https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.080

Estudo de patologias em pavimento flexível construído sobre crista da Barragem do Açude Caldeirão em Piripiri – PI.

Claudeny Santana[1]*, Rogeânio Almeida[2]; Leonardo Chaves[3] e Igor Carvalho[4]
*Autor de contato: claudeny.santana@tce.pi.gov.br

[1] Diretoria de Fiscalização de Obras, Tribunal de Contas do Estado do Piauí, Teresina – PI, Brasil
[2] Diretoria de Fiscalização de Obras, Tribunal de Contas do Estado do Piauí, Teresina – PI, Brasil
[3] Diretoria de Fiscalização de Obras, Tribunal de Contas do Estado do Piauí, Teresina – PI, Brasil
[4] Diretoria de Fiscalização de Obras, Tribunal de Contas do Estado do Piauí, Teresina – PI, Brasil

RESUMO

A presente pesquisa aborda sobre o levantamento in loco de patologias, extração de amostras e ensaios laboratoriais, em pavimento flexível disposto na crista da parede da Barragem do Açude Caldeirão (PI-327) situado em Piripiri – PI. A metodologia compreendeu na identificação e catalogação dos principais defeitos nas vias e da realização de procedimentos tais como: resistência à tração, extração de ligante e granulometria. O objetivo do estudo foi de verificar a qualidade do serviço de reabilitação feito com a aplicação correta dos recursos do bem público visando a melhoria dos deslocamentos dos moradores da região. Os resultados apontam falhas construtivas de execução do serviço de pavimentação devido à ineficiência de controle tecnológico.
Palavras-chave: pavimentação, barragem , patologias, controle tecnológico.

ABSTRACT

The present research deals with the in loco survey of pathologies, sample extraction and laboratory tests, in flexible pavement arranged on the crest of the wall of the Açude Caldeirão Dam (PI-327) located in Piripiri - PI. The methodology comprised the identification and cataloging of the main defects in the roads and the performance of procedures such as: tensile strength, binder extraction and granulometry. The objective of the study was to verify the quality of the rehabilitation service carried out with the correct application of public resources in order to improve the displacement of residents of the region. The results point to constructive failures in the execution of the paving service due to the inefficiency of technological control.
Keywords: paving, dam, pathologies, technological control.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Rocha (2015), o modal rodoviário assume um grande protagonismo na matriz de transporte nacional, influenciando diretamente o crescimento e desenvolvimento econômico do país. Desse modo, a importância do estado de conservação de estradas e rodovias é um assunto cada vez mais discutido, bem como a sua longevidade.

A pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT) sobre a qualidade das estradas brasileiras em 2019 demonstra que a cada 100 quilômetros de pista do país, apenas 14 quilômetros são pavimentados. E mesmo onde há pavimentação, os problemas são recorrentes. A cada 100 quilômetros de rodovias pavimentadas no Brasil, 59 têm problemas no seu estado de conservação (ou seja, foram avaliados como regulares, ruins ou péssimas), e 41 estão em bom estado (avaliados como bom ou ótimo). Sendo no Nordeste onde se tem a malha viária mais comprometida por pontos críticos dentre toda as regiões do país.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes (DNIT, 2006) é importante identificar e estabelecer a condição do pavimento, coletando dados e avaliando informações sobre o mesmo, para compreender a situação e impedir que o problema seja definido de maneira imprópria. Nota-se então, a relevância de se conhecer melhor o tipo de pavimento usado na repavimentação de nossas vias, saber as vantagens e desvantagens do método utilizado no processo de execução do pavimento, analisando sua viabilidade técnica e econômica, e com isso considerar os meios mais favoráveis.

Portanto, o presente trabalho fundamenta-se em uma coleta de dados, realizado em campo na cidade de Piripiri-PI referente à execução dos serviços de reabilitação do subtrecho da Rodovia PI-327, no segmento sobre a parede do Açude Caldeirão em concreto asfalto do km 7,5 ao 8,25, com 725m de extensão. Sua finalidade foi o levantamento, a identificação e as principais causas das patologias encontradas que subsidiaram à tomada de decisão em um trabalho de auditoria pela Corte de Contas do estado. Sendo o escopo da presente pesquisa os aspectos qualitativos e quantitativos dos materiais que constituem o revestimento aplicado na pavimentação da via, por serem os itens financeiramente mais relevantes.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O estudo foi concentrado na crista da barregam como ilustrado na Figura 1, as coordenadas de localização dos pontos inicial e final são apresentados na Tabela 1. Na etapa 1 toda a extensão da via foi percorrida realizando uma inspeção visual verificando seus aspectos físicos, geometria e drenagem.

