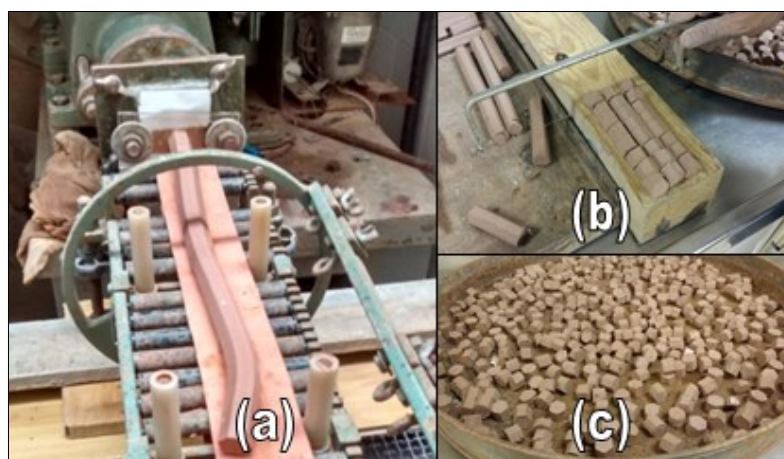


**Figura 5:** (a) Realização do ensaio EDS no equipamento MEV do IME ; (b) Preparo da lâmina-guia pelo método do esfregaço para DRX; (c) aquecimento de amostra para DRX.

Com o objetivo de reproduzir em laboratório as etapas de produção da argila calcinada em escala industrial, a confecção dos agregados foi realizada por meio de processos de extrusão e queima da argila em diferentes temperaturas. A metodologia de produção consistiu nas etapas apresentadas nas figuras 6, 7 e 8:



**Figura 6:** (a) Matéria-prima desagregada, seca ao ar e umedecida até alcançar uma plasticidade para extrusão com teor de umidade próximo à metade do Limite de liquidez; (b) vedação em saco plástico e homogeneização por 24 horas na câmara úmida.



**Figura 7:** (a) Extrusão em equipamento do IME em formato hexagonal de 20 mm; (b) Corte das barras em peças de 15 mm; (c) Secagem ao ar durante 6 dias para perda da água livre.



**Figura 8:** (a) Calcinação em forno mufla e (b) obtenção das amostras em três diferentes patamares de temperaturas – 900, 1000 e 1100 °C.

Com o objetivo de classificar os agregados produzidos e visando aferir suas propriedades em diferentes patamares de temperatura, foi realizada a caracterização física e mecânica das amostras mediante uma série de ensaios padronizados.

Como critério classificatório para o atendimento aos limites preconizados na norma EM 230/94 (DNER, 1994), foram realizados os ensaios de Massa unitária (DNER, 1995), Perda de massa após fervura (DNER, 1989) e Desgaste por abrasão (DNER, 1994). Adicionalmente, tendo em vista obter maiores parâmetros comparativos com agregados calcinados (e também naturais) de outras pesquisas, foram realizados os ensaios de absorção de água (DNER, 1998), Massa específica aparente (DNER, 1998) e Perda ao choque Treton (DNER, 1999). Todos os ensaios foram realizados no laboratório de asfaltos do IME.

## **5. SOLO LATERÍTICO EM MISTURA SOLO-AGREGADO**

Foram coletadas amostras da jazida Cosmoti, localizada na rodovia BR-317, próximo à divisa com a BR-364. Trata-se de um solo muito utilizado pelo meio rodoviário local e conhecido regionalmente por “piçarra”. São identificados por apresentar coloração avermelhada e presença de concreções ferruginosas, sendo um material de ocorrências espalhadas e pontuais, geralmente em pontos mais elevados do relevo sinuoso da região.

A laterita utilizada apresenta elevado teor de finos (83,5% passante na peneira 10 mm) e conseqüente carência de material granular, o que impossibilita o enquadramento desse solo dentro de uma das faixas granulométricas da norma DNIT 98/2007, a qual especifica as condições de serviço a serem adotadas em camadas de pavimentos utilizando solos lateríticos.

