

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
PARAÍBA
CAMPUS PATOS
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

GABRIEL MORAIS FERNANDES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE NA APLICAÇÃO DE
CBUQ POR DUAS EQUIPES EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO
PORTE**

**PATOS - PB
2025**

GABRIEL MORAIS FERNANDES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE NA APLICAÇÃO DE
CBUQ POR DUAS EQUIPES EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO
PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da
Paraíba – *Campus Patos*, como requisito
parcial à obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador (a): Profa. Esp. Larissa
Layerr Oliveira de Medeiros e Lima

**PATOS - PB
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CAMPUS PATOS/IFPB

F363a Fernandes, Gabriel Morais.

Análise comparativa da produtividade na aplicação de CBUQ por duas equipes em municípios de pequeno e médio porte / Gabriel Morais Fernandes. - Patos, 2025.
68 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Civil)-Instituto Federal da Paraíba, Campus Patos-PB, 2025.

Orientador(a): Profa. Esp. Larissa Layerr Oliveira de Medeiros e Lima

1. Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) 2. Pavimentação asfáltica 3. Planejamento de obras - Obras públicas I. Título II. Lima, Larissa Layerr Oliveira de Medeiros e III. Instituto Federal da Paraíba.

CDU –625.85

GABRIEL MORAIS FERNANDES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE NA APLICAÇÃO DE
CBUQ POR DUAS EQUIPES EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO
PORTE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
da Paraíba – *Campus* Patos, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador (a): Profa. Esp. Larissa Layerr Oliveira
de Medeiros e Lima

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Larissa Layerr Oliveira de Medeiros e Lima (orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Profa. (1º Examinadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

(2º Examinador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

“O coração do homem planeja o seu próprio caminho, mas o Senhor lhe dirige os passos”.

- Provérbios 16:9

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Mapa de Localização das usinas e seus municípios abastecidos.

Figura 2: Registro de uma usina de asfalto em produção, mistura asfáltica desenvolvida para suportar o tráfego intenso.

Figura 3: Representação ilustrada das camadas do revestimento de CBUQ.

Figura 4: Corte esquemático do pavimento flexível.

Figura 5: Ilustração de pavimento flexível

Figura 6: Pavimento Flexível em rodovia.

Figura 7: Mapa de Localização das cidades analisadas na pesquisa.

Figura 8: Produtividade diária, em toneladas, da equipe 1, no município de Brejo dos Santos-PB.

Figura 9: Infográfico para ilustrar a produtividade diária da Equipe 1 em São Domingos

Figura 10: Desempenho/produtividade diária da Equipe 1 em São José da Lagoa Tapada.

Figura 11: Imagem para referenciar a produtividade diária da Equipe 2 em São Francisco.

Figura 12: Infográfico para ilustrar a produtividade diária da Equipe 2 em Vieirópolis.

Figura 13: Infográfico para ilustrar a produtividade diária da Equipe 2 em Tavares.

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1: Comparativo entre pavimento flexível e pavimento rígido.

Tabela 2: Dados de produtividade da equipe 1 para o período de observação e média diária de produção.

Tabela 3: Dados discriminados da produtividade da Equipe 1 na cidade de Brejo dos Santos – PB.

Tabela 4: Dados discriminados da pesquisa referente a produtividade da Equipe 1 em São Domingos.

Tabela 5: Dados discriminados da pesquisa referente a São José da Lagoa Tapada.

Tabela 6: Dados de produtividade da equipe 1 para o período de observação e média diária de produção.

Tabela 7: Dados discriminados referente a atuação da Equipe 2 no município de São Francisco.

Tabela 8: Dados discriminados da pesquisa referente a produtividade da Equipe 2 na cidade de Vieirópolis.

Tabela 9: Dados discriminados da pesquisa referente a produção da Equipe 02 na cidade de Tavares

Tabela 10: Quadro de perguntas e respostas dos entrevistados das equipes para a nossa pesquisa.

LISTA DE SIGLAS:

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PMQ – Plano de Controle Tecnológico (conforme aparece citado no contexto da aplicação do CBUQ)

BR – Rodovia Federal (referente às vias com denominação BR-XXX)

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

SICRO – Sistema de Custos Rodoviários

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

AGRADECIMENTOS:

Esta monografia pode ter apenas um autor, mas este autor não teria conseguido fazer quase nada sem as seguintes pessoas aqui listadas. Portanto, com isso em mente: Obrigado, Deus. Fonte de toda força e sabedoria. Em meio às incertezas, quando minhas forças se esgotaram e a caminhada parecia pesada demais, foi a presença *dEle* quem me sustentou. Deus foi meu abrigo no cansaço, minha luz na dúvida e minha paz quando tudo ao redor parecia fadado as ruínas. Nenhuma palavra seria suficiente para expressar a gratidão que carrego em meu coração por Ele colocar no meu caminho as pessoas que me consertam.

À minha mãe, Socorro Moraes Fernandes, exemplo de coragem, entrega e amor incondicional. Seu esforço diário, suas renúncias silenciosas e seu apoio constante foram o solo fértil onde plantei esta conquista. Muito do que sou hoje devo à sua dedicação inabalável, que me fez entender o real sentido da vida e do amor puro e verdadeiro: sem seu apoio e carinho, eu nada seria.

Ao meu pai, Adelgisio Amaro Fernandes Neto, por sua presença firme, mesmo nos momentos em que o silêncio falou mais alto que as palavras. Seu apoio foi essencial, ainda que muitas vezes expressado de maneira discreta.

Às minhas primas, Maria Eduarda Fernandes Pegado e Laura Cecília Pereira Fernandes, e às minhas avós, Antônia Maria do Nascimento de Moraes e Cosma Maria de Araújo Fernandes, minhas *Marias* – que representam a força e o carinho da minha família. Obrigado por me ensinarem tudo com toda dedicação, atenção e amor do mundo. Vocês estarão sempre na coletânea de realizações da minha vida. Sou grato por estarem sempre por perto, oferecendo acolhimento, incentivo e amor sincero.

À professora Larissa Layerr, minha orientadora, por cuidar de tudo. Obrigado pelo apoio e, principalmente, pela paciência durante todo o processo deste trabalho. Sua disponibilidade e compreensão fizeram diferença nessa reta final. Sempre serei grato por ter me recebido tão bem, me auxiliado, mapeado e me dado às instruções certas, enquanto eu estava perdido na pesquisa.

À minha família em Cristo, que chegou nos momentos finais da jornada, mas que, não menos importante, trouxe força, fé e encorajamento. Vocês renovaram em mim a certeza de que eu não caminhava sozinho. Concernentemente, agradeço sinceramente a todos que, de alguma maneira, estiveram presentes nessa etapa tão significativa da minha

vida. Cada palavra de apoio, cada gesto de carinho, cada demonstração de confiança — por menor que parecessem — contribuíram de forma única para que eu alcançasse este resultado. Levo cada um de vocês comigo, não apenas na memória, mas como parte viva desta conquista.

Vencemos. E isso é só o começo do trajeto.

Por fim, ao Instituto Federal da Paraíba por me proporcionar um ensino crítico e de qualidade. A todos os membros do passado, do presente e do futuro do *Campus Patos*, por serem companheiros de escrita tão atenciosos e compreensivos. A todos os/as autores/as mais experientes que me incluíram e ajudaram durante os últimos anos — e eventos. Escrever pode ser um trabalho solitário, mas não para mim, porque sempre tive vocês. Gostaria de poder listar todos.

RESUMO:

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é amplamente utilizado na pavimentação urbana e rodoviária brasileira, destacando-se por sua durabilidade, resistência e viabilidade técnica e econômica. Nesse sentido, a produtividade na sua aplicação pode variar significativamente em função de fatores técnicos, humanos e gerenciais, especialmente em municípios de pequeno e médio porte. Este estudo teve como objetivo analisar comparativamente a produtividade de duas equipes operacionais na aplicação de CBUQ em obras públicas municipais da Paraíba, identificando os elementos que influenciam o rendimento e a eficiência dos processos de pavimentação. Para isso, foram mensurados e comparados indicadores de desempenho físico, mapeados fatores logísticos e ambientais, e avaliados impactos sobre prazo, custo e qualidade. A pesquisa adotou abordagem quantitativa com complementação interpretativa, utilizando dados obtidos em boletins de produção, relatórios técnicos, mapas de transporte e registros meteorológicos. A análise baseou-se nos parâmetros de referência do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO/DNIT) e na técnica de Análise de Conteúdo para interpretação dos fatores condicionantes. Os resultados evidenciaram que, embora ambas as equipes tenham apresentado desempenhos consistentes, a Equipe 1 obteve produtividade média superior (191,35 t/dia) em relação à Equipe 2 (154,61 t/dia), atribuída principalmente a melhor organização operacional, logística mais eficiente e maior regularidade no fluxo de trabalho. Constatou-se que variáveis como distância da usina, condições climáticas, qualificação técnica, liderança e coordenação das tarefas exercem influência direta sobre a produtividade final. O estudo conclui que a otimização da aplicação do CBUQ em contextos municipais demanda integração entre gestão técnica, planejamento logístico e valorização da mão de obra, visando reduzir custos, garantir qualidade e ampliar a eficiência na execução das obras públicas.

Palavras-chave: Produtividade; Concreto Betuminoso Usinado a Quente; Pavimentação asfáltica; Gestão de obras públicas; Municípios de pequeno e médio porte.

ABSTRACT:

Hot Mix Asphalt Concrete (HMBAC) is widely used in Brazilian urban and road paving, notable for its durability, strength, and technical and economic viability. However, productivity in its application can vary significantly depending on technical, human, and managerial factors, especially in small and medium-sized municipalities. This study aimed to comparatively analyze the productivity of two operational teams applying HMBAC on municipal public works projects in Paraíba, identifying the elements that influence the yield and efficiency of paving processes. To this end, physical performance indicators were measured and compared, logistical and environmental factors were mapped, and impacts on time, cost, and quality were assessed. The research adopted a quantitative approach with interpretative complementation, using data obtained from production bulletins, technical reports, transportation maps, and meteorological records. The analysis was based on the reference parameters of the Construction Reference Cost System (SICRO/DNIT) and the Content Analysis technique to interpret the determining factors. The results showed that, although both teams presented consistent performances, Team 1 achieved higher average productivity (191.35 t/day) than Team 2 (154.61 t/day), primarily attributed to better operational organization, more efficient logistics, and greater regularity in the workflow. It was found that variables such as distance from the plant, weather conditions, technical qualifications, leadership, and task coordination directly influence final productivity. The study concludes that optimizing the application of the CBUQ in municipal contexts requires integration between technical management, logistical planning, and workforce development, aiming to reduce costs, ensure quality, and increase efficiency in the execution of public works.

Keywords: Productivity; Hot Mix Asphalt Concrete; Asphalt Paving; Public Works Management; Small and Medium-Sized Municipalities.

RESUMEN:

El Hormigón Asfáltico Mezclado en Caliente (HMBAC) se utiliza ampliamente en la pavimentación urbana y vial brasileña, destacando por su durabilidad, resistencia y viabilidad técnica y económica. Sin embargo, la productividad en su aplicación puede variar significativamente en función de factores técnicos, humanos y de gestión, especialmente en municipios pequeños y medianos. Este estudio tuvo como objetivo analizar comparativamente la productividad de dos equipos operativos que aplican HMBAC en proyectos de obras públicas municipales en Paraíba, identificando los elementos que influyen en el rendimiento y la eficiencia de los procesos de pavimentación. Para ello, se midieron y compararon indicadores de rendimiento físico, se mapearon factores logísticos y ambientales, y se evaluaron los impactos en tiempo, costo y calidad. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con complementación interpretativa, utilizando datos obtenidos de boletines de producción, informes técnicos, mapas de transporte y registros meteorológicos. El análisis se basó en los parámetros de referencia del Sistema de Costos de Referencia de la Construcción (SICRO/DNIT) y la técnica de Análisis de Contenido para interpretar los factores determinantes. Los resultados mostraron que, si bien ambos equipos presentaron un rendimiento consistente, el Equipo 1 logró una mayor productividad promedio (191,35 t/día) que el Equipo 2 (154,61 t/día), debido principalmente a una mejor organización operativa, una logística más eficiente y una mayor regularidad en el flujo de trabajo. Se observó que variables como la distancia a la planta, las condiciones climáticas, la cualificación técnica, el liderazgo y la coordinación de tareas influyen directamente en la productividad final. El estudio concluye que optimizar la aplicación del CBUQ en contextos municipales requiere la integración de la gestión técnica, la planificación logística y el desarrollo del personal, con el objetivo de reducir costos, garantizar la calidad y aumentar la eficiencia en la ejecución de obras públicas.

