



## 26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

### AVANÇOS TECNOLÓGICOS E CONTROLE DE QUALIDADE NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

*Flaviane Beltrão Silva<sup>1,2</sup>; Bruna Cristina Beltrão Silva Beleigoli<sup>1,2</sup>; Anna Luiza Braga Amaral<sup>1</sup>*

#### RESUMO

Estradas com pavimentos deteriorados resultam em aumento dos custos operacionais, diminuição do conforto e segurança dos usuários, além de causar impactos ambientais negativos. Para garantir a qualidade, segurança e durabilidade das estradas, o controle tecnológico adequado é essencial. Este estudo investiga os avanços tecnológicos e os procedimentos de controle de qualidade na pavimentação asfáltica, e como o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER-MG tem se movimentado nessas questões. Além disso, foram discutidos procedimentos de controle tecnológico, que incluem a medição da espessura do pavimento, determinação do teor de betume e análise granulométrica. A realização desses ensaios por profissionais qualificados e em conformidade com as normas estabelecidas é fundamental para garantir a equivalência com os requisitos do projeto e a qualidade das obras. As comparações demonstram a importância dos avanços tecnológicos no controle de qualidade da pavimentação asfáltica. Ao permitir uma análise detalhada e precisa dos materiais e condições das estradas, essas tecnologias contribuem para a construção de rodovias mais seguras, duráveis e sustentáveis. Em resumo, o investimento em planejamento, inovação, organização e controle tecnológico adequados é essencial para garantir a qualidade e segurança da infraestrutura rodoviária do país. Pode-se perceber que esses avanços tecnológicos estão transformando os processos relativos à pavimentação, incluindo o controle de qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle Tecnológico; Inovação; Pavimentação; Padronização.

#### ABSTRACT

Roads with deteriorated pavements result in increased operating costs, decreased comfort and safety for users, in addition to causing negative environmental impacts. To guarantee the quality, safety and durability of roads, adequate technological control is essential. This study investigates technological advances and quality control procedures in asphalt paving, and how the Department of Highways of the State of Minas Gerais - DER-MG has handled these issues. In addition, technological control procedures were discussed, which include measuring the thickness of the pavement, determining the bitumen content and granulometric analysis. Carrying out these tests by qualified professionals in accordance with established standards is essential to guarantee equivalence with project requirements and the quality of the works. The comparisons demonstrate the importance of technological advances in the quality control of asphalt paving. By allowing a detailed and precise analysis of road materials and conditions, these technologies contribute to the construction of safer, more durable and sustainable highways. In summary, investment in adequate planning, innovation, organization and technological control is essential to guarantee the quality and safety of the country's road infrastructure. It can be seen that these technological advances are transforming paving processes, including quality control

**KEY WORDS:** Technological Control; Innovation; Paving; Standardization.

<sup>1</sup> Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER-MG, e-mail: [faviane.beltrao@der.mg.gov.br](mailto:faviane.beltrao@der.mg.gov.br); [bruna.beleigoli@der.mg.gov.br](mailto:bruna.beleigoli@der.mg.gov.br); [anna.braga@der.mg.gov.br](mailto:anna.braga@der.mg.gov.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, e-mail: [flavianebeltrao@ufmg.br](mailto:flavianebeltrao@ufmg.br); [brunabeltrao@ufmg.br](mailto:brunabeltrao@ufmg.br)



## INTRODUÇÃO

A condição do pavimento das estradas tem uma influência direta sobre o desempenho do transporte rodoviário e a economia do Brasil. Quando uma rodovia apresenta um pavimento em más condições, isso resulta em aumento dos custos operacionais do transporte, diminuição do conforto e segurança dos passageiros e cargas, além de provocar impactos ambientais negativos.

A construção de uma rodovia, segundo Magalhães Junior, Oda e Novo (2016), atravessa várias fases, que iniciam com o planejamento abrangente, seguido pelo detalhamento minucioso de cada componente, até finalizar com a construção. Em todos esses estágios, é fundamental que a qualidade seja sempre colocada como o fator mais relevante.

Os investimentos na malha rodoviária ajudam a aquecer a economia, contribuem para reduzir as diferenças regionais e incrementar o desenvolvimento econômico, além de promover a segurança e a qualidade de vida da população. Além disso, as obras de melhoramentos garantem conexões entre cidades com grande potencial de desenvolvimento, reduzindo as desigualdades regionais.