Tabela 1 – Coordenadas de localização dos pontos inicial e final da via (WGS84)

Objeto Fiscalizado	INÍCIO		FINAL	
	Latitude (S)	Longitude (O)	Latitude (S)	Longitude (O)
Pavimentação sobre a parede do Açude Caldeirão	04° 19' 46.17"	41° 43' 24.09"	04° 20' 7.35"	41° 43' 34.51"

Fonte: os autores.

2.2 Extração de amostras e ensaios

A equipe de campo da III DIV – DFENG procedeu à extração dos corpos de prova da camada de rolamento tipo Concreto Asfáltico Usinado à Quente (CAUQ). A atividade foi executada com o apoio do Laboratório Móvel. Extraíram-se as amostras intercalando, quando possível, entre bordo direito, esquerdo e eixo, tomando o cuidado de executar a extração a uma distância mínima de 0,60 metros dos bordos.

Imediatamente a cada extração, o local de retirada da amostra foi preenchido com material tipo CAUQ aquecido e compactado. A Figura 01 ilustra algumas das etapas de execução da extração das amostras, à esquerda o posicionamento da extratora para retirada das amostras; à direita aspecto pós-extração do furo originado com a execução dos procedimentos, observa-se a camada inferior ao CAUQ.

Figura 01 – Execução da extração (esq.), aspecto do furo após extração (dir.).





Fonte: os autores.

A nomenclatura adotada para cada amostra retirada consta da letra **L** (lote), seguida da letra P (ponto) com numeração (quantidade de lotes e amostras). A numeração refere-se à ordem de extração dos corpos de prova e é apresentada na Tabela 02.

Tabela 02 – Identificação das amostras.

Rua/Avenida	Ident. Amostra
Rodovia PI-327 – Crista da Barragem	L1P1 (E03)
Rodovia PI-327 – Crista da Barragem	L1P2 (E08)
Rodovia PI-327 – Crista da Barragem	L1P3 (E013)
Rodovia PI-327 – Crista da Barragem	L1P4 (PT128)
Rodovia PI-327 – Crista da Barragem	L1P5 (PT129)

Fonte: os autores.

Os procedimentos preliminares, os ensaios realizados, bem como as normas utilizadas para execução e referência encontram-se listados na Tabela 03.

Tabela 03 – Procedimento, ensaios e normas.

Ensaio	**Procedimento**	**Norma Reguladora**
Volumetria	Medição de diâmetro e espessura de CP's. Pesagem ao ar, imerso em água e úmido.	DNER ME 043/95 – Mistura Betuminosa a Quente – Ensaio Marshall.
Densidade Máxima Medida	Determinação da densidade real da mistura.	DNIT 427/2020 - ME – Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – Método de ensaio ASTM D2041-03 – Standard Test Method Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures.

Ensaio	Procedimento	Norma Reguladora
Densidade Aparente	Determinação da densidade aparente de corpos de prova.	Norma DNER-ME 117-94 – Densidade Aparente CBUQ – Método de ensaio. PROC–IBR–ROD 103/2015 Calcular as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos das camadas de concreto asfáltico.
Absorção	Absorção de água em corpos de prova de CAUQ.	AASHTO T 166-05 - Bulk Specific Gravity of Compacted Hot Mix Asphalt Using Saturated Surface Dry Specimens.
Determinação do Teor de Ligante	Extração de ligante com solvente por meio do equipamento Rotarex para determinar percentual de ligante.	DNER ME 053/94 – Misturas betuminosas – Percentagem de betume.
Composição Granulométrica	Ensaio e peneiramento, com jogo de peneiros de caixilho redondo e malha quadrada com várias aberturas para determinação de fração graúda e miúda.	DNER ME 083/98 – Agregados – Análise Granulométrica.
Especificações Técnicas para Concreto Asfáltico	Verificação das especificações padrões para CAUQ.	DNIT ES 031/06 – Pavimentos flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de Serviço.
Classificação dos Agregados	Especificar a terminologia dos agregados.	ABNT NBR 9935 – Agregados Terminologia;

Fonte: os autores.

3. RESULTADOS E DISCURSÕES

3.1 Da extração dos corpos de prova (CP's) por lote.

Todas as cinco extrações de corpos de prova foram bem sucedidas. Depois de limpas, cada amostra foi medida para a determinação das seguintes grandezas: Espessura, diâmetro, peso ao ar, peso imerso e peso úmido.