Palabras clave: Productividad; Hormigón Asfáltico en Caliente; Pavimentación Asfáltica; Gestión de Obras Públicas; Municipios Pequeños y Medianos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO:	15
2. OBJETIVOS:	21
3. REFERENCIAL TEÓRICO:	22
3.1 Produtividade na Construção Civil:	22
3.2 Concreto Betuminoso Usinado A Quente:	27
3.3 Indicadores de Desempenho e Estudos Comparativos em Contexto Municipal:	31
4. PERCURSO METODOLÓGICO:	35
4.1 Abordagem e tipo da pesquisa:	36
4.2 Delimitação Temporal e Espacial:	36
4.3 Unidade de análise:	36
4.4 Critérios de Seleção das Equipes:	36
4.5 Procedimentos de Coleta de Dados:	37
4.6 Da técnica de análise dos dados:	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Elementos, produtividade e desenvolvimento da Equipe 1:	42
5.2 A produtividade da Equipe 2 na realidade dos municípios:	48
5.3 Análise da produtividade – um comparativo entre as equipes:	55
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS:	60
REFERÊNCIAS:	64

1. INTRODUÇÃO

A produtividade em obras públicas é um fator determinante para a eficiência da gestão municipal, sobretudo em contextos de restrição orçamentária e operacional. O modo como se planeja e se utiliza o tempo, a mão de obra e os materiais impacta diretamente a qualidade dos serviços e a satisfação da população (Gil, 2019). Entre as intervenções mais recorrentes nos municípios brasileiros, a pavimentação asfáltica se destaca pela relevância estratégica no desenvolvimento urbano, econômico e social.

De acordo com o DNIT (2022), o Brasil possui uma extensão de aproximadamente 75.800 km em malha rodoviária federal, dos quais cerca de 65.400 km são pavimentados e 10.400 km não pavimentados. No estado da Paraíba, a malha rodoviária estadual é composta por aproximadamente 37.000 km de rodovias, conforme o Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER-PB). Em relação à pavimentação, o estado alcançou a marca de 100% dos municípios com acesso asfaltado, atingindo esse objetivo ainda no ano de 2017. Indo além, em 2024, o investimento federal na melhoria da infraestrutura de transportes da Paraíba foi de R\$ 423,6 milhões, representando um aumento de 352% em relação a 2022 (GOV, 2024).

O Brasil é um dos países com maior dependência de modal rodoviário para transporte de cargas, que representa 61% da matriz de transporte brasileira, e mesmo após mudanças significativas no atual cenário, o transporte terrestre continua sendo o meio mais utilizado em território brasileiro, entretanto, apesar de o país possuir larga malha viária, ainda está abaixo do adequado quando comparado a outros países (CNT, 2017).

De acordo com o anuário da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2019), a infraestrutura rodoviária atualmente disponível para veículos automotores não consegue suprir a crescente demanda do setor. Mesmo assim, O Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR) estima que somente para 2025 serão necessários cerca de R\$ 17 bilhões para manutenção e recuperação de rodovias federais, sendo R\$ 12,6 bilhões voltados para manutenção de pavimentos. De acordo com o Portal do TCU (2024), em 2024, o investimento foi de aproximadamente R\$ 6,99 bilhões, e em 2025 estimado em R\$ 7,95 bilhões, para manutenção e recuperação pelo DNIT, bem abaixo do necessário.. É importante destacar que o cálculo dos custos de obras de infraestrutura em transportes é reconhecido enquanto uma tarefa complexa. Nesse sentido, os custos médios (baseados em dados históricos e em soluções padronizadas) funcionam como ferramentas valiosas

para o planejamento, permitindo estimar o orçamento necessário para projetos com características semelhantes a outros já realizados.

Segundo o Relatório de Custos Médios Gerenciais do DNIT (2017), o investimento médio para revestimentos asfálticos no Brasil gira em torno de R\$ 3.159.000,00 por quilômetro, considerando a implantação de pavimento flexível em pista simples, com faixa de 3,6 m e acostamento de 2,5 m, ambos com revestimento em CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente), com espessura de 10 cm.. No contexto atual da pavimentação no país, existem diversos desafios que precisam ser enfrentados. Entre eles, destaca-se a condição precária de conservação da malha rodoviária, resultado de um longo período de deterioração progressiva da infraestrutura. Esse cenário decorre da combinação de investimentos insuficientes, decisões inadequadas na alocação de recursos e falhas na execução técnica dos projetos, fatores que geralmente culminam em aumento de custos e atrasos na entrega das obras (CNT, 2017).

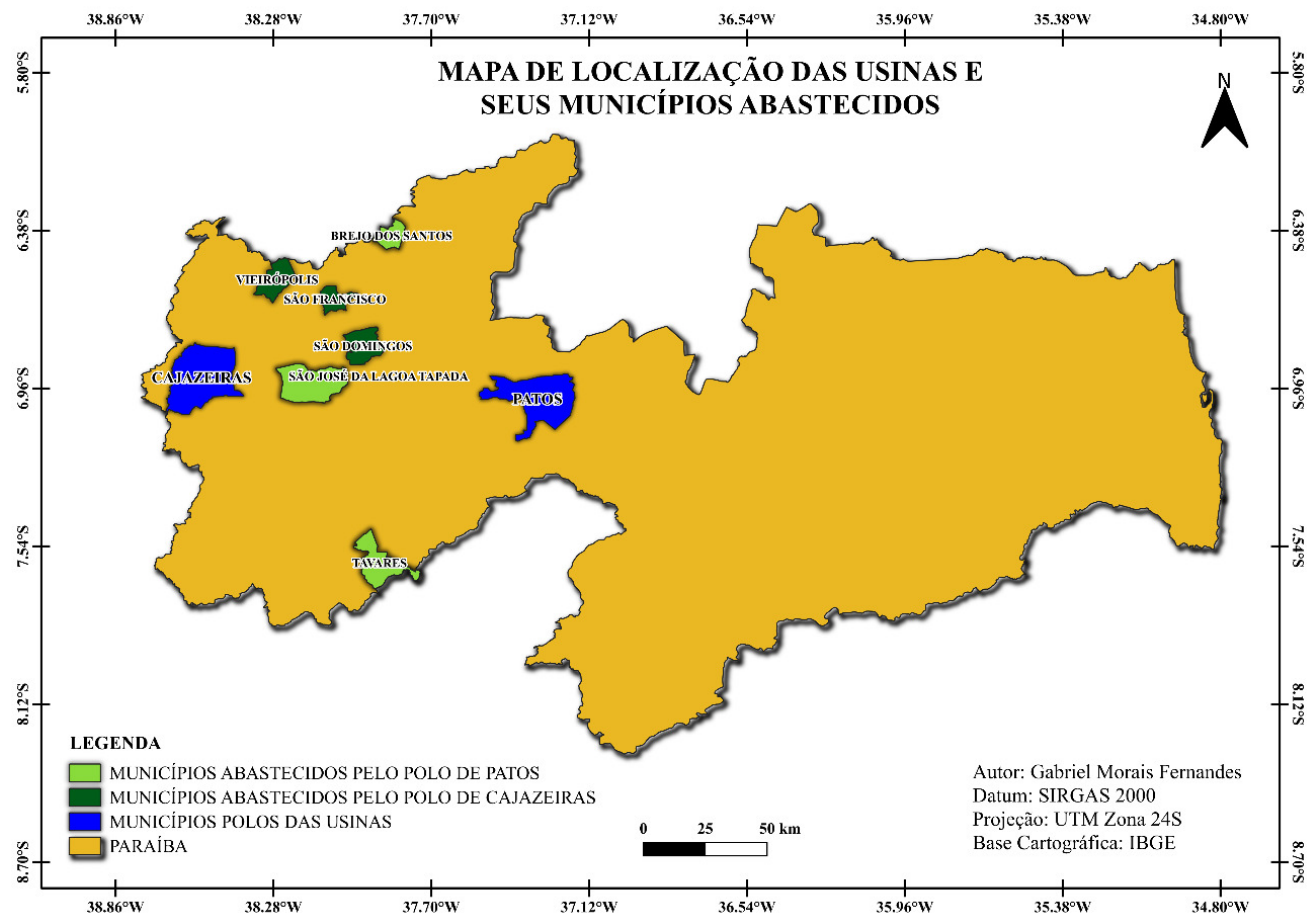
Nesse cenário, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) consolidou-se como uma das técnicas mais utilizadas devido à sua durabilidade, resistência e versatilidade (Brito *et al.*, 2020). Sua aplicação, entretanto, exige um conjunto de procedimentos padronizados e a atuação coordenada de equipes qualificadas, de modo que pequenas variações na organização e na execução podem gerar diferenças significativas no desempenho (Silva e Moreira, 2023). Ressalta-se ainda que a pavimentação representa parcela relevante dos investimentos públicos em infraestrutura, reforçando a importância de estudos voltados à eficiência de sua execução.

Apesar da ampla utilização do CBUQ, observa-se, na prática, discrepância na produtividade entre equipes de pavimentação, mesmo quando inseridas em contextos operacionais semelhantes. Essa constatação evidencia a necessidade de investigar os fatores que explicam tais variações (sejam eles técnicos, humanos ou gerenciais). Assim, o problema de pesquisa pode ser formulado nos seguintes termos: quais fatores determinam as diferenças de produtividade entre equipes que executam serviços de pavimentação com CBUQ em municípios paraibanos?

Parte-se da hipótese de que o desempenho não depende apenas da disponibilidade de insumos ou de condições climáticas, mas é fortemente influenciado pela organização das rotinas operacionais, pela logística de transporte do material, pelo nível de capacitação da equipe e pela forma de atuação da gestão. Acredita-se, portanto, que a comparação entre as equipes analisadas evidenciará diferenças de produtividade, hipótese sustentada pela diversidade em suas rotinas de trabalho e pelo nível distinto de

capacitação dos integrantes, aspectos que justificam a expectativa de desempenho desigual. O estudo delimita-se ao contexto de seis municípios de pequeno e médio porte localizados no estado da Paraíba: Brejo dos Santos, São Francisco, São Domingos, Vieirópolis, São José da Lagoa Tapada e Tavares, que iremos apresentar na Figura 1, logo abaixo, evidenciando a localização e contextualização desses municípios no estado da Paraíba. Nesses locais, as duas equipes investigadas atuaram em obras de pavimentação, cujos registros de execução (como o tempo de realização das atividades, a quilometragem executada e as condições de logística) foram sistematizados para análise. Para preservar a identificação dos grupos, eles serão denominados neste trabalho como Equipe 1 e Equipe 2.

Figura 1: Mapa de Localização das usinas e seus municípios abastecidos.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

Do ponto de vista metodológico, trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, com objetivos descritivos e comparativos. Foram utilizados dados operacionais internos fornecidos pela empresa NIEMAIA, responsável pela execução das obras, obtidos mediante termo de consentimento e compromisso. A análise fundamenta-se em indicadores de desempenho, complementados por observações de campo e revisão da literatura especializada.

Espera-se, com esta investigação, oferecer contribuições práticas e teóricas. No âmbito acadêmico, o estudo amplia o conhecimento sobre gestão da produtividade em obras públicas, especialmente em realidades municipais pouco exploradas pela literatura. No campo profissional, os resultados podem subsidiar tanto empresas executoras quanto prefeituras na adoção de boas práticas, no aperfeiçoamento da gestão e no uso mais eficiente dos recursos destinados à pavimentação.

O desempenho da construção civil pode ser considerado um termômetro da economia nacional. Apesar da retração vivenciada em períodos de crise econômica, o setor mantém relevância por absorver um grande contingente de trabalhadores, especialmente aqueles com baixa escolaridade. Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em parceria com a FGV, em 2012 o setor empregava cerca de sete milhões de pessoas, sendo a maioria em condições informais. Esse cenário repercute diretamente na produtividade, inclusive na execução de pavimentações asfálticas com CBUQ, uma vez que a eficiência depende de uma cadeia produtiva bem estruturada e tecnicamente qualificada.

Mojahed e Aghazadeh (2007) destacam que fatores como experiência da equipe, organização do trabalho, planejamento adequado e disponibilidade de materiais estão entre os mais influentes na produtividade de obras. Tais elementos são diretamente aplicáveis à pavimentação asfáltica, onde o controle logístico do transporte de massa asfáltica e a regularidade do ritmo de aplicação são cruciais.

Ao propor uma análise comparativa entre as duas equipes aqui referenciadas e que serviram de apoio para a realização da nossa pesquisa, o presente trabalho busca compreender como diferentes práticas de gestão e execução impactam diretamente na produtividade e na qualidade dos serviços prestados. Nesse sentido, pretendemos oferecer subsídios técnicos que podem acabar orientando tanto os gestores públicos quanto os profissionais da área da engenharia civil, no sentido de promover intervenções mais eficazes, econômicas e sustentáveis no setor. Além disso, a pesquisa contribui para a ampliação do conhecimento científico sobre a gestão da produtividade em obras públicas,

temática ainda pouco explorada na realidade dos pequenos e médios municípios brasileiros.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é **analisar comparativamente a produtividade de duas equipes operacionais na aplicação de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) em obras públicas municipais da Paraíba**, identificando os fatores que influenciam seus desempenhos e os impactos dessas variações na eficiência da execução, e os objetivos específicos são:

- a) Quantificar e comparar os indicadores de desempenho físico das duas equipes na aplicação de CBUQ em obras municipais;
- b) Mapear os principais fatores técnicos, humanos e gerenciais que influenciam a produtividade das equipes analisadas;
- c) Avaliar os impactos das variações de produtividade sobre a eficiência global das obras, considerando prazo, custo e qualidade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico que fundamenta a pesquisa, estruturado em torno de quatro eixos principais. O primeiro aborda a produtividade na construção civil, destacando conceitos, métodos de medição e sua relevância como ferramenta de gestão e planejamento. Em seguida, será discutida a aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), técnica consolidada em obras públicas, com ênfase em suas características, vantagens e desafios no contexto municipal.