O resultado positivo somente é alcançado quando se envolve planejamento, engenharia e inovação. Diante disto, o DER-MG se reestruturou e criou uma diretoria nova, com foco nesses três pilares. Desta nova estrutura, as gerências de Engenharia e Inovação e Gestão de Ativos Rodoviários se encontram para atingir alguns objetivos em comum.

Desta forma, o controle tecnológico desempenha um papel fundamental na construção e na manutenção dos ativos rodoviários, assegurando qualidade, segurança e durabilidade. De acordo com Magalhães Junior, Oda e Novo (2016), para avaliar a qualidade do pavimento, deve ser feito o controle tecnológico de sua execução. No entanto, apenas aderir aos procedimentos de construção não garante automaticamente a qualidade da obra. É crucial reconhecer a existência de critérios de aceitação e rejeição dos resultados, os quais devem ser rigorosamente observados e verificados por meio do controle tecnológico. Além disso, as atividades de controle de qualidade podem identificar deficiências no projeto, possibilitando sugestões de alterações que visem aprimorar a qualidade dos serviços executados.

Com os avanços tecnológicos, surgiram novos equipamentos e métodos que aprimoram a eficiência e precisão desses controles.

Este estudo investiga os avanços tecnológicos e os procedimentos de controle de qualidade na pavimentação asfáltica. Destaca a importância da inovação e de um controle tecnológico adequado, que envolve profissionais capacitados, rotinas padronizadas e equipamentos calibrados. Resultados confiáveis são essenciais para garantir a qualidade e durabilidade dos ativos rodoviários.

Em resumo, para enfrentar os desafios nas obras rodoviárias no Brasil, é essencial investir em planejamento, inovação, organização, controle tecnológico e fiscalização adequados, garantindo assim a qualidade e a segurança das infraestruturas rodoviárias do país.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Bonfim (2021), pavimento é uma estrutura construída sobre a terraplenagem, projetada para resistir ao clima, aos esforços verticais e horizontais do tráfego de veículos, visando



proporcionar aos usuários melhores condições de trafegabilidade com conforto e segurança. Medina e Motta (2005) vão além, enfatizando que a concepção de um pavimento é mais do que um simples revestimento asfáltico; é um sistema multifacetado, projetado para distribuir e suportar cargas, resistir às intempéries e proporcionar uma superfície segura e duradoura para o deslocamento.

Essa definição destaca a complexidade por trás do que muitos veem apenas como uma pista de rolamento. De acordo com Marchezini et al. (2014), o pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem, destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego.

Para o usuário da via, conforme Bonfim (2021), o importante é a qualidade de conforto ao rolamento, independentemente do aparecimento ou existência de algum tipo de defeito. Avaliar a qualidade dos materiais ou serviços requer uma inspeção técnica, envolvendo coleta de dados, realização de testes, medições precisas e registro fotográfico detalhado.

### **Avanços Tecnológicos no Controle de Qualidade e Eficiência na Pavimentação**

Aqui estão algumas áreas onde esses avanços têm sido especialmente relevantes. Em algumas delas o DER-MG tem se empenhado em introduzir na sua rotina.

- **Materiais Avançados:** Novos materiais, como ligantes modificados e agregados de alta qualidade, estão sendo aplicados para melhorar a resistência ao desgaste, a aderência e a durabilidade do pavimento.
- **Monitoramento por Satélite:** Imagens de satélite serão usadas para monitorar o estado dos ativos rodoviários, identificando áreas com rachaduras, deformações ou outros problemas que possam afetar a qualidade da pavimentação.
- **Modelagem e Simulação:** Ações em modelos computacionais estão sendo desenvolvidos para prever o desempenho futuro das estradas com base em diferentes condições de tráfego e climáticas, permitindo uma gestão mais eficaz.
- **Sensores e Equipados:** Sensores e equipamentos com câmaras de fotos e filmagem vem sendo utilizados para inspecionar a qualidade do pavimento, identificando defeitos e irregularidades.
- **Sistemas de Informação Geográfica (GIS):** Os sistemas GIS estão sendo usados para mapear e gerenciar dados relacionados ao pavimento, permitindo uma análise mais precisa das condições das rodovias e uma programação mais eficiente de atividades.