Observam-se, no Tabela 04, os resultados das medições de espessura e diâmetro dos corpos de prova extraídos íntegros. Este procedimento fez-se necessário para verificação da uniformidade do material, quanto ao controle tecnológico de execução do serviço, à espessura das camadas, a compactação e ao material utilizado na composição do revestimento asfáltico do tipo concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ). Os resultados apontaram uma variação de espessura entre 4,98 cm (L1P1) a 5,68 cm (L1P2 e L1P4), tendo como referência o valor de 5 cm, definido no Projeto da Obra.

Calculados os valores de média de cada lote de corpos de prova e aplicando a distribuição normal de Gauss para exclusão de valores outliers (pontos fora da curva normal), apesar de as espessuras apresentarem variabilidades pontuais, as amostras atingiram a espessura de projeto. Além disto, tratamento estatístico quanto aos valores obtidos foram realizados conforme as recomendações constantes de acordo com a norma DNIT PRO 277/97, para o número de amostras igual a 05, chega-se aos dados apresentados no Tabela 05. As amostras obtidas se encontram em conformidade aos parâmetros das normas supracitadas.

Tabela 04 – Dimensões, em centímetros, dos CP's íntegros extraídos.

Crista Barragem Caldeirão - Piripiri														
CP's	**Diâmetro**					**Média**	**s**	**Espessura**					**Média**	**s**
E03	10.0	10.1	10.1	10.1	10.0	**10.1**	**0.1**	4.8	5.0	5.4	5.0	4.7	**5.0**	**0.3**
E08	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0	**10.0**	**0.1**	5.3	5.2	5.3	6.5	6.1	**5.7**	**0.6**
E13	10.0	10.0	10.1	10.0	10.0	**10.0**	**0.0**	4.9	5.0	5.3	5.7	5.0	**5.2**	**0.3**
PT128	10.0	10.1	10.0	10.0	10.0	**10.0**	**0.0**	5.5	5.3	6.2	5.8	5.6	**5.7**	**0.3**
PT129	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	**10.0**	**0.0**	5.7	5.3	5.9	5.6	5.3	**5.6**	**0.3**

Fonte: os autores.

Tabela 05 – Tratamento estatístico dos valores de espessura.

CP's	**Ẍ**	***s***	**Ẍ - *ks***
Lote 01	5.42	0.32	4.92

Fonte: os autores.

De forma complementar, a Equipe Técnica abordou a situação da plataforma de rolamento, que por meio de Levantamento Visual Contínuo (DNIT 008/2003 PRO - Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento) constatou a presença maciça de trincas transversais (DNIT 005/2003 TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos - Terminologia) em toda a extensão da via (v. Figura 02).

Figura 02 – Trincas Transversais em toda a extensão da via.



Fonte: os autores.

As trincas apresentaram aberturas com espessuras que variaram de 1 mm até 3 mm e extensões entre curtas (até 100 cm) e longas (>100 cm), nas duas faixas (direita e esquerda). Conforme normas supracitadas, as trincas apresentam predominância do tipo "trinca isolada" podendo ser causada devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento. Conforme Antunes, Batista e Fontul (2005) este tipo de degradação contribui para o enfraquecimento das camadas granulares e do solo de fundação do pavimento com a possível penetração da água pelas fendas.

As causas deste tipo de patologia requerem estudo para análise, trincas transversais como as plotadas na via surgem, como também à perda de viscosidade do ligante (SIMAS; VALENÇA; FROTA, 2013). Podem ser causadas também pela granulometria incompatível com o referido teor de ligante. Além disto, o estudo dirigido por Maia (2012) demonstra que grande área fissurada é indicativa de falha estrutural geral do pavimento. No caso do escopo deste relatório, a patologia apresenta características causadas pelo revestimento em si, com ênfase principalmente à interação granulometria/ligante.

É necessário uma análise aprofundada da situação pautada a fim de correção célere da patologia existente, desonerando prováveis correções de maiores defeitos que surgirão com o passar do tempo devido ao desencadeamento das trincas (problemas estruturais na base, panelas, desagregação e etc.).

3.2 Da determinação do valor de Densidade Aparente.

O Tabela 06 refere-se às medições dos corpos de prova "ao ar" (seco), "submerso" (hidrostático) e "seco saturado", constando também o resultado de Volume de Vazios, Absorção conforme DNIT e AASHTO e densidades aparentes.