O terceiro eixo concentra-se nos indicadores de desempenho e nos fatores que influenciam a eficiência das equipes operacionais, contemplando aspectos técnicos, humanos, organizacionais e logísticos. Por fim, o capítulo discute as práticas de gestão em obras públicas municipais, considerando as particularidades de municípios de pequeno e médio porte e a forma como essas práticas impactam o rendimento das equipes e a qualidade final da pavimentação.

Com essa estrutura, o referencial teórico busca oferecer a base conceitual e analítica necessária para compreender as diferenças de produtividade entre as equipes estudadas, relacionando a literatura especializada às evidências levantadas na pesquisa.

3.1 Produtividade na Construção Civil

A produtividade na construção civil é compreendida como a relação entre a quantidade de trabalho executado (output) e os recursos utilizados (input), como mão de obra, tempo, materiais e capital financeiro (Formoso; Loures, 1992). Essa métrica é fundamental para avaliar a eficiência dos processos construtivos, permitindo otimizar o uso dos recursos disponíveis e promover maior racionalização nas obras, sobretudo no setor público.

Em se tratando de obras públicas, medir e analisar a produtividade torna-se ainda mais relevante, pois está diretamente relacionada à gestão eficaz dos projetos, possibilitando o planejamento adequado das atividades, a detecção de gargalos produtivos e a alocação precisa dos recursos (Guedes; Melhado, 2015). Entretanto, é necessário compreender que a produtividade não é um valor fixo e universal. Pelo contrário, ela varia conforme múltiplos fatores contextuais, como as condições climáticas, a qualificação da

equipe, a complexidade do projeto, as características do solo e a disponibilidade de insumos (Lima Junior; Formoso, 2005).

Essa variabilidade exige que os gestores avaliem continuamente os indicadores de produtividade de acordo com a realidade específica de cada obra. Ferramentas como o Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO, disponibilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), oferecem parâmetros de produtividade e custo aplicáveis, especialmente em obras rodoviárias. No entanto, tais parâmetros devem ser adaptados com base em medições locais, considerando os aspectos particulares de cada município, tipo de pavimento, e condições operacionais (DNIT, 2021). Como reforçam Souza e Melo (2017), “disponibilizados os recursos certos, na hora e locais adequados, pode-se ter um ambiente mais organizado e, portanto, com menor custo e maior segurança”, o que implica a necessidade de gestão estratégica das variáveis produtivas em campo.

Para o monitoramento sistemático do desempenho em obras, um dos modelos teóricos mais utilizados é a Análise de Valor Agregado (*Earned Value Management* – EVM). Segundo PMBOK (PMI, 2021), essa abordagem integra informações sobre custo, prazo e escopo, permitindo aos gestores uma avaliação precisa do progresso físico-financeiro da obra. A EVM utiliza indicadores como o Índice de Desempenho de Custo (CPI) e o Índice de Desempenho de Prazo (SPI), que comparam, respectivamente, o custo real e o valor planejado com o trabalho efetivamente executado. Quando bem aplicada, essa metodologia fornece uma base sólida para decisões gerenciais mais assertivas e para a antecipação de desvios no cronograma e no orçamento.

Portanto, no contexto das obras públicas municipais, a análise da produtividade deve ser conduzida com rigor metodológico, apoiada em dados objetivos e considerando modelos teóricos robustos, como o EVM e os parâmetros do SICRO, de forma a garantir uma gestão eficiente e resultados satisfatórios tanto do ponto de vista técnico quanto financeiro. As diretrizes do sistema SICRO demonstram que qualquer variação significativa na produtividade deve ser compreendida à luz de múltiplas dimensões: logística, técnica, ambiental e normativa. Isso reforça a ideia de que a eficiência em obras públicas não pode ser avaliada apenas pela comparação de indicadores médios de produção, mas exige uma leitura integrada das condições em que se realiza cada etapa do processo construtivo.

A produtividade na construção civil é usualmente definida como a relação entre a quantidade de serviços executados e os recursos empregados — como tempo, materiais,

mão de obra e equipamentos (Santos; Oliveira, 2018; Souza *et al.*, 2021). Trata-se de um indicador essencial para avaliar a eficiência dos processos construtivos, permitindo relacionar custos, prazos e qualidade final da obra (Lima e Cardoso, 2019).

No caso das obras de pavimentação asfáltica, a produtividade assume relevância particular, pois essas intervenções estão entre as que mais demandam recursos públicos e impactam diretamente a mobilidade e a infraestrutura urbana (DNIT, 2006; Brito *et al.*, 2020). Em especial, a aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) requer precisão técnica e coordenação eficaz entre os diversos agentes envolvidos, uma vez que a execução compreende etapas interdependentes (transporte da mistura, espalhamento, conformação e compactação). O desempenho da equipe, nesse contexto, depende da atuação sincronizada em todas essas fases, sob risco de comprometer o rendimento e a durabilidade do pavimento (Silva e Moreira, 2023).

Diversos fatores condicionam a produtividade nesse tipo de obra. Entre os fatores técnicos, destacam-se o estado e a manutenção dos equipamentos utilizados, a qualidade dos materiais empregados, as condições da via e as variáveis climáticas no momento da execução (Souza *et al.*, 2021). Já os fatores humanos dizem respeito à qualificação da mão de obra, ao entrosamento da equipe e à experiência dos operadores (Amaral, 2021). No âmbito gerencial, ressaltam-se o planejamento logístico, a organização do canteiro, a comunicação entre os setores e o monitoramento contínuo da execução (Silva *et al.*, 2021). Segundo esses autores, a ausência de planejamento detalhado, a descontinuidade no fornecimento da mistura e a falta de treinamentos técnicos estão entre os principais entraves ao desempenho produtivo.

A qualidade final da aplicação de CBUQ está, portanto, diretamente associada à integração entre fatores técnicos, humanos e gerenciais. Essa interdependência exige uma abordagem sistêmica na gestão da obra, onde cada etapa e decisão repercutem no rendimento geral (DNIT, 2006; Souza *et al.*, 2021). Assim, o sucesso do processo depende tanto da disponibilidade de insumos e equipamentos quanto da coordenação eficiente da equipe em cada fase da aplicação.

A atuação sincronizada e eficiente da equipe durante essas etapas é determinante para o alcance dos parâmetros de qualidade previstos em projeto. Variáveis como tempo de resposta, coordenação entre operadores, ajustes de espessura e controle térmico da massa influenciam diretamente na produtividade da obra (Moreira e Lima, 2017). Dessa forma, a avaliação comparativa entre equipes distintas, como propõe esta pesquisa,

permite identificar gargalos ou boas práticas que impactam o rendimento na aplicação do CBUQ.

A execução dos serviços de pavimentação acaba exigindo rigorosos procedimentos de medição e controle, realizados preferencialmente diretamente no local da obra. Na maioria das situações, a responsabilidade pelos levantamentos topográficos ¹ recai sobre equipes especializadas em topografia; entretanto, atividades mais específicas, como a medição de camadas do pavimento por meio de sondagens, costumam ser atribuídas às equipes de controle tecnológico (DER/PR, 2010; Silva *et al.*, 2021).

Os processos operacionais de pavimentação envolvem diversas etapas, cada uma delas com suas particularidades de medição e controle. Serviços como regularização e compactação do subleito, sub-base, base, além da imprimação e aplicação do banho de ligação, são quantificados principalmente em metros quadrados, refletindo a área efetivamente executada em sua totalidade. Já as operações logísticas, como o transporte dos materiais, são medidas em metros cúbicos ou toneladas, conforme o volume ou peso transportado (Goinfra, 2019; Oliveira e Souza, 2022).

Especificamente para a aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e do Pré-Misturado a Frio (PMF), a medição é feita com base no volume da mistura compactada na pista, considerando a área e a espessura projetadas para o pavimento. Outros tipos de revestimentos, como Tratamento Superficial Duplo (TSD), (que utiliza duas camadas de agregados e ligantes asfálticos) e o Tratamento Superficial Simples (TSS) (com apenas uma camada de material) e capa selante, são medidos em metros quadrados conforme as especificações técnicas do projeto (Goinfra, 2019; Pereira *et al.*, 2020).

No que tange à aplicação de concreto asfáltico com asfalto modificado por polímeros, por exemplo, a medição é feita com base na massa compactada da mistura, expressa em toneladas, diferenciando-se a aplicação conforme a função da camada – seja ela de rolamento, intermediária ou de reperfilagem² (DER/PR, 2010; Costa e Almeida, 2023). Para serviços de reperfilagem, a quantidade aplicada é aferida pela pesagem dos

¹ Levantamentos topográficos consistem na coleta e registro detalhado das características físicas do terreno, como relevo, dimensões e localização de elementos naturais e artificiais. Esses dados são essenciais para o planejamento e controle de obras de engenharia, incluindo pavimentação, garantindo precisão nas medições e execução dos serviços (Santana, 2021).

² Reperfilagem consiste na aplicação de uma camada asfáltica sobre um pavimento já existente, com o objetivo de corrigir deformações, ondulações e irregularidades superficiais, restaurando o perfil longitudinal e transversal da via. Essa técnica é frequentemente utilizada antes da execução de uma nova camada de rolamento, garantindo melhor desempenho estrutural e funcional do pavimento (DNIT, 2022).

caminhões na saída da usina, utilizando balanças regularmente calibradas e sob supervisão técnica especializada (DER/PR, 2010).

Além das etapas técnicas, destaca-se que o desempenho na aplicação do CBUQ está fortemente ligado à qualificação e eficiência da mão de obra envolvida em todas as fases do processo. A capacitação dos operadores, a coordenação adequada das equipes e o monitoramento contínuo são fatores decisivos para garantir a qualidade final do pavimento e a otimização dos recursos (Melo *et al.*, 2022; Santos; Ribeiro, 2024).

Nesse sentido, podemos afirmar que a eficiência na execução das etapas operacionais do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) está diretamente relacionada à qualidade dos processos, aos parâmetros técnicos de controle e, especialmente, ao desempenho da equipe envolvida – e isso se evidencia na nossa pesquisa. O controle tecnológico da massa asfáltica é uma etapa essencial para assegurar a durabilidade do pavimento, bem como o conforto e a segurança dos usuários. Ele envolve desde o recebimento e verificação dos materiais até o monitoramento da aplicação em campo, incluindo a correta utilização de equipamentos, como vibroacabadoras e rolos compactadores, e o acompanhamento contínuo das condições de temperatura da mistura (Santos *et al.*, 2021).

A produtividade na aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é fortemente influenciada por fatores estruturais, organizacionais e operacionais, refletindo desafios que também se manifestam de forma ampla no setor da construção civil. Este setor, embora essencial para a dinâmica econômica de países em desenvolvimento como o Brasil, ainda convive com elevados índices de informalidade e alta rotatividade da mão de obra, o que compromete o aperfeiçoamento contínuo da qualificação técnica dos trabalhadores (CBIC, 2012).

Contudo, além dos critérios técnicos e estruturais, é fundamental considerar o papel da mão de obra como elemento decisivo para a obtenção de bons resultados. A atuação de lideranças operacionais bem capacitadas influencia diretamente a motivação, o engajamento e a produtividade das equipes. Chefes de equipe atentos ao planejamento, à comunicação efetiva e à gestão do tempo e dos recursos promovem não apenas o cumprimento dos parâmetros técnicos, mas também a melhoria contínua do desempenho dos trabalhadores. Estudos recentes indicam que ambientes de obra bem coordenados, com lideranças participativas, resultam em menor retrabalho, melhor aproveitamento de insumos e maior controle de variáveis críticas como a temperatura e a homogeneidade da mistura (Oliveira; Rezende, 2022).

Dessa forma, as etapas de execução do CBUQ não devem ser compreendidas apenas como uma sequência técnica, mas como um processo que articula conhecimento especializado, comprometimento coletivo e capacidade de liderança. O êxito da pavimentação depende, portanto, tanto da qualidade dos materiais e equipamentos quanto do fator humano — especialmente da competência operacional daqueles que aplicam a mistura asfáltica com precisão e responsabilidade. Assim, a literatura evidencia que o desempenho produtivo em obras públicas resulta da integração entre aspectos técnicos e humanos, sendo esta interação o alicerce para a eficiência e a qualidade na execução do CBUQ (Silva e Moreira, 2023; Amaral, 2021).

3.2 Concreto Betuminoso Usinado A Quente

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), os pavimentos classificados como flexíveis são constituídos por diversas camadas que, sob carga, apresentam deformações distribuídas e absorvem os esforços de forma gradual. A camada de revestimento asfáltico, composta por agregados minerais e ligantes betuminosos, é a que mais influencia o desempenho final da via, pois entra em contato direto com o tráfego (Pinto; Carvalho, 2018).