Ainda nessa mesma abordagem, surgiram equipamentos de ponta especialmente desenvolvidos para aprimorar a eficiência e precisão do processo de controle tecnológico na pavimentação. Entre essas tecnologias, destaca-se o Densímetro não nuclear, utilizado para determinar a densidade do pavimento. Esses dispositivos fornecem leituras rápidas e precisas, permitindo aos engenheiros verificar se a densidade e o grau de compactação do pavimento atendem aos padrões especificados. O uso deste equipamento está previsto na norma DNIT 417/2019.



Para o controle do teor de betume, além do aparelho Rotarex, pode ser utilizado o forno Mufla de ignição. Segundo Leal et al. (2020), este método envolve a extração a quente do ligante da amostra, através de um processo de queima por convecção. O forno Mufla pode ser equipado ou não com um dispositivo interno para medição de massa e deve incluir um sistema de exaustão para minimizar a emissão de fumaça e evitar que odores indesejáveis escapem no laboratório, garantindo assim a saúde e segurança do operador. O processo de extração a quente realizado pelo forno Mufla envolve o aquecimento da amostra a uma temperatura elevada, o que permite que o ligante asfáltico seja liberado e evaporado. Em seguida, o ligante é coletado e pesado, permitindo calcular o teor de betume na amostra. Outra forma de se realizar a extração de betume é através da utilização do forno NCAT (National Center for Asphalt Technology). O ensaio está descrito na Norma ASTM D6307 – Standard Test Method for Asphalt Content of Hot Mix Asphalt by Ignition.

Para Gonçalves (2017), o equipamento é consideravelmente rápido na determinação do teor de ligante em amostras de 1200g a 1800g, em 30 a 45 minutos, sendo o método da ignição em si é praticamente todo automatizado e o equipamento é capaz de extrair betume de amostras sem o uso de solventes. Também possui filtro cerâmico para eliminar poluentes. Porém, a precisão do forno NCAT é variável em função do tipo de materiais, tendo a necessidade de ser calibrado em cada mistura asfáltica.

Para ensaio de granulometria, o uso da peneira vibratória proporciona a classificação do material por gravidade com movimento predominantemente vertical, onde o dispositivo controla as vibrações e o tempo. Para o controle de espessura das amostras extraídas através dos corpos de prova (CP), a fim de se obter facilidade de leitura e rapidez na obtenção das medições, tais medições podem ser realizadas com o paquímetro digital, em substituição da trena, para garantir maior precisão ao se retirar as quatro medidas do corpo de prova.

Por fim, uso de equipamentos como sondas de ultrassom ou radares de penetração podem ser usados para determinar a espessura do pavimento de forma não destrutiva. Isso permite uma avaliação rápida e precisa da espessura do pavimento em toda a extensão da estrada.

Pode-se perceber que esses avanços tecnológicos estão transformando os processos relativos a pavimentação, incluindo o controle de qualidade, tornando os processos mais eficientes, econômicos e sustentáveis.

## **Importância e Procedimentos do Controle Tecnológico em Obras de Pavimentação**

O controle técnico é essencial para garantir a conformidade com as normas e especificações, através de ensaios e medições para avaliar a qualidade dos serviços e materiais, assim como suas especificações (DNIT, 2006). Nesse contexto, Magalhães Junior, Oda e Novo (2016), afirmam que é essencial considerar o controle de qualidade de duas perspectivas distintas: o controle administrativo e o controle tecnológico, também conhecido como controle qualitativo. Para os autores, o controle administrativo visa verificar a conformidade da execução do trabalho com os requisitos legais e administrativos do contrato. Por sua vez, o controle tecnológico garante a conformidade com as especificações técnicas, avaliando, por meio de ensaios e medições, a qualidade dos serviços, materiais e suas respectivas aplicações. Gonçalves (2017) destaca que o objetivo do controle tecnológico é verificar se as especificações de materiais e misturas asfálticas



estão sendo atendidas. Portanto, investir em controle tecnológico é fundamental para evitar custos adicionais e garantir a durabilidade das obras.

Um ponto crucial ressaltado por Balbo (2007) é a questão da falta de controle tecnológico adequado e a negligência nos processos construtivos em obras rodoviárias no Brasil, o que pode acarretar em atrasos, custos adicionais e até mesmo em falhas estruturais. Magalhães Junior, Oda e Novo (2016) ressaltam que na construção de uma rodovia é fundamental que a qualidade seja sempre colocada como fator relevante em todas as etapas. As exigências de controle de qualidade e os métodos de ensaio são especificados para se assegurar que a obra responda às normas de qualidade mínima apropriadas ao comportamento desejado. Assim, a qualidade obtida em conformidade com as normas, por ocasião das obras, é um complemento à qualidade do projeto.