Tabela 06 – Pesos, em gramas, dos CP's íntegros extraídos.

				ABSORÇÃO		
CP's	**Peso Ar**	**Imerso**	**Úmido**	**DNIT**	**AASHTO**	**ρ Ap.**
E03	899.30	525.70	900.90	0.18	0.43	2.407
E08	1103.30	657.10	1103.90	0.05	0.13	2.473
E13	968.00	562.60	968.50	0.05	0.12	2.388
PT128	1087.60	647.80	1088.20	0.06	0.14	2.473
PT129	1038.10	608.00	1038.90	0.08	0.19	2.414

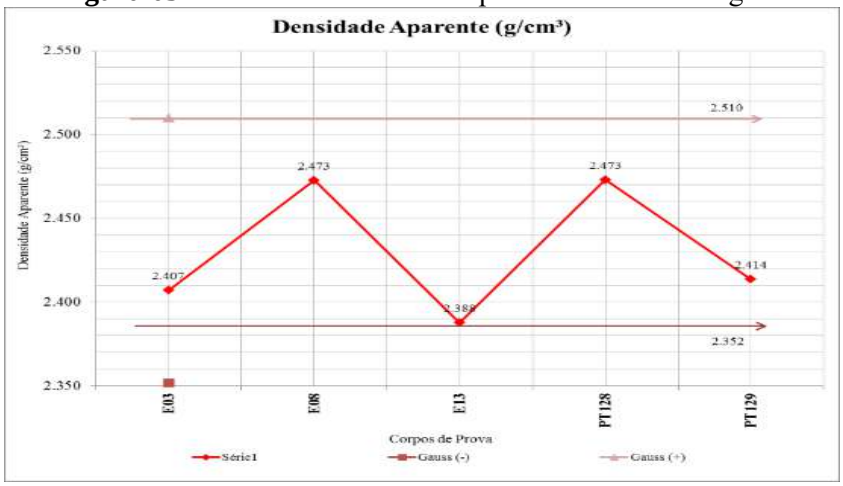
Fonte: os autores.

Relacionado ao Quadro 05, calculou-se a densidade aparente dos corpos de prova íntegros através da Equação (1). Obtendo-se um valor médio de 2.431 (g/cm³).

$$\rho = \frac{massa}{vol.CP}\ (g/cm^3) \qquad (01)$$

A Figura 3 demonstra uma variabilidade no valor da densidade aparente da massa asfáltica, mantendo-se no limite da distribuição normal de Gauss, considerando o desvio padrão. Porém, isso não significa que há um incremento da qualidade, mas sim, que as características dos materiais e das amostras tendem a uma semelhança.

Figura 03 – Gráfico de densidade aparente dos CP's íntegros.

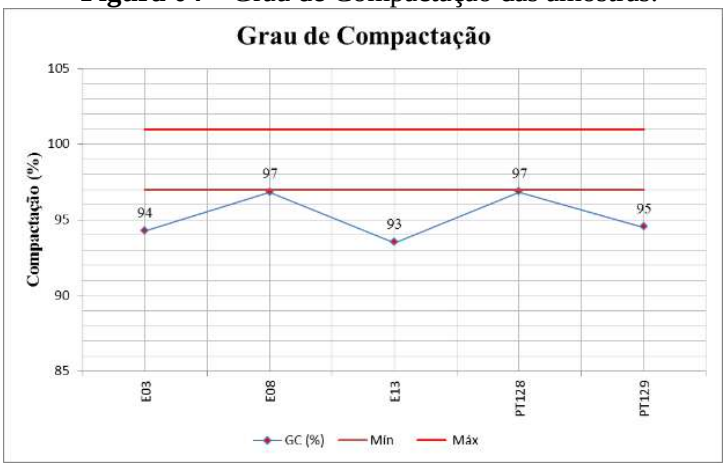


Fonte: os autores.

3.3 Do Grau de Compactação

A Figura 4 apresenta o gráfico comparativo do grau de comparação e seu enquadramento conforme os parâmetros máximo e mínimo
conforme DNIT 031/2006 ES. Verifica-se que, quanto ao GC das amostras, 40% atingiram o valor mínimo preconizado pelo DNIT enquanto 60% apresentaram valores abaixo deste índice, sendo GC médio 94%, 3% inferior ao valor mínimo. Tais divergências evidenciam falha no controle tecnológico desta etapa construtiva que é bastante relevante para a manutenção da vida útil do pavimento frente às solicitações de tráfego.