Como alternativa às soluções tradicionalmente empregadas no Acre – estabilização química ou física a custos elevados –, promoveu-se a mistura desse solo com os agregados calcinados produzidos em uma composição, em massa seca, de 70% solo e 30% agregado calcinado. Para isso, os agregados foram fracionados por compressão mecânica em partículas menores através do uso de uma prensa Amsler, conforme apresentado na Fig. 9.



**Figura 9:** Britagem dos agregados produzidos e mistura com o solo laterítico.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Matéria-Prima

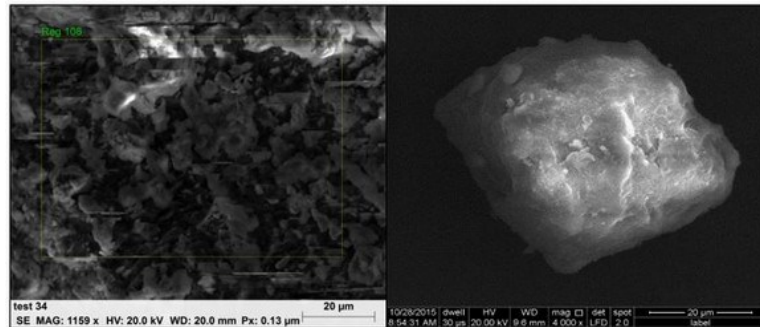
Os resultados dos ensaios de caracterização física da matéria-prima indicaram que o solo argiloso deste estudo é altamente plástico e com partículas muito finas passando totalmente na peneira nº 200 (0,075 mm). Isso se traduz em um solo com elevada superfície específica, o que pode também ser observado através do valor do Limite de Liquidez de 86% e Índice de Plasticidade (IP) de 43%, conforme Tabela 01.

Para a produção de produtos cerâmicos convencionais, os resultados apresentados pressupõem a confecção de uma massa com boa plasticidade e alta resistência mecânica (antes e após a queima), porém demandando uma grande quantidade de água, o que geralmente é solucionado aumentando o processo de secagem ou adicionando materiais não-plásticos (partículas geralmente acima de 60 µm).

**Tabela 1:** Características físicas da matéria-prima.

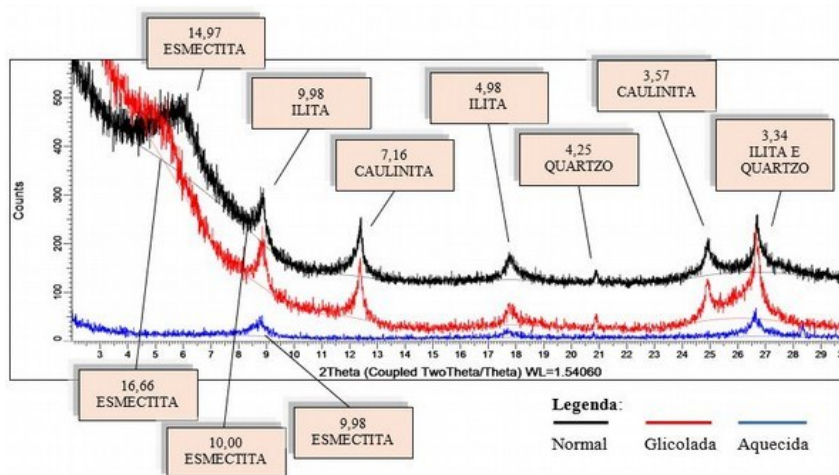
Amostra	Argila (%)	Silte (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)
Tabatinga	30,6	12,7	56,7	-	-
	Limites (%)			G	
	LL	LP	IP	(g/cm <sup>3</sup> )	
	86	43	43	2,74	

Conforme observado no MEV (Figura 10), verificou-se que a morfologia da tabatinga apresenta partículas unidas e com grãos levemente arredondados. Nos resultados do ensaio EDS, a matéria-prima indicou a presença de elementos fundentes dentro das faixas consideradas favoráveis à produção de agregados calcinados de boas características técnicas, com a ocorrência de elementos como o óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) e o óxido de magnésio (MgO).



**Figura 10:** Imagens MEV da matéria-prima ampliada em 1.159 X e 4.000 X.

Na análise mineralógica, através do ensaio de DRX, O difratograma da Figura 11 indicou a presença dos argilominerais Esmectita, Ilita e caulinita, além de quartzo.