O controle de qualidade abrange, de acordo com Gonçalves (2017), não apenas ensaios para verificar a conformidade da produção com o projeto, mas também a adequação das instalações, instrumentos, calibração de equipamentos, métodos e documentações necessárias, bem como a competência técnica dos profissionais envolvidos no empreendimento.

A norma DNIT 031/2006-ES estipula diversos ensaios, como a extração de betume, controle geométrico, resistência à tração por compressão diametral (RTCD) e caracterização Marshall, para garantir o controle da qualidade das misturas asfálticas.

Fonseca (2016) explica que os controles de qualidade para o revestimento asfáltico incluem o monitoramento das temperaturas dos agregados e do ligante asfáltico, parâmetros Marshall da mistura, teor de betume, granulometria da mistura, e controle de compactação.

O método vigente nos órgãos rodoviários para dosagem de concretos asfálticos é a metodologia Marshall, mesmo com os avanços científicos na área de dosagem com o método Superpave. Gonçalves (2017). No Brasil, a determinação do teor de ligante difere para cada órgão, instituição ou empresa. O mais recorrente é a escolha do teor de ligante em relação ao Volume de Vazios correspondente a 4%, também sendo comum escolher uma média entre os teores obtidos através da máxima estabilidade e pela máxima massa específica aparente da amostra compactada (Bernucci et al., 2006).

Para garantir que o revestimento apresente uma dosagem que atenda aos requisitos normativos e de projeto, um controle tecnológico eficiente é essencial. Leal et al. (2020).

## MÉTODOS

### Identificação e contextualização de trecho através de ferramentas GIS

O GIS (acrônimo inglês de **Geographic Information System**) ou Sistemas de Informações Geográficas é uma importante ferramenta de coleta e tratamento de informações georreferenciadas, com inúmeras possibilidades de aplicação, entre elas a análise do espaço geográfico com base em um conjunto de aspectos de uma área, o que os torna uma ferramenta muito prática e de grande importância para o planejamento.

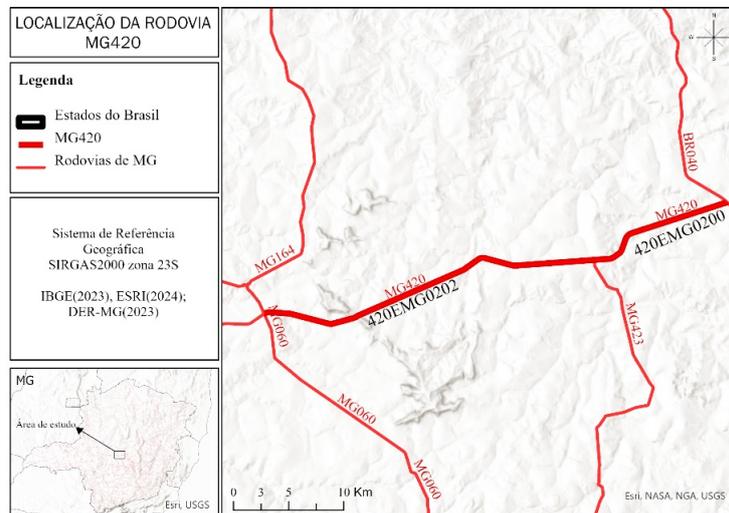


Figura 1. Localização de um trecho com uso da ferramenta *ArcGIS*. (OS AUTORES, 2024)

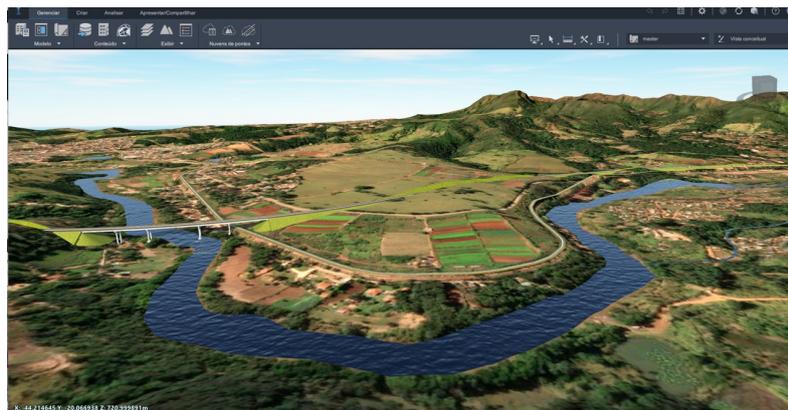


Figura 2. Localização de um trecho de estudo com uso da ferramenta *Infravorks*. (OS AUTORES, 2024)