Figura 04 – Grau de Compactação das amostras.

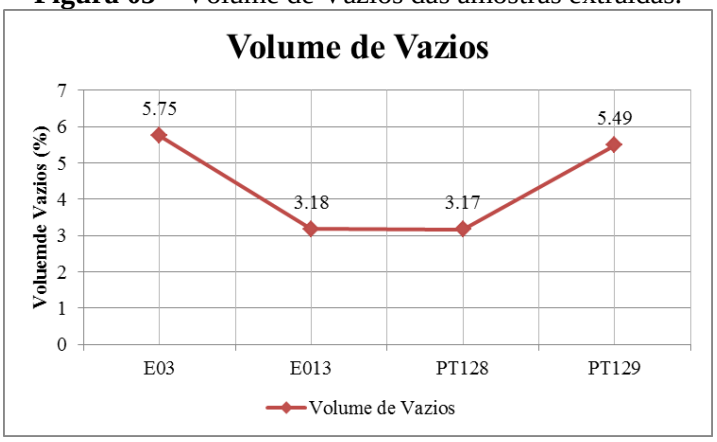


Fonte: os autores.

Conforme Leite et al. (2021), a compactação reduz o teor de vazios, propicia o intertravamento dos agregados e reduz a espessura. Além disso, a compactação da via depende de vários fatores conforme citados, que inclui a granulometria, tipo, textura e forma dos agregados e teor e tipo de ligante asfáltico. A compactação inadequada, alinhada com a distribuição granulométrica da matriz pétrea da mistura asfáltica, pode resultar em uma porcentagem de vazios ou muito alta ou muito baixa. Um grande volume de vazios permite que a umidade penetre na mistura asfáltica podendo causar descolamento ou desprendimento da superfície, enquanto um baixo volume de vazios não permitirá expansões térmicas podendo causar exsudação e escorregamento da mistura asfáltica e trincas por fadiga (ASPHALT INSTITUTE, 1992).

Ademais, trazem impactos quanto à interação entre tráfego e o desempenho do pavimento. O pavimento sem compactação deforma acumulando água, favorecendo acidentes, que poderiam ser perfeitamente evitáveis se bem executados. O pavimento com elevado grau de compactação, também em consequência, aumenta a sua rigidez que com a influência do tráfego, propicia o surgimento de trincas por fadiga. Para uma melhor associação, a Figura 5 apresenta os valores de volume de vazios (Vv) encontrados para cada amostra.

Figura 05 – Volume de Vazios das amostras extraídas.



Fonte: os autores.

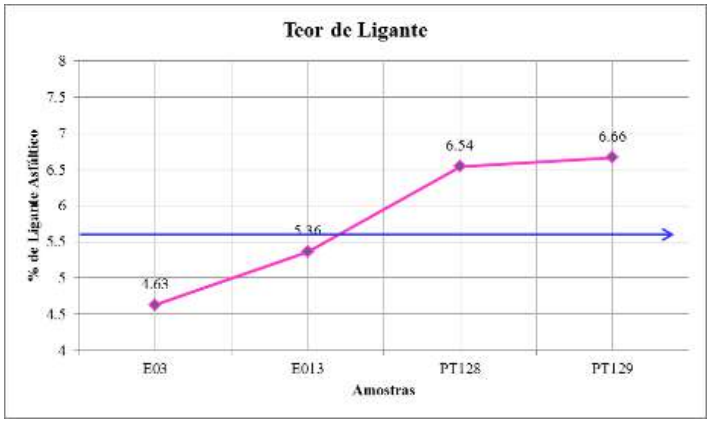
O GC baixo e Vv baixo denotam problemas causados pela granulometria da mistura, este possui forte influência no comportamento mecânico do revestimento. Quando não há uma compatibilidade entre estes três parâmetros, há ocorrência de problemas estruturais de forma precoce, comprometendo a durabilidade, a economia, a eficiência, eficácia, efetividade da prestação de serviço.

SCHEROCMAN (1996) afirma que a vida de fadiga, a deformação permanente, a oxidação, a umidade e a desagregação estão relacionadas com os vazios das misturas asfálticas. Se os vazios na mistura diminuem, a vida de fadiga ou o número de repetições da carga que provoca a ruptura da mistura aumenta.