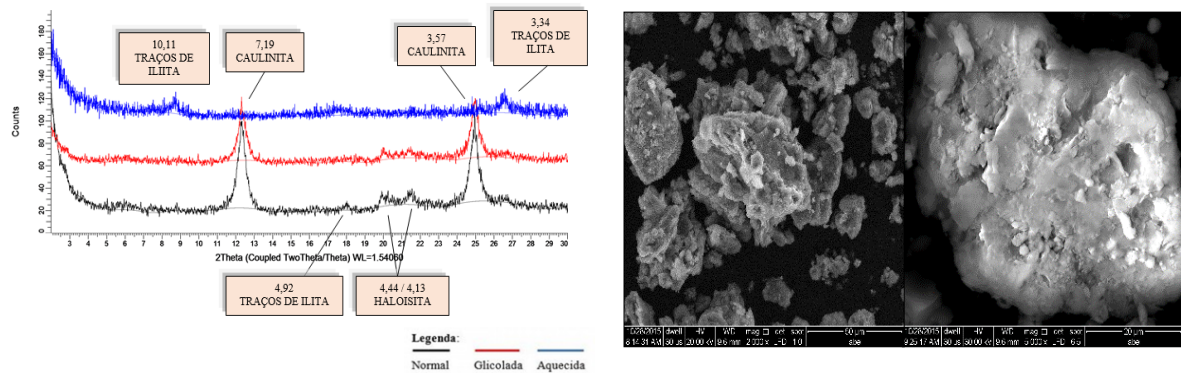


**Figura 11:** Difratoograma da matéria-prima.

## 6.2. Solo laterítico

Por meio do difratograma do solo laterítico constante na figura 12, percebe-se que comparando os picos presentes com os as informações dos argilominerais constantes na literatura, encontram-se os argilominerais Ilita e Caulinita, com predominância desse último. A figura mostra também que as micrografias denotam um aspecto típico de solos lateríticos, devido à ocorrência de flocos relativamente grandes, aglutinando partículas argilosas, com aspecto de nuvens ou pipocas.

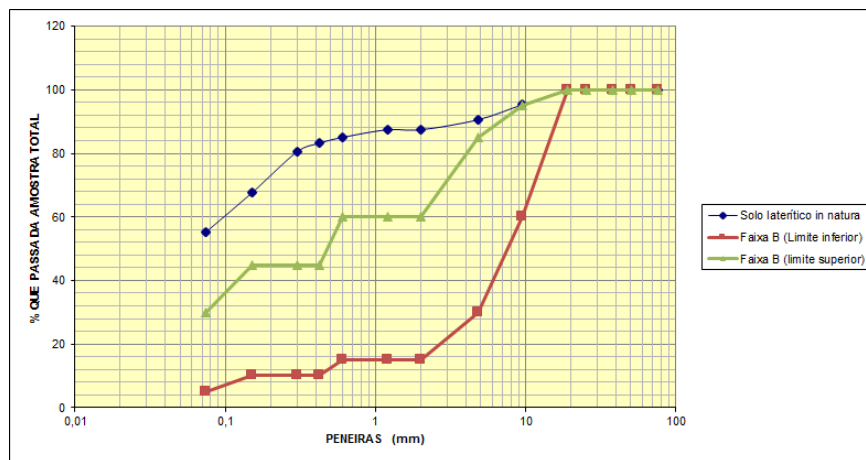




**Figura 12:** Difratoograma e micrografias do solo laterítico.

Analisando a granulometria da laterita constante na figura 13, nota-se um elevado teor de finos e carência de material granular, o que impossibilita o enquadramento desse material dentro de uma das faixas granulométrica da norma DNIT 98/2007, a qual especifica as condições de serviço a serem empregadas em camadas de base de pavimentos utilizando solos lateríticos.

Utilizando a faixa B da referida norma, pode-se observar que a laterita utilizada encontra-se fora dos limites granulométricos recomendados, conforme é apresentado na tabela 6.14 e na figura 6.16.