## Coleta da amostra de Asfalto

Segundo Fonseca (2016), o controle da compactação pode ser efetuado por meio de uma sonda rotativa, que extrai CP's (Corpos de Prova) de uma camada de pavimento já executada, com o propósito de verificar o grau de compactação alcançado na referida camada. Conforme as diretrizes do DNIT (2006), o Grau de Compactação (GC) deve situar-se entre 97% e 102% para ser considerado dentro das especificações

Os procedimentos para a retirada das amostras envolvem a extração dos corpos de prova utilizando sonda extratora rotativa, conforme figura. A coleta é realizada por servidores do laboratório, em colaboração com os representantes da empresa responsável pela manutenção do trecho em questão. Este procedimento visa garantir a transparência e a cooperação entre as partes envolvidas para melhor controle de qualidade dos serviços.



Figura 3. Coleta de corpos de prova na Rodovia (OS AUTORES, 2023)

### Medidas de Diâmetro e Espessura

Em relação ao controle tecnológico da espessura da camada dos corpos de prova coletados, a Norma DNIT 031/2006-ES preconiza que ela deve ser medida por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compactação da mistura, admitindo-se uma variação de  $\pm 5\%$  em relação às espessuras de projeto

Existem vários métodos para controlar a espessura do pavimento. Ilustramos a aferição utilizando a trena, e em seguida utilizando o paquímetro digital com presença de visor, onde mostra os valores em cm/mm e também em polegadas automaticamente.



Figura 4. Controle da espessura dos corpos de prova com utilização de trena (OS AUTORES, 2023)



Figura 5. Controle da espessura dos corpos de prova com utilização de paquímetro digital (OS AUTORES, 2023)



Após a extração das amostras retiradas do pavimento, as amostras são cuidadosamente limpas em laboratório para remover todos os fragmentos indesejados e fragmentos. A medição é feita da seguinte forma: quatro pontos opostos de referência são medidos e a média entre esses pontos corresponde às dimensões do corpo de prova. A tabela abaixo ilustra o ponto exato da coleta, espessura medida e a posição do furo em relação ao eixo da via.

Rodovia MG 420 /MG060 entr.BR 040 Pompéu		
Quilômetro (KM)	Espessura média (cm)	Posição do Furo em Relação a Via
0,1	4,5	LADO DIREITO
1,5	4	EIXO
2,6	4,8	LADO ESQUERDO

Tabela 1. Controle da espessura dos corpos de prova após medição (OS AUTORES, 2023)

## Teor de Betume

Em relação ao controle do teor de betume, Leal et al. (2020) indicam que é realizado de acordo com normas brasileiras padronizadas, como a DNIT 158/2011-ME, DNER-ME 053/94 e NBR 16208:2013.

Citamos como exemplo de aplicação:

O Método do Rotarex, onde a finalidade é a extração de betume corpo de prova, através do método centrífuga utilizando percloroetileno como solvente.



Figura 7. Aparelho Rotarex (<https://renacerindustriacatalogo/rotarex-manual - 2023>)

E o Forno Mufla para extração de Betume – NCAT, que é constituído por um aparelho de alta precisão, combinando um forno de ignição com um sistema de pesagem contínua para monitorar automaticamente a perda de peso da amostra de asfalto e determinação do teor do ligante no final do ensaio.



Figura 8. Forno Mufla para extração de Betume (<https://www.primotradesolutions.com - 2023>)



Utilizando percloroetileno como solvente, foram realizadas determinações do percentual de betume em três corpos de prova extraídos da camada do pavimento com o aparelho rotarex.