3.4 Do Teor de ligante

A figura 6 apresenta os valores de teor de ligante após ensaios de extração com Rotarex e aplicação de lavagens com tricloroetileno. Constata-se que dos teores apontados apenas duas amostras ultrapassaram o valor de teor de projeto de 5,66%.

Figura 06 – Teor de ligante (%) das amostras no lote.



Fonte: os autores.

Os resultados apontam aumento crescente do teor de ligante e indicam fragilidade do controle tecnológico, que pode ocorrer no processo de usinagem pela descalibragem do bico injetor de

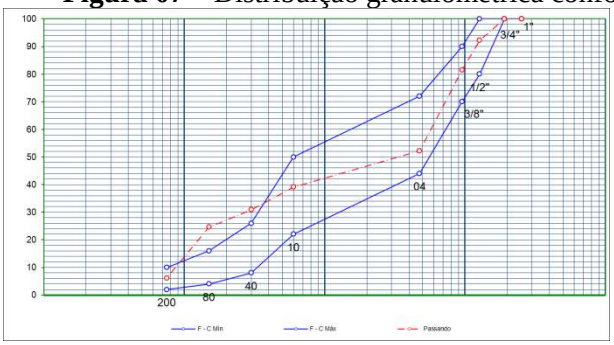
ligante no tambor de mistura agregado-ligante. Neste sentido, ocorre a variação da quantidade do ligante, o que altera a composição do traço asfáltico.

3.5 Da Composição Granulométrica

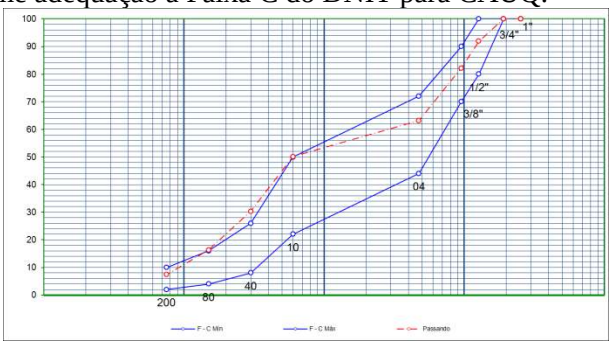
O ensaio de granulometria permitiu verificar a conformidade do traço empregado e aplicado no serviço executado segundo as informações apresentadas no Projeto Básico. Cabe uma ressalva de que não foram identificados neste mesmo projeto os estudos de tráfego e de dimensionamento de pavimento para determinações das espessuras e composição da mistura. Apenas foi descrito que o revestimento asfáltico deveria atender à faixa "C" do DNIT (DNIT 031/2006 ES – Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico).

A Figura 7 apresenta os gráficos com as distribuições granulométricas das amostras submetidas aos ensaios após extração de ligante. As curvas azuis apresentam os limites máx. e mín. da faixa para cada abertura de peneira recomendada em norma e a curva vermelha representa a distribuição granulométrica encontrada após extração de ligante das amostras.

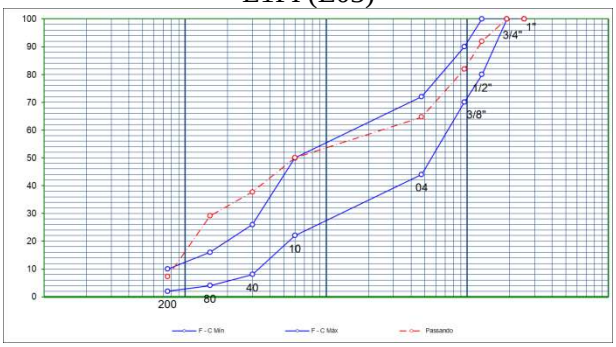
Figura 07 – Distribuição granulométrica conforme adequação à Faixa C do DNIT para CAUQ.



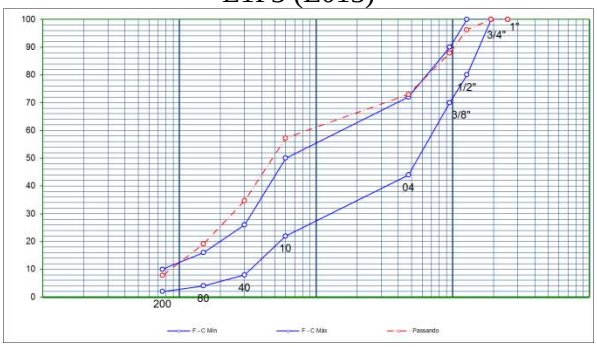
L1PI (E03)



L1P3 (E013)



L1P4 (PT128)



L1P5(PT129)

Fonte: os autores.