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é um dos tipos de revestimento asfáltico mais empregados em obras rodoviárias e urbanas no Brasil. Estima-se que mais de 90% das rodovias pavimentadas do país utilizem misturas asfálticas a quente (Abeda, 2016; DNIT, 2010). Sua ampla utilização deve-se à elevada resistência mecânica, boa durabilidade e capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e de tráfego. Além disso, o CBUQ apresenta viabilidade técnica e econômica, sendo recomendado para vias com volumes médios e altos de tráfego (DNIT, 2010).

A execução do CBUQ em campo envolve um conjunto de etapas sequenciais, cada uma impactando diretamente na qualidade do pavimento. Segundo Motta e Bernucci (2014), essas etapas incluem: a) limpeza da superfície de apoio; b) aplicação da pintura de ligação (*tack coat*); c) distribuição da mistura asfáltica com vibroacabadora; d) compactação com rolos metálicos e pneumáticos; e) controle de qualidade, com atenção à espessura, densidade e temperatura da mistura.

A falha em qualquer dessas fases pode comprometer o desempenho estrutural e funcional do revestimento. Por isso, a correta execução deve atender aos parâmetros técnicos previstos em normas nacionais, como o IPR-721/2010 e as Especificações de

Serviços Rodoviários do DNIT (ES-DNIT 031/2024), além da ABNT NBR 7254 – Materiais betuminosos: determinação da viscosidade *Saybolt-Furol* (ABNT, 2006).

A pavimentação asfáltica urbana é frequentemente associada a indicadores de desenvolvimento socioeconômico, por promover maior mobilidade, segurança viária, valorização imobiliária e integração econômica (Ferraz; Torres, 2012). Em municípios de pequeno e médio porte, onde os recursos financeiros são limitados, a escolha do CBUQ torna-se relevante, pois alia desempenho técnico a custos relativamente acessíveis.

O desempenho adequado, contudo, depende da aplicação de procedimentos corretos em todas as fases do processo. Como ressaltam Bernucci *et al.* (2008), a qualidade do revestimento asfáltico está condicionada ao projeto, à escolha dos materiais, às proporções adequadas da mistura e à utilização de técnicas apropriadas de produção, distribuição e execução.

Além dos aspectos técnicos, é necessário considerar que a qualidade da infraestrutura viária impacta diretamente a economia e a mobilidade urbana. Silva *et al.* (2020) destacam que a eficiência do pavimento influencia a produtividade das cidades, reduzindo custos de transporte e manutenção de veículos, além de facilitar o deslocamento de pessoas e mercadorias. Assim, o pavimento asfáltico é reconhecido como elemento essencial para o desenvolvimento urbano e rodoviário.

Sua aplicação em ambientes de alta solicitação (como aeroportos, corredores exclusivos de ônibus e áreas industriais) está diretamente relacionada à sua elevada capacidade de resistência a cargas concentradas, ainda que estruturalmente inferior às pavimentações rígidas. Apesar dessa limitação, o CBUQ apresenta-se como uma solução equilibrada entre desempenho técnico e viabilidade econômica, sendo capaz de suportar solicitações intensas, como as rodas dos trens de pouso de aeronaves ou veículos pesados de transporte, com menor custo inicial de implantação e maior facilidade de manutenção em comparação às alternativas em concreto. Essa combinação de resistência mecânica, adaptabilidade e custo o consolida como alternativa competitiva para diferentes contextos urbanos e logísticos (Moreira *et al.*, 2022).

O CBUQ resulta da combinação de agregados minerais e ligante asfáltico, originando um material coeso, com alta resistência à fadiga e boa impermeabilidade. Sua principal vantagem é a durabilidade (quando comparado a outras formas de pavimento previamente citadas), característica essencial em sistemas viários sujeitos a manutenções limitadas, como ocorre em municípios de pequeno e médio porte. Além disso, sua

aplicação pode ser realizada com relativa rapidez, o que otimiza o tempo de interdição das vias e reduz os impactos no tráfego local (Rocha *et al.*, 2023).

Outro benefício relevante está na segurança proporcionada pela superfície de boa aderência, especialmente em condições de chuva, fator que contribui para a redução de acidentes. Embora o custo inicial do CBUQ possa ser superior ao de alternativas como pavimentação asfáltica convencional, revestimentos superficiais simples ou blocos intertravados, seu ciclo de vida prolongado gera, como mostraremos na Figura 2, enquanto contextualização, a economia em médio e longo prazo, minimizando a necessidade de recapeamentos e intervenções frequentes (Carvalho; Andrade, 2021).

Figura 2: Registro de uma usina de asfalto em produção, mistura asfáltica desenvolvida para suportar o tráfego intenso.



Fonte: Acervo pessoal do próprio autor, elaborado para fins didáticos, 2025.

A Figura 3, que será apresentada abaixo, representa a estrutura típica de um pavimento, composta de forma simplificada pelas seguintes camadas: revestimento (que pode incluir subcamadas como a de rolamento e a de ligação), base, sub-base e reforço do subleito. Cada uma dessas camadas desempenha funções técnicas específicas no suporte de cargas e na durabilidade do sistema, demandando controle rigoroso durante sua execução (Rodrigues *et al.*, 2019).

Figura 3: Representação ilustrada das camadas do revestimento de CBUQ.



Fonte: Material do próprio autor, elaborado para fins didáticos.

No contexto das obras públicas municipais, a quantificação dos serviços de pavimentação é elemento central tanto para o controle técnico quanto para a conformidade contratual. A mensuração costuma ser realizada em unidades de área (m^2) ou volume (m^3), de acordo com a natureza da atividade (DER/PR, 2010). No caso específico do CBUQ, a medição baseia-se no volume da mistura compactada na pista, respeitando as espessuras previstas no projeto executivo.

O pavimento flexível, também conhecido como pavimento asfáltico, por sua vez, possui revestimento composto por agregados e ligantes betuminosos derivados da destilação do petróleo, que garantem a impermeabilidade e uma aderência termoviscoplastica, essencial para o desempenho do pavimento em condições variadas (Souza, Santana e Pinheiro, 2022). Segundo Andrade Junior e Reis (2018), o pavimento flexível é constituído por uma camada superficial asfáltica sobre camadas de base, sub-base e reforço do subleito, que são formadas por materiais granulares ou solos, sem agentes *cimentantes*. Essa estrutura permite que todas as camadas sofram deformações de metal sob carga, promovendo uma distribuição gradual das cargas.

De forma complementar, existem critérios específicos para o transporte de materiais (avaliado em toneladas ou m^3) e para serviços auxiliares, como imprimação e banho de ligação, usualmente medidos pela área tratada. A precisão desse processo depende da atuação articulada entre equipes de topografia e de controle tecnológico, o que reforça a importância da capacitação técnica dos profissionais envolvidos (GOINFRA, 2019).

3.3 Indicadores de Desempenho e Estudos Comparativos em Contexto Municipal

A mensuração da produtividade em obras de pavimentação depende da definição de indicadores de desempenho que permitam avaliar de forma objetiva o rendimento das equipes e a eficiência do processo construtivo. Segundo Souza e Ferreira (2018) e Santos *et al.* (2020), os indicadores mais recorrentes nesse tipo de análise incluem: a área pavimentada por hora (m^2/h), o volume de mistura aplicada por hora (t/h), a taxa de utilização dos equipamentos, o tempo médio de execução por segmento e a eficiência obtida na compactação. Esses dados costumam ser levantados por meio de diários de obra, cronogramas físicos, relatórios técnicos e registros fotográficos, além de observações de campo sistematizadas.

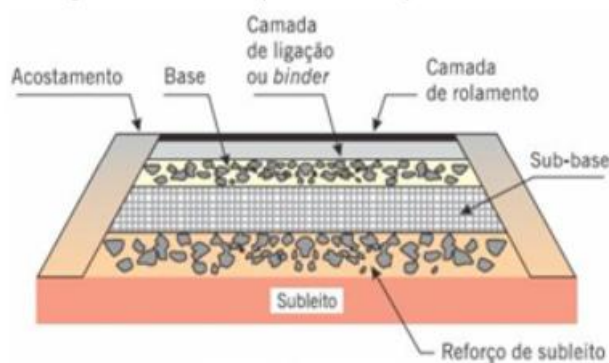
No contexto municipal, sobretudo em cidades de pequeno e médio porte, estudos apontam que as variações de produtividade entre frentes de serviço, mesmo atuando sob condições semelhantes, estão associadas a fatores como planejamento e controle da produção, disponibilidade e manutenção de equipamentos, capacitação da mão de obra e eficiência logística (Lima e Rocha, 2021; Carvalho *et al.*, 2022). Além disso, a limitação orçamentária e a falta de padronização em processos executivos configuram obstáculos recorrentes para a obtenção de níveis satisfatórios de desempenho.

Com base na literatura especializada e nas informações coletadas em campo, este trabalho adota indicadores que possibilitam comparar a produtividade entre duas frentes de pavimentação executadas em contexto municipal. Tal abordagem permite identificar gargalos, avaliar a eficiência relativa das equipes e propor melhorias na gestão da produção. Ao evidenciar as condições reais enfrentadas nos municípios, esta análise contribui para ampliar a compreensão dos desafios relacionados à pavimentação urbana e para subsidiar decisões voltadas à otimização de recursos, qualidade do serviço e durabilidade das vias.

O pavimento, segundo Souza, Santana e Pinheiro (2022), define-se como uma estrutura projetada para suportar e distribuir as cargas verticais do tráfego ao subleito, além de melhorar a segurança e o conforto na superfície de rolamento. Tal estrutura é composta por camadas sobrepostas que funcionam de forma integrada para resistir tanto aos esforços verticais quanto aos horizontais, permitindo uma maior durabilidade ao pavimento.

Para o pavimento flexível, as camadas são fundamentais para a distribuição das pressões e para a resistência da estrutura. Bianchi, Brito e Castro (2008) detalham essas camadas, na qual o subleito corresponde ao terreno natural; a regularização, correção de possíveis irregularidades; o reforço do subleito adiciona resistência; uma sub-base serve como camada complementar; a base fornece o suporte estrutural, e o revestimento, também conhecido como capa de rolamento, garante uma superfície adequada para o tráfego. Essa composição complexa e funcional permite que o pavimento flexível atenda às demandas de rodovias com cargas pesadas e tráfego intenso, sendo uma escolha bastante adotada no Brasil para melhoria do desempenho e durabilidade das – e nas – estradas. A figura 4, que será apresentada abaixo, trata de esquematizar esse pavimento, a fim de exemplificarmos como funciona cada ponto estrutural desse tipo de pavimento.

Figura 4: Corte esquemático do pavimento flexível.

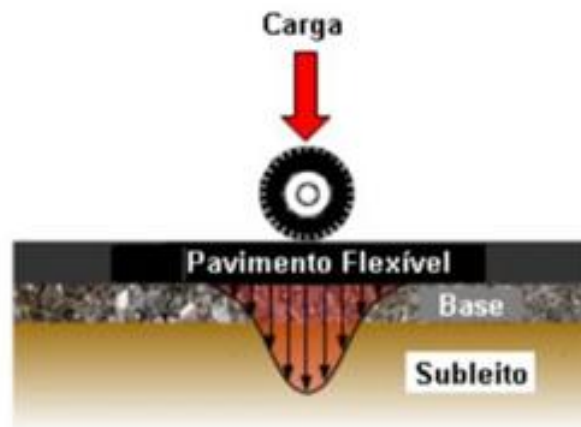


Fonte: Bianchi; Brito e Castro (2008)

Como podemos ver na representação da Figura 4, esse tipo de pavimento se caracteriza por seu comportamento estrutural específico, no qual cada camada se deforma de forma elástica sob o impacto das cargas de tráfego, permitindo que essas cargas sejam distribuídas de maneira proporcional ao longo de todas as outras camadas. Conforme elucidada Almeida *et al.* (2016), a distribuição das cargas ocorre de forma proporcional à resistência de cada camada, o que gera deformações significativas, porém controladas, em todas as partes do pavimento. Nesse processo, a qualidade do solo desempenha papel fundamental, visto que o subleito é a camada mais vulnerável aos maiores esforços e, conseqüentemente, às maiores deflexões, exigindo um controle rigoroso de sua capacidade de suporte para garantir a integridade estrutural do pavimento. Nesse sentido, a fim de ilustrarmos como funciona o impacto nas rodovias com essa estruturação, na Figura 5 trazemos uma representação gráfica do pavimento tratado, exemplificando como

funciona a absorção do peso/carga no que se refere aos impactos e desenvoltura do mesmo.

Figura 5: Ilustração de pavimento flexível



Fonte: Almeida *et al.* (2016).

O referido pavimento, segundo Meurer, Filla e Machado (2022), é uma estrutura essencial para as rodovias, composta por várias camadas que funcionam conjuntamente para resistir e redistribuir as cargas do tráfego, garantindo uma superfície mais durável e segura.