Rodovia MG 420 /MG060 entr.BR 040 Pompéu		
Quilômetro (KM)	teor de Betume % CAP	Posição do Furo em Relação a Via
0,1	5,6	LADO DIREITO
1,5	5,5	EIXO
2,6	5,6	LADO ESQUERDO

Tabela 2. Controle do teor de betume de corpos de prova após extração (OS AUTORES, 2023)

## Granulometria

A análise da granulometria do solo verifica a distribuição das partículas que nele constituem, sejam elas de natureza inorgânica ou mineral, em classes de tamanho. Essa informação também é chamada de fração granulométrica.

De acordo com Fonseca (2016), para verificar e conferir a faixa granulométrica empregada, é realizado o ensaio de granulometria de acordo com a norma, utilizando o agregado restante da amostra utilizada no ensaio de extração de betume. Esse ensaio avalia a distribuição de tamanho das partículas presentes no material após a remoção do betume, o que influencia diretamente características como compactabilidade, permeabilidade, resistência e aderência do material

Nos ensaios de análise granulométrica, devem ser considerados o peso da amostra utilizada, o tempo e a precisão do ensaio, além da forma como será conduzido o ensaio:

- Peneiramento manual onde o operador conduz o ensaio agitando as amostras no conjunto de peneiras.



Figura 9. Conjunto de peneiras em peneiramento manual (OS AUTORES, 2023)

- Peneirador vibratório ou agitador de peneiras: é um dispositivo para controle das vibrações e tempo.



Os resultados da análise granulométrica são mostrados nas figuras 11 e 12 onde o objetivo é o enquadramento das curvas nos limites estabelecidos para faixas de trabalho.

Km	ESPESSURA (cm)	GRANULOMETRIA (% passando)										
		2"	1 1/2 "	1"	3/4 "	1/2 "	3/8"	#4	#10	#40	#80	#200
		50,8	38,1	25,4	19,0	12,7	9,5	4,8	2,0	0,42	0,18	0,075
0,100	4,5		100	100	100	98,8	87,2	63,1	41,4	15,8	11,4	9,4
1,500	4,0		100	100	100	100	92,8	66,0	42,5	18,1	12,2	9,8
2,600	4,8		100	100	100	100	87,6	67,6	33,9	18,6	13,2	10,9

Figura 11 – Análise Granulométrica. (Os autores, 2024)

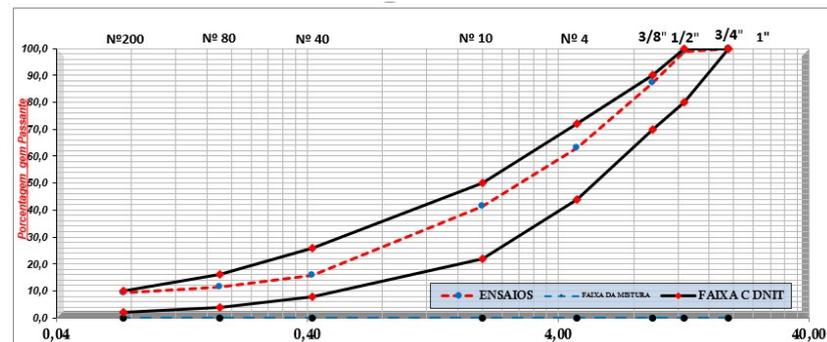


Figura 12 - Curva Granulométrica (OS AUTORES, 2024)

## DISCUSSÕES

Neste estudo, foi proposto apresentar avanços tecnológicos, discutir e avaliar os processos utilizados na pavimentação asfáltica.

A importância desses ensaios no controle tecnológico de obras de pavimentação reside na sua capacidade de fornecer informações precisas e confiáveis sobre as propriedades dos materiais utilizados. Por meio da análise dos resultados desses ensaios, os engenheiros podem avaliar se as misturas asfálticas atendem aos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas e especificações do projeto, garantindo assim a qualidade e a durabilidade das vias pavimentadas.

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, algumas dificuldades surgem durante a implementação dessas inovações. Uma das principais dificuldades é a resistência à mudança, seja devido a preocupações com custos adicionais ou à falta de familiaridade com as novas tecnologias. Além disso, a necessidade de investimentos significativos em treinamento e infraestrutura pode representar um desafio adicional para órgãos governamentais e empresas do setor.