Em uma primeira análise, observa-se que referente à exigência do traço em projeto, o mesmo encontra-se em não conformidade, pois não atendeu o requisito conforme os gráficos apresentados na Figura 7, oriundos do ensaio de granulometria conforme a norma supracitada (DNIT ES 031/2006). Apesar de a mesma norma apresentar tolerâncias para cada peneira fica evidente a deficiência de controle tecnológico, pois para cada amostra evidencia-se um traço diferente com composições percentuais dos insumos utilizados que divergem do contratado. Outro ponto de destaque observado é a variação da curva, que apresenta composições mais finas, tendo predominância nas peneiras de menor abertura (peneira 80 e 200 com agregado miúdo de aspecto pulverulento).

Descrever a faixa do revestimento asfáltico não atende as necessidades de uma rodovia, pois é necessário atender critérios de tráfego e a definição do clima, para que se definam de maneira assertiva os tipos de materiais que melhor se adequam à região quanto aos parâmetros supracitados.

Usou-se o termo "agregado graúdo" ao invés de "brita" e "pedrisco" referindo-se ao material que fica retido até a peneira nº 04 (conforme norma ABNT NBR 9935 – Agregados Terminologia) e "agregado miúdo", referindo-se ao material que passa na peneira de nº 4 e retido na peneira nº 200, ao invés de "areia média" de acordo com a mesma norma. O fíller (material de enchimento) é caracterizado como material passante na peneira nº 200, podendo ser cimentos, cal, pó de mármore, pós de pedra entre outros, na obra analisada o material de enchimento foi a cal.

Neste sentido o Quadro 6 apresenta os valores percentuais médios a partir da granulometria realizada nas amostras extraídas em campo, comparadas com o traço encontrado no memorial descritivo do Projeto Básico.

Outra análise realizada quanto à composição granulométrica referente ao quantitativo de insumos, a equipe técnica fragmentou a granulometria para realizar uma análise individualizada de cada material que compôs o traço de revestimento asfáltico, em um valor médio para cada insumo (v. Tabela 07).

Tabela 07 – Distribuição granulométrica conforme adequação à Faixa C do DNIT para CAUQ.

Materiais	**Projetado (%)**	**DFENG (%)**
	I	**II**
AG (Brita 0 e Pedrisco)	39.623	36.75
AM (Aréia Média)	49.1	56.12
Fíller (Cal)	5.661	7.13
CAP 50/70	5.66	5.8

Fonte: os autores.

Observa-se que houve considerável divergência entre o traço de projeto e o encontrado, sendo aplicado mais agregado miúdo- AM (areia média) e fíller e menos agregado graúdo-AG (brita). Em termos percentuais tem-se uma diminuição de aproximadamente 7,3% de agregado graúdo, cerca de 14,3% a mais de agregado miúdo e 26% de fíller excedente quanto ao dados apresentados em projeto.
De maneira individualizada o traço apresentado em projeto consta no Tabela 08 comparado com os resultados obtidos dos ensaios das amostras extraídas da pista.

Corrobora-se não conformidade quanto ao traço de projeto, com valores percentuais diferentes dos obtidos em ensaio. Onde se verifica uma tendência de queda no padrão de traço quanto aos valores percentuais obtidos nos ensaios para o AG (brita e pedrisco) e o aumento percentual no AM (areia média) assim também como para o fíller (cal). Apenas a amostra E3 apresentou percentual maior para AG e menor AM. Tal situação configura descaracterização total do objeto executado, além de evidente deficiência no controle de qualidade do serviço.

Tabela 08 – Distribuição granulométrica conforme adequação à Faixa C do DNIT para CAUQ.

Amostras	Brita (AG)	% Dif	Areia (AM)	% Dif	Cal (Fíller)	% Dif	CAP 50/70	Total
Projeto	**39.623**	**-**	**49.056**	**-**	**5.661**		**5.66**	**100**
E3	47.81	20.66	46.02	6.19	6.17	108.99	4.63	**104.6**
E13	36.86	6.97	55.75	113.65	7.39	130.54	5.36	**105.4**
PT128	35.28	10.96	57.46	117.13	7.26	128.25	6.54	**106.5**
PT129	27.06	31.71	65.24	132.99	7.70	136.02	6.66	**106.7**

Fonte: os autores.