A camada de rolamento, localizada no topo, por exemplo, é construída com materiais de alta qualidade devido à sua (alta) exposição direta ao impacto do tráfego, o que exige grande resistência ao desgaste contínuo e alta durabilidade. Além disso, espera-se que essa camada proporcione melhorias em segurança e conforto para os veículos, além de oferecer um desempenho impressionante em termos de resistência ao impacto (Meurer; Filla; Machado, 2022). O revestimento é composto por uma mistura de agregados e ligantes betuminosos, constituído em média por 90% a 95% de agregados e 5% a 10% de betume, um material de alta capacidade adesiva e impermeabilizante (Greco, 2010; Horonjeff, 1966). Sua função é não apenas distribuir o peso dos veículos sobre as camadas inferiores, mas também proteger essas camadas contra a infiltração de água e o desgaste causado pelo atrito com os pneus.

Logo abaixo do revestimento, encontramos a camada de base, que acaba por desempenhar um papel estrutural fundamental, distribuindo e absorvendo as fibras superficiais geradas pelo tráfego e impedindo que elas atinjam o subleito com intensidade excessiva. Essa camada é geralmente composta por pedra britada ou por materiais

granulares combinados com ligantes, como asfalto ou cimento Portland (Horonjeff, 1966). De acordo com Balbo (2007), a base é considerada a camada mais importante estruturalmente, pois além de suportar as tensões superficiais, transmite a carga de forma equilibrada para as camadas inferiores, garantindo estabilidade.

Em seguida, a sub-base, que fica diretamente sobre o subleito, utiliza materiais de qualidade, mas de um custo menor, como solos ou materiais granulares não tratados. Sua função é apenas complementar à base, distribuindo as cargas e proporcionando um suporte adicional, especialmente em pavimentos que suportam tráfego mais intenso. Em estruturas mais robustas, é comum o uso de múltiplas sub-bases para fortalecer o subleito, principalmente em áreas onde o solo natural possui baixa capacidade de suporte ou onde o tráfego impõe cargas mais elevadas (Horonjeff, 1966; Balbo, 2007).

As camadas que compõem o pavimento flexível, quando adequadamente dimensionadas e executadas, possuem a capacidade de suportar deformações momentâneas sem que isso resulte em danos prematuros. Essa característica é fundamental, pois permite que o pavimento absorva os esforços aplicados pela carga dos veículos, redistribuindo-os de maneira eficiente ao longo da estrutura. Dessa forma, evitando-se a concentração de tensões em pontos específicos, fator que comprometeria a durabilidade da rodovia.

Indo além, o comportamento mecânico das camadas possibilita que perdas e impactos sejam amortecidos de forma gradual, garantindo maior resistência do pavimento diante do tráfego intenso e das variações climáticas. Esse processo de redistribuição de esforços é o que assegura que as deformações ocorram dentro de limites controláveis, prolongando a vida útil do revestimento e reduzindo a necessidade de manutenções frequentes.

Esse princípio está representado na Figura 6, apresentada a seguir. Nela, observa-se como o peso das cargas aplicadas pelos veículos é transmitido e dissipado ao longo das camadas do pavimento. A imagem nos permite visualizar, de maneira prática, como a estrutura flexível atua na mitigação dos impactos sobre o solo de fundação, reforçando sua importância para a durabilidade e a funcionalidade das rodovias (Meurer; Filla; Machado, 2022; Almeida *et al.*, 2016).

Figura 6: Pavimento Flexível em rodovia.



Fonte: Acervo do próprio autor, elaborado para fins didáticos, 2025.

De acordo com Bernucci (2010), a manutenção de pavimentos flexíveis deve ser realizada com frequência, devido à sua composição e à suscetibilidade a fatores que causam danos, a exemplo de frenagens bruscas, sobrecarga de veículos e derramamento de substância como óleo diesel nessas áreas. Esses fatores corroboram para o desgaste e as deformações do revestimento, que comprometem a trafegabilidade da via e dificultam a realização segura de manobras pelos veículos. Em contrapartida, o pavimento rígido, caracterizado pela sua maior resistência a ataques químicos, exige menos manutenção ao longo de sua vida útil, já que sua estrutura é mais robusta e menos suscetível aos danos causados por esses fatores. Assim, a escolha entre pavimentos flexíveis e rígidos acaba por envolver uma análise das condições de trânsito e da necessidade de manutenção ao longo do tempo (Bernucci, 2010).

4. PERCURSO METODOLÓGICO

Este capítulo descreve a metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa, contemplando o tipo de pesquisa, os procedimentos técnicos, os critérios de seleção das amostras, os instrumentos de coleta e análise dos dados, bem como a delimitação temporal e espacial do estudo. A proposta metodológica visa permitir a

comparação objetiva da produtividade entre duas equipes responsáveis pela aplicação de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) em municípios distintos da Paraíba.

4.1 Abordagem e tipo da pesquisa

A presente pesquisa é classificada como aplicada, pois busca compreender e propor soluções para um problema prático relacionado à produtividade em obras de pavimentação. Quanto à abordagem, adota-se a pesquisa quantitativa, uma vez que se fundamenta em indicadores objetivos para medir o desempenho e a produtividade das equipes.

Em relação aos objetivos, a pesquisa apresenta caráter descritivo e exploratório: descritivo, por detalhar o desempenho das equipes a partir de dados reais e mensuráveis; e exploratório, por ampliar a análise em um contexto municipal específico, ainda pouco examinado sob a ótica da produtividade na aplicação de CBUQ em obras públicas locais.

4.2 Delimitação Temporal e Espacial

Os dados foram coletados durante os meses novembro e dezembro de 2024, no que se refere a Equipe 1 e nos meses de dezembro a fevereiro, em se tratando da Equipe 2. Esses foram os períodos em que ocorreram as atividades de pavimentação nas duas equipes, nos municípios estudados. A análise considerou o desempenho diário das equipes no intervalo correspondente à duração efetiva das obras.

A pesquisa foi realizada nos municípios de Brejo dos Santos, São Francisco, São Domingos, Vieirópolis, São José da Lagoa Tapada e Tavares, todos localizados no estado da Paraíba sendo municípios de pequeno e médio porte, ilustrados e referenciados em mapas nos próximos capítulos, com características distintas quanto ao clima, relevo e estrutura logística, facilitando a contextualização dos leitores da nossa pesquisa.

4.3 Unidade de análise

A unidade de análise adotada foi a equipe de aplicação de CBUQ, observada em sua totalidade em relação ao desempenho médio diário, produtividade por trecho executado e variáveis operacionais associadas. As frentes de serviço e os tipos de obras foram semelhantes, o que permitiu a comparação entre contextos distintos sem comprometer a homogeneidade da análise.

4.4 Critérios de Seleção das Equipes

As duas equipes selecionadas (compostas por 18 pessoas e mesmo maquinário) atuavam sob a supervisão de um mesmo órgão estadual, o que garantiu acesso aos registros operacionais padronizados. A escolha foi fundamentada nos seguintes critérios: Atuação recente (últimos 12 meses); registro completo de dados operacionais (boletins de produção, mapas de aplicação, relatórios de usina); similaridade no tipo de serviço executado (aplicação de CBUQ em vias urbanas); diferenciação contextual entre os municípios (logística, clima, topografia).

A escolha intencional por duas equipes visou uma análise comparativa detalhada, e não a representatividade estatística, dado o caráter exploratório da pesquisa.

4.5 Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada com base em registros técnicos disponibilizados pelas prefeituras dos municípios e pela empresa responsável pela execução das obras, incluindo: boletins de produção diária; relatórios de aplicação da mistura asfáltica; mapas de transporte e consumo da usina; diários de obra e fotografias técnicas; informações meteorológicas (histórico pluviométrico local); planilhas de controle interno das equipes.

Todos os documentos foram organizados em uma base comparativa com critérios padronizados de análise descritos a seguir.

4.6 Da técnica de análise dos dados

A análise dos dados da presente pesquisa fundamenta-se em procedimentos metodológicos que dialogam com práticas consagradas na engenharia de transportes e na gestão pública de obras rodoviárias, especialmente no que tange à sistematização de informações oriundas de registros técnicos e operacionais. A pesquisa, ao observar as variáveis que influenciam a produtividade na aplicação do CBUQ por diferentes equipes, recorre à leitura e à interpretação crítica de documentos oficiais, relatórios de execução e dados logísticos. Essa forma de análise permite não apenas uma visão descritiva, mas também interpretativa dos fenômenos observados, reconhecendo a complexidade das obras públicas e os múltiplos fatores que interferem em seu desempenho.

Desse modo, a análise qualitativa baseada na técnica de análise de conteúdo foi utilizada como ferramenta metodológica central para interpretar os dados obtidos tanto dos boletins de campo quanto dos documentos técnicos consultados. Essa técnica permitiu identificar categorias e subcategorias relacionadas aos fatores que potencializam ou limitam a produtividade na aplicação de CBUQ, considerando aspectos como

eficiência logística, organização das equipes, e variáveis operacionais observadas em campo. A análise visou compreender os sentidos subjacentes às práticas e às condições envolvidas na execução dos serviços.

Além da observação empírica, a pesquisa foi fortalecida pela consulta ao Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), elaborado pelo DNIT. Foram analisados, de forma sistemática, o Volume 01 (Metodologia e Conceitos e o Volume 12) Produção de Equipes Mecânicas, os quais forneceram subsídios técnicos para a interpretação dos dados. A partir desses volumes, foram extraídas informações sobre a composição de custos, rendimentos padronizados de equipes, influência de fatores climáticos e operacionais, além de critérios de dimensionamento logístico das frentes de serviço.

Essas informações foram utilizadas como parâmetros comparativos frente aos dados empíricos coletados nos boletins de campo das equipes em estudo. A comparação entre os rendimentos reais e os índices de produtividade de referência permitiu identificar discrepâncias, padrões de eficiência e gargalos operacionais. Portanto, o uso do SICRO não se limitou à consulta técnica, mas constituiu-se em base para triangular os dados da pesquisa qualitativa, permitindo maior robustez à análise e possibilitando que o percurso metodológico seja replicado em outros contextos semelhantes.

Além dos volumes técnicos, a presente pesquisa também se embasou em normativas recentes que orientam a aplicação do SICRO e a atualização de composições de custos. A Instrução Normativa nº 10/2024 estabelece os critérios para a estimativa de valores de serviços de engenharia, garantindo a padronização na utilização dos parâmetros de referência. Por sua vez, a Instrução Normativa nº 44/2021 regula a submissão e aprovação de composições de preços novos, aspecto relevante quando os serviços executados não estão integralmente contemplados no banco de dados do sistema. Já a Instrução Normativa nº 62/2021 dispõe sobre o uso dos custos referenciais para efeitos de planejamento orçamentário e controle da execução, incluindo questões como a desoneração da folha, a aplicação do BDI e os índices de correção monetária.

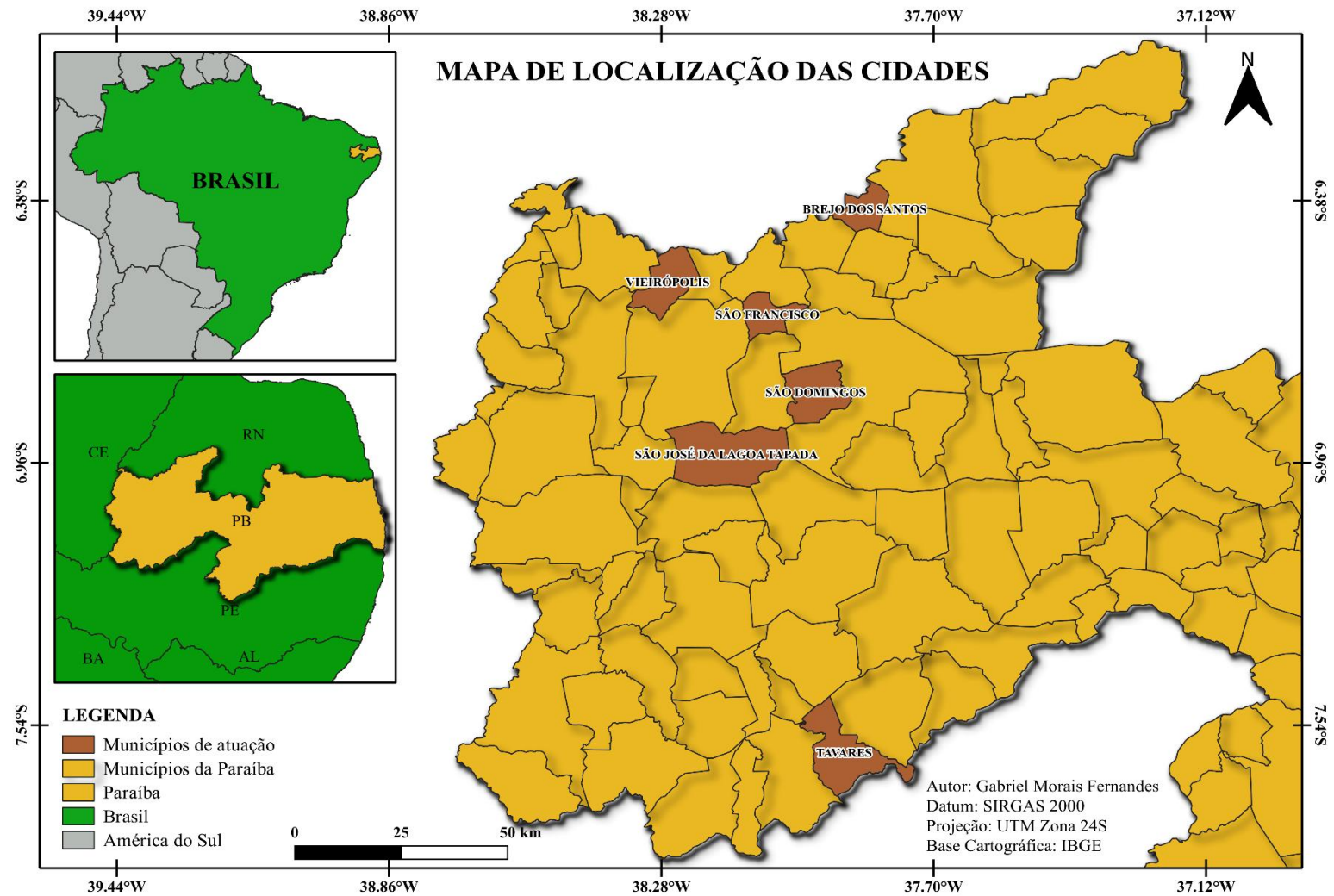
A análise documental das orientações do DNIT, portanto, não apenas serviu como referência técnica para a interpretação dos dados, mas também foi utilizada como instrumento de validação das inferências realizadas ao longo da pesquisa, assumindo igualmente uma função técnica, ao possibilitar a coleta sistemática e a análise estruturada dos dados.