Apesar dessas dificuldades, os benefícios do controle tecnológico na pavimentação são inegáveis. A capacidade de monitorar de forma precisa e contínua o estado das estradas, identificar problemas antes que se tornem críticos e otimizar os processos de construção e manutenção resulta em economia de custos a longo prazo, maior segurança para os usuários das vias e uma infraestrutura rodoviária mais resiliente às condições climáticas e ao tráfego intenso.



Além disso, a implementação bem-sucedida do controle tecnológico promove uma cultura de qualidade e inovação dentro das organizações, incentivando a busca contínua por melhores práticas e soluções mais eficientes. A padronização dos procedimentos de controle e a adoção de equipamentos modernos também contribuem para a transparência e accountability em projetos de pavimentação, garantindo que as normas e regulamentos sejam rigorosamente seguidos.

Diante disso, concluímos que o investimento em controle tecnológico é fundamental para o desenvolvimento sustentável das infraestruturas rodoviárias no Brasil. Ao superar as dificuldades inerentes e aproveitar as vantagens oferecidas pelas inovações, podemos garantir vias mais seguras, duráveis e eficientes para o transporte rodoviário, promovendo o crescimento econômico e a qualidade de vida da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALBO, J.T. Pavimentação Asfáltica: Materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007
- BERNUCCI, L.B. et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. PETROBRÁS. ABEDA. Rio de Janeiro, 2008
- BONFIM, VALMIR. Pavimento Sustentável.1. ed. São Paulo,2021
- CARAVANTES, G.R.; PANNO, C.C.; KLOECKNER, M.C. Administração: Teorias e processos. São Paulo: Pearson, 2008.
- COLTRE, Sandra Maria. Fundamentos da administração: um olhar transversal. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2014. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2024.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM.(DNER).ME 043/95: Misturas Betuminosas a Quente-ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM.(DNER).ME 053/94: Misturas Betuminosas – Porcentagem de Betume. Rio de Janeiro, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM.(DNER).ME 083/98: Agregados-Análise Granulométrica. Rio de Janeiro,1998 –Porcentagem de Betume. Rio de Janeiro, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). ME 117/94: Mistura Betuminosa-determinação da densidade Aparente. Rio de Janeiro, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 031/2006 ES: Pavimentos Flexíveis: concreto asfáltico: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 031/2006. Manual de Pavimentação. Rio de Janeiro, RJ :IPR 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 131/94: Solos – módulo de resiliência de amostras compactadas. Rio de Janeiro, 1994
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 417/19: Solos – Solos – Controle de Compactação com Equipamento Densímetro Eletromagnético – Método de Ensaio.Rio de Janeiro, 2019



FONSECA, A.M. Avaliação da influência do Controle Tecnológico na Qualidade de Obras de Pavimentação- Estudo de caso: Viário do Parque Olímpico. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016

FORTES, R. M.; MERIGHI, J. V. Controle tecnológico e controle de qualidade - um alerta sobre sua importância. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2004. Brasília. Anais do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2004.

GONÇALVES, Bruno César Silva. Avaliação dos Procedimentos para Determinação de Teor de Ligante e Granulometria em Concretos Asfálticos de diferentes faixas Granulométricas e origens Mineralógicas. Santa Maria, RS. 2017.

LEAL, K. S;ALMEIDA,M.S.S;SOUZA,T.A.;NETO,F.A.S;COSTA,W.G.S.Avaliação da eficiência da mufla na extração de ligantes d misturas asfálticas densas.34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET,2020.

MAGALHAES Junior, F. L., Oda, S., & Novo, J. M. F. (2016). Título: Desenvolvimento de um sistema de qualidade das obras de infraestrutura de transportes. [Projeto de Pesquisa]. (Área de Concentração: Desenvolvimento Urbano e Infraestrutura, Tema: Transportes e Mobilidade Urbana). Escola de Contas TCE RJ.

MANCILHA, Ogor O; LEMOS, Carolina. L; PEREIRA, Alex G. Controle tecnológico de uma obra asfáltica da Avenida Farquar/RO. Revista de Engenharia e Tecnologia. V.13, nº4, dezembro 2021.

MARCHEZINE, Silvana,F; CRUZ, Danilo A; FIGUEIREDO,Luiz C; Controle tecnológico da camada de revestimento de cauq de Cuiabá: análise das propriedades. 43ª RAPv – Reunião anual de pavimentação e 17º ENACOR – Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 2014.

MEDINA, J. MOTTA, L.M.G. Mecânica dos pavimentos. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005, 570 p.