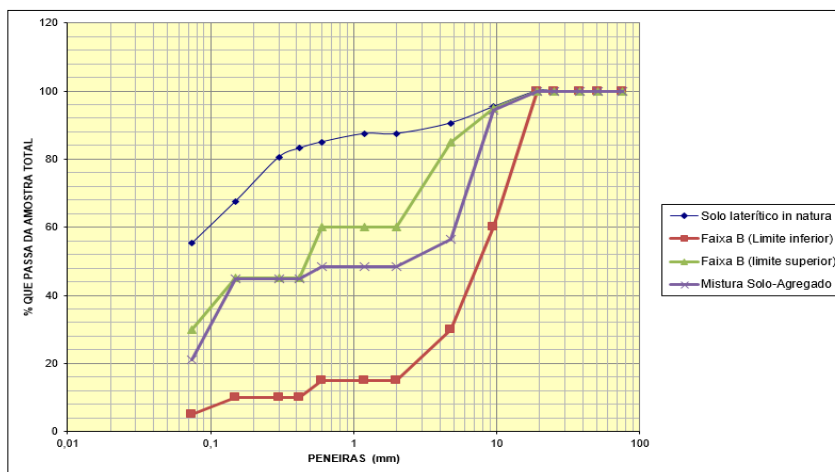
**Figura 13:** Enquadramento granulométrico da Laterita na ES DNIT 98/2007 – Faixa B

### 6.3. Agregados calcinados

Os resultados dos ensaios nos agregados indicaram valores dentro dos critérios aceitáveis estabelecidos em normas, e ainda qualitativamente superiores às pesquisas tomadas como referência. Na tabela 2 estão resumidos os resultados dos ensaios realizados nos agregados produzidos nesta pesquisa, onde verifica-se que em todos os patamares de temperatura utilizando como matéria-prima a tabatinga pura foram atendidos, de forma simultânea, aos limites normativos para utilização em bases e aos limites indicados na metodologia desenvolvida em Cabral (2005). A adição do agregado calcinado permitiu o enquadramento do material na faixa B da norma DNIT 98/2007, conforme apresentado na figura 14.

**Tabela 2:** Resultados dos ensaios nos agregados

Tipo de ensaio	Limite DNER EM 230/94 [17]	Limite Met. CABRAL (2005) [9]	Valores obtidos em °C (Tabatinga AC)		
			900	1000	1100
Absorção (%)	-	≤ 18	11,5	12,9	2,8
Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> )	-	-	1,9	1,9	2,2
Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	≥ 0,8	-	1,1	1,1	1,3
Perda após fervura (%)	≤ 10	≤ 6	0,8	0,9	0,4
Perda ao choque Treton (%)	-	≤ 60	18,1	15,3	22,2
Desgaste por abrasão Los Angeles (%)	≤ 45	≤ 50	22,8	-	-



**Figura 14:** Enquadramento granulométrico da Mistura Solo-agregado na ES DNIT 98/2007 – Faixa B

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O solo empregado para a fabricação dos agregados calcinados gerou peças sem qualquer tipo de falha aparente, tanto na etapa de secagem quanto após a calcinação. As análises mineralógica e química mostraram que a matéria-prima possui composição que a torna promissora para a produção de agregados calcinados.

Os ensaios nos agregados produzidos atenderam aos limites preconizados na norma DNER-ES 227/89, podendo ser utilizados como materiais de base para pavimentação. Ficaram evidenciadas as boas propriedades físicas e mecânicas em comparação à literatura utilizada como referência. Constatou-se ainda que a menor temperatura utilizada (900 °C) atendeu a todos os critérios citados.

A incorporação de agregados calcinados produzidos a partir da tabatinga em bases de

pavimentos apresenta grande potencial de utilização na região. Na mistura empregada neste trabalho, além de permitir a correção granulométrica da jazida de solo laterítico utilizada, em conformidade com a norma DNIT 98/2007 vigentes do DNIT, a mistura solo-agregado pode reduzir consideravelmente a deformação permanente em pavimentos, cuja verificação deverá ser feita mediante ensaios triaxiais cíclicos de deformação permanente.