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas, no software Microsoft Excel, nas quais foram calculados os seguintes indicadores de desempenho: Produtividade diária

(m²/h e t/h); tempo médio de aplicação por trecho; eficiência de compactação (segundo especificações técnicas); número de interrupções diárias e suas causas; relação entre condições climáticas e desempenho

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 7: Mapa de Localização das cidades analisadas na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da pesquisa sobre a produtividade na aplicação por duas equipes operando em municípios de pequeno e médio porte. A organização do capítulo segue uma lógica categorizada, estruturada de modo a facilitar a comparação entre as equipes analisadas e compreender as variáveis que afetam seus desempenhos

No tópico 5.1, serão apresentados os dados de produtividade da Equipe 1, com base nos registros coletados em obras realizadas em três municípios distintos. Os aspectos considerados incluem: volume aplicado (em toneladas), tempo de execução (em dias), recursos técnicos utilizados, logística envolvida, destino final das cargas e eventuais desvios operacionais. A produtividade obtida foi também confrontada com os parâmetros estabelecidos pelo Sistema de Custos Rodoviários – SICRO, visando aferir sua adequação aos padrões nacionais de referência.

No tópico 5.2, a mesma abordagem será aplicada à Equipe 2, que atua sob condições operacionais semelhantes e em contextos geográficos comparáveis. A padronização das variáveis de análise permite uma comparação direta entre os dois grupos, assegurando maior confiabilidade aos resultados. Ainda neste tópico, serão aprofundadas as rotinas operacionais adotadas por cada equipe, como o tempo de deslocamento entre usina e frente de obra, as estratégias de estocagem e transporte do material, e as dinâmicas internas de organização das tarefas, elementos que, conforme discutido por Oliveira e Mendes (2022), exercem influência significativa sobre o desempenho produtivo.

Por fim, no tópico 5.3, serão sistematizadas as principais semelhanças e diferenças entre os dois contextos analisados, com base nos dados empíricos e à luz da literatura técnica. Esta discussão buscará evidenciar os fatores críticos de sucesso e os gargalos operacionais, além de refletir sobre as implicações das variações de produtividade na eficiência global das obras, considerando aspectos econômicos, operacionais e administrativos.

5.1 Elementos, produtividade e desenvolvimento da Equipe 1

Tabela 1: Dados de produtividade da equipe 1 para o período de observação e média diária de produção.

EQUIPE 01			
CIDADE	Tonelada Aplicada	Dias	Média por dia
Brejo dos Santos	2.612,11	15	174,14
São Domingos	2.342,01	11	212,91
S. José da Lagoa Tapada	1.551,74	8	193,97
MÉDIA TOTAL DA EQUIPE:			191,35

Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

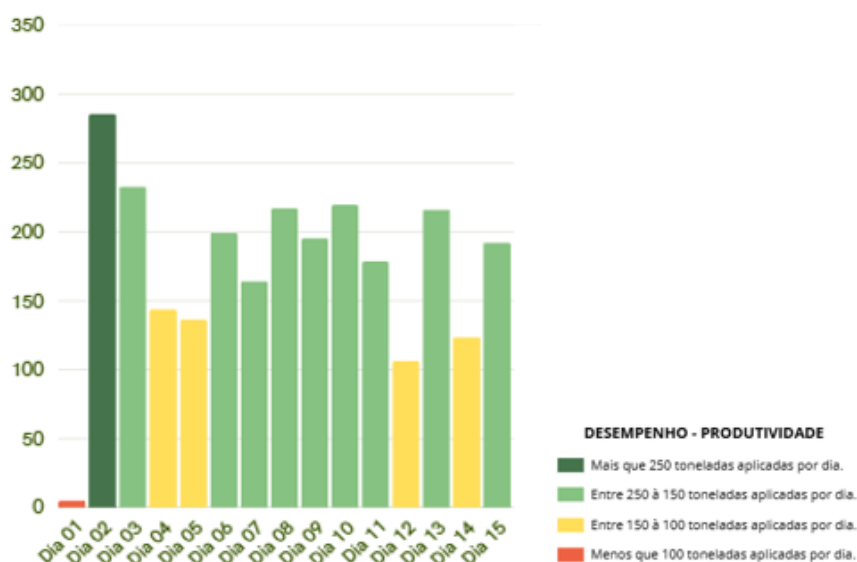
A análise da produtividade da Equipe 01 na aplicação de CBUQ revelou dados expressivos sobre o desempenho técnico em três municípios de pequeno porte do interior da Paraíba (sendo eles Brejo dos Santos, São Domingos e São José da Lagoa Tapada). Esses municípios apresentam características socioeconômicas distintas, mas semelhantes em termos de extensão territorial e volume de obras viárias demandadas, o que os torna adequados para fins comparativos nesta investigação.

O levantamento considerou o volume total de mistura asfáltica aplicada (em toneladas) e o número de dias de serviço efetivamente realizados, de modo a estabelecer a produtividade média diária da equipe. Tal quantificação foi realizada a partir dos registros fornecidos pela construtora responsável e validados pelos boletins de medição da obra, garantindo a confiabilidade dos dados.

É importante destacar que o CBUQ utilizado pela equipe teve como ponto de origem a usina localizada no município de Patos-PB, cuja distância média até os locais de aplicação variou entre 110 km e 145 km, dependendo do município atendido. Essa informação é relevante, uma vez que o transporte do material influencia diretamente o tempo de execução e, consequentemente, o rendimento da equipe.

No caso específico de Brejo dos Santos, a Figura 3 apresenta a produtividade diária aferida, permitindo observar as variações de desempenho no decorrer do período analisado. A média geral da equipe, considerando os três municípios, foi de 191,35 t/dia, com destaque para São Domingos, onde se obteve a maior produtividade relativa (212,91 t/dia).

Figura 8: Produtividade diária, em toneladas, da equipe 1, no município de Brejo dos Santos-PB.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

No município de Brejo dos Santos, a Equipe 01 aplicou um total de 2.612,11 toneladas de CBUQ ao longo de 15 dias de trabalho, o que resultou em uma produtividade média de 174,14 toneladas por dia. Esse índice supera a média de referência prevista pelo SICRO-4 (DNIT, 2021), que, para equipes de porte semelhante, indica uma faixa de 120 a 150 toneladas diárias, a depender das condições logísticas e operacionais. Tal resultado sugere uma atuação eficiente da equipe, com indícios de boa organização operacional, planejamento prévio e sincronização entre as etapas de transporte, aplicação e compactação do material. A tabela 3 apresenta os dados detalhados da produtividade da Equipe na cidade de Brejo dos Santos:

Tabela 2: Dados discriminados da produtividade da Equipe 1 na cidade de Brejo dos Santos – PB.

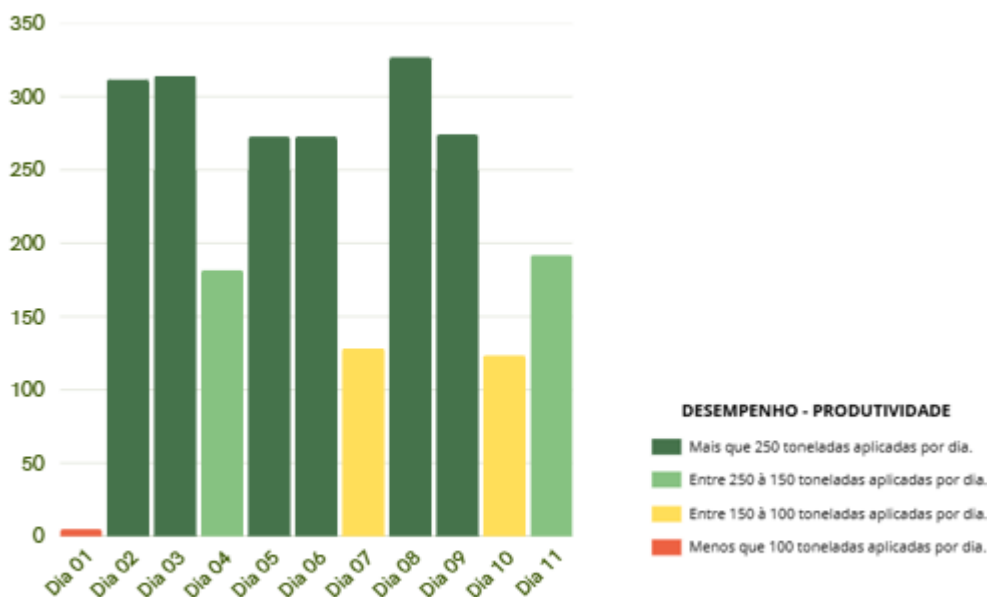
USINA	DATA	QUANTIDADE TRANSPORTADA (TON)	DESTINO
PATOS	14/11/2024	MOBILIZAÇÃO	BREJO DOS SANTOS
PATOS	15/11/2024	285,54	BREJO DOS SANTOS
PATOS	16/11/2024	232,94	BREJO DOS SANTOS
PATOS	17/11/2024	143,70	BREJO DOS SANTOS
PATOS	18/11/2024	136,40	BREJO DOS SANTOS
PATOS	19/11/2024	199,52	BREJO DOS SANTOS
PATOS	20/11/2024	164,38	BREJO DOS SANTOS
PATOS	21/11/2024	217,42	BREJO DOS SANTOS

PATOS	22/11/2024	195,68	BREJO DOS SANTOS
PATOS	23/11/2024	219,72	BREJO DOS SANTOS
PATOS	24/11/2024	178,72	BREJO DOS SANTOS
PATOS	25/11/2024	106,42	BREJO DOS SANTOS
PATOS	26/11/2024	216,28	BREJO DOS SANTOS
PATOS	27/11/2024	123,40	BREJO DOS SANTOS
PATOS	28/11/2024	191,99	BREJO DOS SANTOS
	MÉDIA POR DIA:	174,14	
	TOTAL:	2612,11	

Fonte: Elaborado pelo próprio, 2025.

O período considerado para análise da Equipe 1 compreendeu os meses de novembro de 2024 a fevereiro de 2025, e os dados foram sistematizados em tabelas específicas (como as Tabelas 2 e 3 e Figura 3 elencadas nesse tópico, anteriormente), que discriminam o volume total aplicado e os dias de serviço efetivo. A partir desses registros, calculou-se a produtividade média diária em cada município, o que possibilitou comparar o desempenho da mesma equipe em diferentes contextos logísticos. No total, a Equipe 01 aplicou 6.505,86 toneladas de CBUQ em 34 dias de trabalho, alcançando uma média geral de 191,35 t/dia. Quando observados individualmente os municípios, verificam-se variações significativas: em São Domingos (veremos discriminados na Tabela 4 e na Figura 4 na próxima página), obteve-se a maior produtividade, com média de 212,91 t/dia; em seguida, aparece São José da Lagoa Tapada, com 193,97 t/dia; e, por fim, Brejo dos Santos, com 174,14 t/dia. Esses resultados encontram-se consolidados nas tabelas apresentadas, as quais resumem a produtividade da equipe em cada localidade.

Figura 9: Infográfico para ilustrar a produtividade diária da Equipe 1 em São Domingos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

Em São Domingos, observou-se o melhor desempenho da equipe, com mais de 50% dos dias superando 250 toneladas aplicadas. Esse resultado reforça a capacidade de manter um ritmo elevado de produção ao longo do projeto. Nos demais dias, a produção se manteve entre 250 e 150 toneladas, com apenas alguns registros na faixa de 150 a 100 toneladas. Não houve ocorrências de produtividade inferior a 100 toneladas, o que confirma a regularidade do trabalho.