4. CONCLUSÃO

Ressaltam-se nesta conclusão os fatores mais relevantes, dentre os ensaios e procedimentos executados.

Sobre as espessuras dos corpos de prova em comparação à espessura de projeto, o lote encontra-se em conformidade com espessura média de 4,98 cm.

Referente ao grau de compactação (GC) e volume de vazios a equipe técnica evidenciou deficiência no controle de qualidade na execução de serviço e garantia de vida útil conforme garantia quinquenal, pois no projeto não conta estudo de dimensionamento de pavimentos, parâmetro de vida útil da via e também estudos de tráfego. Os volumes de vazios apresentaram-se baixos para um GC “mediano” tendo em vista que algumas amostras atingiram o valor mínimo de 97%.

Além disto, através de LVC e conforme item 4.1, a presença de trincas transversais foi observada por toda a extensão da via, configurando uma patologia funcional/estrutural. O surgimento precoce desta patologia em uma via com pouco tempo de execução, considerando a recente entrega da obra, pode ter sido ocasionada por uma série de fatores apresentadas neste relatório, a saber:

- Teor de ligante incompatível com a quantidade de finos da matriz (granulometria);
- Enrijecimento demasiado da camada de base, incompatibilizando com o desempenho mecânico entre o conjunto de camadas, agravado pelo local de construção da via (crista de barragem);
- Baixo teor de vazios, promovendo enrijecimento da camada e, em consequência, a perda de sua resiliência (trincas por fadiga);
- Incompatibilidade da estrutura com o tráfego e clima local.
- O teor de ligante enquadrou-se em conformidade, apesar da variação dos valores por falta de controle tecnológico.
- A composição granulométrica teve sua análise prejudicada, pois no Projeto Básico a única exigência seria o enquadramento da massa asfáltica na faixa “C”. A equipe técnica encontrou traços diferentes para as amostras e nenhuma delas enquadrou na faixa solicitada, o que impactará nos quantitativos aplicados para execução do serviço.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. P. F. de; Influencia da energia e da temperatura de compactação nos parâmetros volumétricos e nas propriedades mecânicas dos concretos asfálticos; Dissertação de Mestrado – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2005.

ANTUNES, M., BATISTA, F. e FONTUL, S. a. D. P., Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviário., LNEC , 2005.

ASPHALT INSTITUTE., Density specifications for hot-mix asphalt. Technical Bulletin No 9 (TB-9), 1992.

BARDINI, V. S. dos S.; Influência do fíler mineral em propriedades de misturas asfálticas densas. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo – SP. 2013

BERNUCCI, B. L; MOTTA, G. M. L; CERATTI, P. A. J; SOARES, B. J. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros, Petrobras, ABEDA, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BEZERRA NETO, R. S., Análise Comparativa de Pavimentos Dimensionados através dos Métodos Empírico do DNER e Mecanístico e proposta de um Catálogo Simplificado de Pavimentos para a Região de Campo Grande (Ms), Dissertação de Mestrado, Engenharia de Transportes, São Carlos, SP, 2004.

LEITE, L. M. F.; MOTTA, L. M. G. da; COSTA, E. C.; TEIXEIRA, L. H.; MORILHA, A.; MARTINS, L. D.; A importância das características dos agregados no desempenho das misturas asfálticas [recurso eletrônico]. – Rio de Janeiro: IBP, 2021.

LOPES, P. A., Probabilidades & Estatística. Conceitos, modelos e aplicações em Excel. 1999.

MAIA, I. M. C. Caracterização de Patologias em Pavimentos Rodoviários. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto – Portugal. 2012.

MEDINA, J. Mecânica dos Pavimentos. Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ, 2007.

MOTHÉ, Michelle Gonçalves. Estudo do comportamento de ligantes asfálticos por reologia e análise térmica. Rio de Janeiro, 2009.

ROBERTS, F. L. et al., Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction, Napa Research and Education Foundation, Second Edition, Maryland, USA, 1996.

RODRIGUES, Ana Luiza Rezende. Efeito do tipo e da proporção de fíler no comportamento do mástique asfáltico. 2019. 9 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SCHEROCMAN, J. A., Compacting hot-mix asphalt pavements. Roads & Bridges, V. 34, no 8, p. 44-46, August, 1996.

SIMAS, L. P.; VALENÇA, P. M. A., FROTA, C. A. Análise superficial de revestimentos do tipo areia asfalto no município de Manaus (AM). Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 9, n. 1, p. 1-10, jan./jun. 2013.