Em relação aos custos decorrentes do emprego da argila calcinada em pavimentação no Acre, embora não tenha sido objeto aprofundado de análise neste trabalho, pode-se utilizar como base a previsão de custo estimado constante em Cabral et al. (2005), cujo levantamento chegou a um custo médio de R\$ 45,00/m<sup>3</sup> em Santarém-PA, considerando os custos de fabricação em uma unidade de produção (olaria) e posterior britagem dos elementos cerâmicos. Utilizando o INCC – Índice Nacional de Preços da Construção Civil e atualizando o valor de junho de 2005 – referente à data aproximada do levantamento citado – para maio de 2018, obtemos o valor de R\$ 52,92/m<sup>3</sup> (sem frete). Tendo em vista que a Brita 01 custa atualmente R\$ 210,00 pelo Índice SINAPI para o estado do Acre (frete incluso para entrega em Rio Branco), nota-se que o custo de utilização da brita é muito mais elevado, uma vez que o custo de frete a ser adicionado ao agregado calcinado não deverá ser tão significativo, já que a premissa fundamental da metodologia de fabricação é a escolha de olarias próximas aos locais de execução das obras.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. NBR 7181. Solo – Análise granulométrica.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. NBR 6459. Solo – Determinação do limite de liquidez.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. NBR 7180. Solo – Determinação do limite de plasticidade.
- ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Livro temático II: Recursos Naturais I - Geologia, Geomorfologia e Solos do Acre. Programa Estadual de Zoneamento ecológico-econômico do Acre Fase II - Escala 1:250.000. SEMA Acre, Rio Branco, 2010.
- BARBOSA, V. H. R. Estudo de solos do Acre para a produção de agregados calcinados e misturas para Bases em Pavimentação. 2017. 155 p. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.
- CABRAL, G. L. L. Metodologia de produção e emprego de agregados de argila calcinada para pavimentação. 2005. 358 p. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.
- CABRAL, G. L. L.; VIEIRA, A. Agregado artificial de argila calcinada: a primeira inovação tecnológica patenteada pelo IME. Revista Militar de Ciência e Tecnologia. Volume XXII - 3º quadrimestre de 2005.
- CAIXA (Caixa Econômica Federal). SINAPI: Índices da Construção Civil. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/>, acesso em março de 2018.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1989. ES 227/89 - Agregados sintéticos graúdos de argila calcinada: emprego em obras rodoviárias. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 093/94. Solos – Determinação da densidade real.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1989. ME 222/94 – Agregados sintéticos graúdos de argila calcinada: desgaste por abrasão. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1994. ES 225/94 - Agregados sintéticos graúdos de argila calcinada: determinação da perda de massa após fervura. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1994. EM 230/94 – Agregados sintéticos graúdos de argila calcinada. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1995. ME 152/95 – Agregado em estado solto – determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1998. ME 081/98 – Agregados – determinação da absorção e da densidade do agregado graúdo. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, 1999. ME 399/99 – Agregados – determinação da

- perda ao choque no aparelho Treton. Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT, 2007. ES 98/2007. Pavimentação – base estabilizada granulometricamente com utilização de solo laterítico. Rio de Janeiro, RJ.
- GUIMARÃES, A. C. R. Um método mecanístico-empírico para a previsão a deformação permanente em solos tropicais constituintes de pavimentos. 2009. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- GUIMARÃES, A. C. R.; MOTTA, L. M. G.; VIEIRA, A. Contribuição para a aplicação de uma Abordagem Mecanística na Avaliação Estrutural de Pavimentos Asfálticos do Estado do Acre. 13ª REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA – 13ª RPU. Maceió/AL – Brasil. 2006.
- NASCIMENTO, R. R. Utilização de agregados de argila calcinada em pavimentação: uma alternativa para o estado do Acre. 2005. 165 p. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- POLIVANOV, H., MOTTA, L. M. G., MODESTO, F. B. F., BARROSO, E. V. Argilas calcinadas para uso em pavimentos rodoviários. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. N° 04, 2015.
- SANTOS, P. S. Tecnologia das argilas – Vol 2. Fundamentos. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 1975.
- SEIXAS, S. Comportamento dinâmico dos materiais componentes do pavimento da pista de pouso do novo aeroporto de Rio Branco. 1997. 237 p. Dissertação de Mestrado, COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- VIEIRA, A.; BATISTA, F. G. S.; LOPES, L. A. S. Produção e caracterização de agregados artificiais de argila calcinada para uso em pavimentação rodoviária. XVIII ANPET. Florianópolis – SC, 2004.