As Figuras neste tópico apresentam a evolução diária da produtividade nos diferentes municípios, evidenciando tanto os picos de produção quanto as quedas ocasionais. Em Brejo dos Santos, por exemplo, no dia 25/11/2024, a equipe registrou apenas 106,42 toneladas, resultado bastante inferior à média do município. Em São Domingos, embora a média geral tenha sido a mais elevada, houve queda acentuada em 12/12/2024, quando a produção não ultrapassou 80 toneladas. Situação semelhante ocorreu em São José da Lagoa Tapada, no dia 13/02/2025, com apenas 133,72 toneladas. Esses episódios podem estar associados a variáveis operacionais, como atrasos no transporte, interrupções climáticas ou problemas mecânicos nos equipamentos, fatores que influenciam diretamente a regularidade da execução.

Outro aspecto determinante refere-se à distância entre a usina fornecedora e as frentes de aplicação. Já em São Domingos, o fornecimento ocorreu a partir da usina de

Cajazeiras-PB, situada a cerca de 92 km da cidade. Essa diferença logística impactou diretamente a produtividade: os municípios mais próximos da usina apresentaram maior regularidade e médias mais elevadas, em função da redução do tempo de transporte e do menor desgaste operacional da frota.

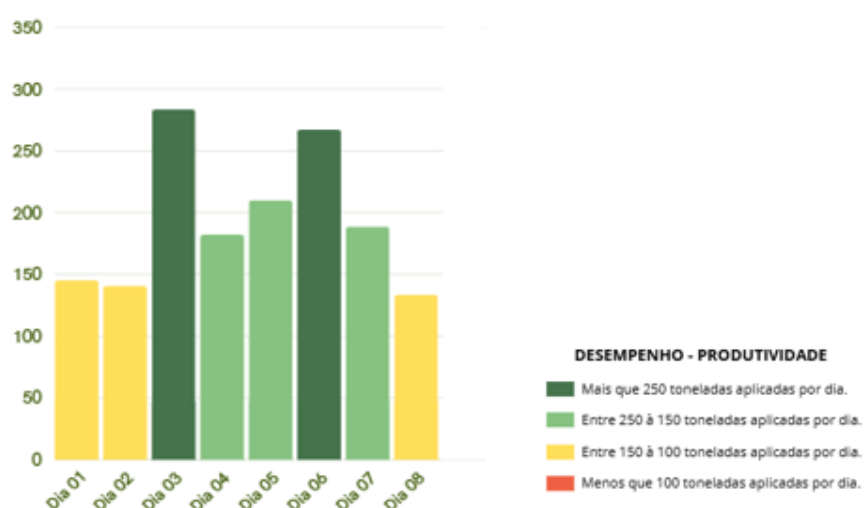
Tabela 3: Dados discriminados da pesquisa referente a produtividade da Equipe 1 em São Domingos.

USINA	DATA	QUANTIDADE TRANSPORTADA (TON)	DESTINO
CAJAZEIRAS	02/12/2024	MOBILIZAÇÃO	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	03/12/2024	311,57	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	04/12/2024	314,10	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	05/12/2024	181,82	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	06/12/2024	272,86	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	07/12/2024	272,88	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	08/12/2024	128,10	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	09/12/2024	326,91	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	10/12/2024	274,29	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	11/12/2024	182,03	SÃO DOMINGOS
CAJAZEIRAS	12/12/2024	77,45	SÃO DOMINGOS
	MÉDIA POR DIA:	212,91	
	TOTAL:	2342,01	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

Por sua vez, o município de São José da Lagoa Tapada, que integra a microrregião de Sousa e abriga cerca de 7.119 habitantes em uma área de 227,6 km² (IBGE, 2022), apresentou uma produtividade de 193,97 toneladas diárias, com a aplicação de 1.551,74 toneladas em um intervalo de 8 dias de trabalho. Essa média acaba por posicionar o desempenho da equipe entre os dois primeiros municípios, refletindo um trabalho ágil e eficiente, ainda que com menor volume total executado.

Figura 10: Desempenho/produktividade diária da Equipe 1 em São José da Lagoa Tapada.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

Na cidade de São José da Lagoa Tapada, o desempenho também se mostrou satisfatório, com picos acima de 250 toneladas em dois dias e a maior parte dos registros concentrada nas faixas entre 250 a 150 e 150 a 100 toneladas.

Tabela 4: Dados discriminados da pesquisa referente a São José da Lagoa Tapada.

USINA	DATA	QUANTIDADE TRANSPORTADA (TON)	DESTINO
PATOS	04/02/2025	145,26	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
PATOS	05/02/2025	140,88	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
PATOS	06/02/2025	283,46	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
PATOS	07/02/2025	182,24	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
PATOS	10/02/2025	210,16	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
PATOS	11/02/2025	267,30	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
PATOS	12/02/2025	188,72	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
PATOS	13/02/2025	133,72	SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA
	MÉDIA POR DIA:	175,81	
	TOTAL:	1551,74	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

De modo geral, a Equipe 01 apresentou uma média geral de produtividade de 191,35 toneladas por dia, considerando os três municípios. Este número reflete um desempenho consistente, especialmente levando em conta os limites estruturais, climáticos e logísticos comuns aos pequenos municípios do semiárido nordestino. A

regularidade nos resultados indica uma equipe bem treinada, com fluxo de trabalho estabelecido e adaptação adequada às diferentes realidades municipais.

A presença do CBUQ como material principal nestas operações reforça a robustez técnica do método, mesmo sem o uso de aditivos modificadores. Seu comportamento satisfatório diante das variações climáticas locais, aliada à possibilidade de liberação imediata da via ao tráfego, justifica sua escolha mesmo em contextos orçamentários mais restritos. Assim, os dados obtidos a partir da atuação da Equipe 01 se constituem como importante referência para futuras decisões técnicas e administrativas no planejamento de ações de recuperação asfáltica em cidades de pequeno porte.

De forma consolidada, a análise demonstra que, apesar das limitações inerentes aos pequenos municípios do semiárido nordestino, a Equipe 01 manteve um desempenho acima da referência nacional estabelecida pelo SICRO-4 (120 a 150 t/dia), evidenciando eficiência operacional e capacidade de adaptação às condições logísticas de cada localidade.

5.2 A produtividade da Equipe 2 na realidade dos municípios:

Tabela 5: Dados de produtividade da equipe 1 para o período de observação e média diária de produção.

EQUIPE 02			
CIDADE	Tonelada Aplicada	Dias	Média por dia
São Francisco	1038,51	7	148,36
Vierópolis	2474,23	13	190,33
Tavares	2826,44	21	134,59
	MÉDIA TOTAL DA EQUIPE:		154,61

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

A análise comparativa das tecnologias em campo permitiu uma compreensão mais ampla da atuação profissional do engenheiro civil, responsável por projetar, fiscalizar e avaliar intervenções na malha viária. Esse conhecimento técnico se refletiu diretamente na execução de campo realizada pelas equipes envolvidas, observando e considerando aspectos contingenciais, gerenciais e situações não planejadas durante os dias de efetivo trabalho. A Equipe 2 atuou nos municípios paraibanos de São Francisco, Vieirópolis e Tavares, aplicando um total de 6.339,18 toneladas de CBUQ em 41 dias de trabalho, o que corresponde a uma média geral de 154,61 toneladas/dia. A Tabela 6 apresentou a síntese desses resultados.

São Francisco, com uma população de cerca de 3.500 habitantes (IBGE, 2022), está localizada no sertão paraibano, região com elevada insolação e baixa pluviosidade, o que favorece a durabilidade do pavimento. Nessa realidade, a Equipe 2 aplicou 1.038,51 toneladas em 7 dias, atingindo uma média de 148,36 t/dia. A produção concentrou-se em faixas intermediárias (150-250 t/dia e 100-150 t/dia), sem registros superiores a 250 toneladas. O fornecimento partiu da usina de Cajazeiras, consideravelmente distante (48,5 km), o que pode ter limitado a velocidade de reposição de material.

A análise da produtividade da Equipe 2 demonstra um desempenho mais irregular, marcado por oscilações significativas entre as faixas de aplicação de CBUQ.

Figura 11: Imagem para referenciar a produtividade diária da Equipe 2 em São Francisco.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

Na obra de São Francisco, a produção concentrou-se majoritariamente nas faixas intermediárias, com dias variando entre 250 a 150 toneladas e 150 a 100 toneladas aplicadas. Não foram registrados dias acima de 250 toneladas, o que indica um ritmo moderado de execução nessa etapa.

Tabela 6: Dados discriminados referente a atuação da Equipe 2 no município de São Francisco.

EQUIPE 02			
USINA	DATA	QUANTIDADE TRANSPORTADA (TON)	DESTINO
CAJAZEIRAS	03/12/2024	129,06	SÃO FRANCISCO
CAJAZEIRAS	04/12/2024	129,01	SÃO FRANCISCO
CAJAZEIRAS	05/12/2024	182,74	SÃO FRANCISCO
CAJAZEIRAS	06/12/2024	164,62	SÃO FRANCISCO
CAJAZEIRAS	07/12/2024	219,29	SÃO FRANCISCO

CAJAZEIRAS	08/12/2024	109,11	SÃO FRANCISCO
CAJAZEIRAS	09/12/2024	104,68	SÃO FRANCISCO
	MÉDIA POR DIA:	148,36	
	TOTAL:	1038,51	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

Vieirópolis, com pouco mais de 4.300 habitantes, como veremos na Tabela 8 abaixo, apresentou o melhor desempenho da equipe: 2.474,23 toneladas aplicadas em 13 dias, com média de **190,33 t/dia**. Houve dias de pico acima de 250 toneladas, intercalados com faixas intermediárias (100-250 t/dia) e um único registro abaixo de 100 toneladas. Esse padrão sugere boa capacidade técnica de execução, embora tenha havido oscilações possivelmente relacionadas a fatores logísticos (atrasos no transporte) e operacionais (chuvas isoladas ou ajustes mecânicos). O fornecimento também foi realizado pela usina de Cajazeiras, a cerca de 65,1 km.

Tabela 7: Dados discriminados da pesquisa referente a produtividade da Equipe 2 na cidade de Vieirópolis.

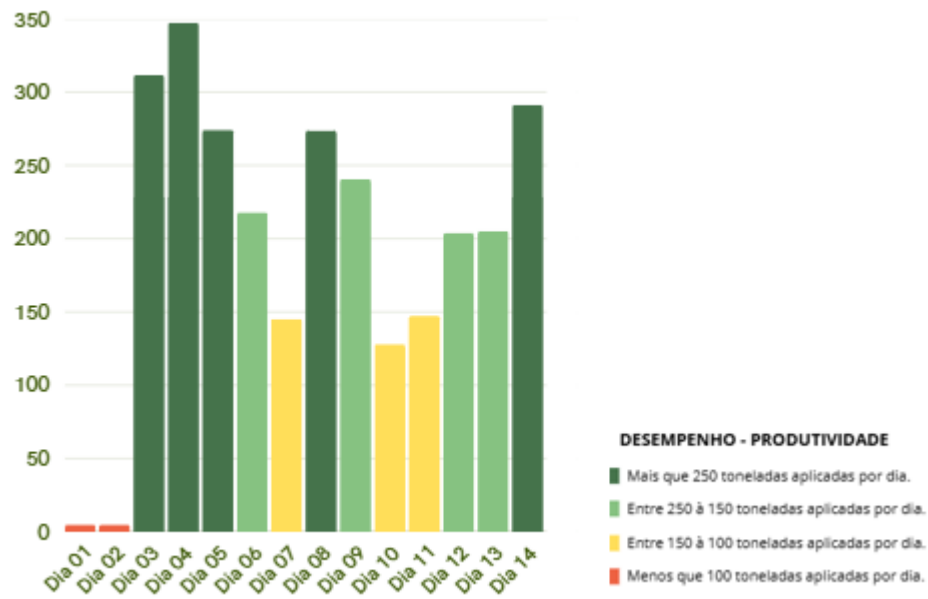
USINA	DATA	QUANTIDADE TRANSPORTADA (TON)	DESTINO
CAJAZEIRAS	10/12/2024	MOBILIZAÇÃO	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	11/12/2024	ORGANIZAÇÃO	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	12/12/2024	347,33	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	13/12/2024	274,00	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	14/12/2024	218,02	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	15/12/2024	145,20	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	16/12/2024	273,49	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	07/01/2025	240,49	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	08/01/2025	128,08	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	09/01/2025	147,25	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	10/01/2025	204,02	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	11/01/2025	205,08	VIEIRÓPOLIS
CAJAZEIRAS	12/01/2025	291,27	VIEIRÓPOLIS
	MÉDIA POR DIA:	190,33	
	TOTAL:	2474,23	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

A análise das oscilações diárias evidencia pontos críticos que impactaram a regularidade da produção. Em Tavares, foram registrados sete dias com produtividade inferior a 100 toneladas, o que comprometeu a média final do município. Em São Francisco, a produção concentrou-se majoritariamente nas faixas intermediárias (150–250 t/dia), sem registros acima de 250 toneladas, indicando um ritmo moderado de execução. Já em Vieirópolis, observou-se maior variabilidade: dias de alto desempenho, superiores a 250 toneladas, especialmente no início e no encerramento da obra, intercalaram-se com períodos de produtividade intermediária e até mesmo um dia abaixo

de 100 toneladas. Esses episódios podem estar associados, também, a falhas no planejamento da execução.

Figura 12: Infográfico para ilustrar a produtividade diária da Equipe 2 em Vieirópolis.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2025.

Na cidade de Tavares, identificou-se o principal ponto crítico da equipe. Foram registrados sete dias com produtividade inferior a 100 toneladas, o que impactou negativamente a média de desempenho. Essa baixa produção foi observada tanto na fase inicial quanto em momentos intermediários da obra. Apesar disso, também houve registros em faixas mais altas, com dias próximos ou acima de 250 toneladas, mostrando que a equipe possui capacidade técnica para alcançar melhor desempenho, mas enfrentou dificuldades em manter regularidade.

Tabela 8: Dados discriminados da pesquisa referente a produção da Equipe 02 na cidade de Tavares

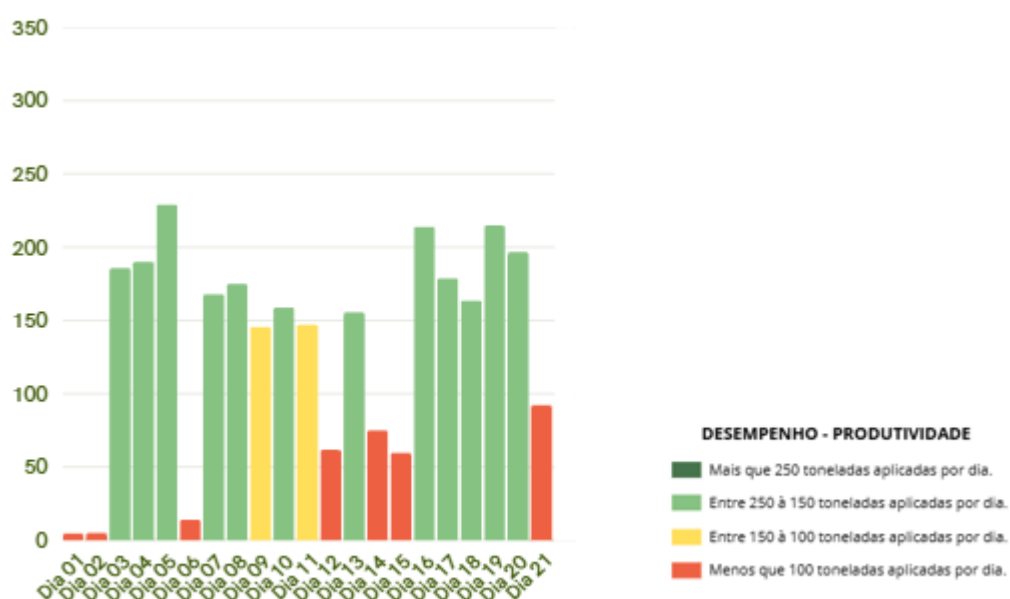
USINA	DATA	QUANTIDADE TRANSPORTADA (TON)	DESTINO
PATOS	14/01/2025	MOBILIZAÇÃO	TAVARES
PATOS	15/01/2025	ORGANIZAÇÃO	TAVARES
PATOS	16/01/2025	185,70	TAVARES
PATOS	17/01/2025	189,94	TAVARES
PATOS	18/01/2025	229,24	TAVARES
PATOS	19/01/2025	14,08	TAVARES
PATOS	21/01/2025	167,78	TAVARES
PATOS	22/01/2025	175,08	TAVARES
PATOS	23/01/2025	145,80	TAVARES

PATOS	24/01/2025	158,77	TAVARES
PATOS	25/01/2025	147,02	TAVARES
PATOS	27/01/2025	61,82	TAVARES
PATOS	28/01/2025	155,54	TAVARES
PATOS	29/01/2025	75,18	TAVARES
PATOS	30/01/2025	59,92	TAVARES
PATOS	01/02/2025	214,10	TAVARES
PATOS	02/02/2025	178,94	TAVARES
PATOS	03/02/2025	163,74	TAVARES
PATOS	04/02/2025	214,91	TAVARES
PATOS	05/02/2025	196,68	TAVARES
PATOS	06/02/2025	92,20	TAVARES
	MÉDIA POR DIA:	134,59	
	TOTAL:	2826,44	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

Outro aspecto determinante refere-se à distância entre as usinas fornecedoras e os locais de aplicação. Em São Francisco e Vieirópolis, o fornecimento partiu da usina localizada em Cajazeiras-PB, que, como apresentado acima, são consideravelmente distantes das áreas de aplicação. Já em Tavares, o CBUQ foi fornecido pela usina de Patos-PB, a cerca de 170 km do município. Essa diferença logística impactou diretamente a produtividade: já que os municípios mais próximos da usina apresentaram maior regularidade e médias mais elevadas, em função da redução do tempo de transporte e do menor desgaste da frota.

Figura 13: Infográfico para ilustrar a produtividade diária da Equipe 2 em Tavares.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor para fins didáticos, 2025.

Em 7 dias de operação, foram aplicadas 1.038,51 toneladas, resultando em uma média diária de 148,36 toneladas. Já em Vierópolis, município com pouco mais de 4.300 habitantes, foram empregadas 2.474,23 toneladas em 13 dias, atingindo uma produtividade média de 190,33 toneladas por dia. Em Tavares, município do sertão da Paraíba com cerca de 6.400 habitantes, foram executadas 2.826,44 toneladas em 21 dias, com média de 134,59 toneladas por dia (IBGE, 2022).

A produtividade da Equipe 02 na aplicação de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) foi avaliada a partir dos registros fornecidos pelas usinas responsáveis pelo fornecimento do material, contendo as datas, as quantidades transportadas e os destinos de aplicação. O período considerado compreendeu dezembro de 2024 a fevereiro de 2025, com dados sistematizados nas Tabelas 6 a 9, que discriminam o volume total aplicado e os dias de serviço efetivo. A partir desses registros, foi calculada a produtividade média diária em cada município, o que possibilitou comparar o desempenho da equipe em diferentes contextos logísticos.

No total, a Equipe 02 aplicou 6.339,18 toneladas de CBUQ em 41 dias de trabalho, alcançando uma média geral de 154,61 t/dia. Entre os municípios, as diferenças foram significativas: em Vieirópolis, a equipe obteve a maior produtividade média, com 190,33 t/dia; em São Francisco, a média foi de 148,36 t/dia; e em Tavares, registrou-se a menor produtividade, com 134,59 t/dia. Esses resultados estão resumidos delimitados nas tabelas acima, enquanto a evolução diária em cada município é ilustrada nas Figuras acima, que permitem visualizar os dias de pico e os de menor rendimento.

Entretanto, a escolha adequada do tipo de mistura asfáltica, por si só, não garante o desempenho ideal da pavimentação. A efetivação dos benefícios esperados (como durabilidade, aderência e resistência) depende diretamente da qualidade da execução em campo. Fatores como a sincronização entre a usinagem, transporte e aplicação, o controle de temperatura do material, a uniformidade de espalhamento e a eficiência na compactação são decisivos para o desempenho final do pavimento. Além disso, a organização das equipes, o cumprimento rigoroso do cronograma diário e a padronização das rotinas operacionais influenciam diretamente nos índices de produtividade.

Estudos técnicos e normativos, como os do DNIT e do SICRO, reforçam que o planejamento detalhado das atividades e a gestão eficiente dos recursos humanos e mecânicos são fundamentais para a aplicação bem-sucedida do CBUQ, seja em áreas urbanas ou rodoviárias. Dessa forma, a produtividade não deve ser analisada apenas em

termos quantitativos, mas também pela qualidade da estratégia operacional empregada ao longo do processo construtivo.

De forma geral, a Equipe 2 apresentou potencial para alcançar altos índices de produção, porém foi prejudicada por períodos de baixa produtividade e pela necessidade de maior estabilidade operacional. Melhorias na fase de mobilização e na manutenção de um ritmo constante podem contribuir para resultados mais competitivos.

De forma consolidada, a análise demonstra que a Equipe 02 apresentou potencial técnico para alcançar altos índices de produtividade, sobretudo nos municípios mais próximos da usina, mas foi prejudicada por períodos de baixa produção e pela dificuldade em manter estabilidade operacional. Estratégias de mobilização prévia, sincronização entre usinagem, transporte e aplicação, controle rigoroso da temperatura da mistura, uniformidade no espalhamento e eficiência na compactação configuram-se como medidas fundamentais para melhorar o desempenho das equipes e assegurar maior durabilidade e qualidade ao pavimento executado.

5.3 Análise da produtividade – um comparativo entre as equipes

A análise comparativa da produtividade das Equipes 1 e 2 na execução de operações de revestimento asfáltico permitiu identificar fatores determinantes para o desempenho operacional, considerando não apenas a aplicação direta do CBUQ, mas também aspectos logísticos, estruturais, ambientais e humanos. No total, a Equipe 1 aplicou 6.505,86 toneladas em 34 dias de operação, alcançando uma média de 191,35 t/dia, enquanto a Equipe 2 aplicou 6.339,18 toneladas em 41 dias, com média de 154,61 t/dia. Essa diferença de aproximadamente 36,74 t/dia evidencia a influência de múltiplos fatores sobre a produtividade, incluindo planejamento, logística, relevo, clima e integração da equipe.

Fatores que explicam o desempenho superior da Equipe 1: A maior produtividade média da Equipe 1 está associada a proximidade das usinas: em São Domingos, a central de usinagem estava localizada a menor distância do canteiro, reduzindo o tempo de transporte e preservando a temperatura do material, conforme defendem Peixoto (2019) e Santos *et al.* (2020); condições técnicas favoráveis das vias: bases e sub-bases estabilizadas permitiram maior ritmo de aplicação e menor retrabalho (Pontes; Marques, 2018); regularidade operacional – a equipe manteve frentes de trabalho contínuas, evitando interrupções prolongadas e otimizando recursos, em linha com Rodrigues e Oliveira (2021) e Dias *et al.* (2020); integração da equipe – comunicação eficiente e planejamento prévio resultaram em maior fluidez nas tarefas, confirmando o que apontam Oliveira e Mendes (2021).

Como dito no tópico 5.1, a Equipe 1 atuou nos municípios de Brejo dos Santos, São Domingos e São José da Lagoa Tapada, aplicando ao todo 6.505,86 toneladas em 34 dias de operação. Em Brejo dos Santos, com população estimada em 6.200 habitantes (IBGE, 2022), a equipe aplicou 2.612,11 toneladas em 15 dias, obtendo uma média de 174,14 toneladas por dia. Em São Domingos, com cerca de 3.100 habitantes, a produtividade foi a mais elevada entre todas as cidades: 2.342,01 toneladas aplicadas em 11 dias, com média de 212,91 toneladas diárias. Já em São José da Lagoa Tapada, município com população de aproximadamente 5.400 habitantes, foram empregadas 1.551,74 toneladas em 8 dias, com produtividade média de 193,97 toneladas diárias.

As usinas utilizadas para fornecimento do asfalto pelas equipes foram distribuídas de maneira estratégica, com foco na redução dos deslocamentos e agilidade na reposição

do material. As atividades das Equipes 1 e 2 ocorreram entre os meses de novembro à fevereiro, período que exigiu estratégias de produção bem definidas para lidar com os desafios logísticos e administrativos típicos do encerramento de ano. Ambas as equipes buscaram manter a regularidade dos serviços por meio de um planejamento prévio das frentes de trabalho, controle no envio de materiais e organização entre os setores envolvidos.

A Equipe 1 destacou-se por sua execução contínua e pela eficiência na coordenação das tarefas, mantendo um fluxo produtivo constante. Já a Equipe 2 teve sua maior produtividade registrada na cidade de Vieirópolis. Esse espaçamento contribuiu para um maior rendimento nos dias efetivamente trabalhados, permitindo que a equipe retornasse com ritmo mais intenso e concentrado. Além disso, a Equipe 2 adotou uma prática marcante ao dedicar um dia exclusivamente à organização das atividades antes do início da produção, o que, embora tenha impactado levemente o índice médio de produtividade, refletiu um cuidado estratégico com o planejamento e a estruturação operacional. O propósito comum de ambas foi garantir melhorias na trafegabilidade e na durabilidade dos pavimentos urbanos e interurbanos atendidos.

Por outro lado, a Equipe 2 atuou em São Francisco, Vieirópolis e Tavares. Embora esta última tenha sido a cidade com maior tonelagem aplicada pela equipe (2.826,44 toneladas), a média diária foi a mais baixa (134,59 t/dia). A baixa produtividade registrada em Tavares, mesmo com uma elevada tonelagem total aplicada, sugere a presença de entraves ambientais e estruturais que impactam negativamente o desempenho diário da equipe. Um dos fatores determinantes é o relevo ondulado da região, que, de acordo com o IBGE (2022), dificulta a logística de transporte e o acesso contínuo dos veículos e maquinários.

Esse tipo de relevo exige manobras mais frequentes e reduz a velocidade operacional, comprometendo o rendimento por jornada. Além disso, Tavares está localizada em uma zona de menor integração logística estadual, o que implica em maiores distâncias entre a obra e a usina de asfalto – um aspecto que, conforme descrito por Pereira e Cunha (2020), compromete a qualidade do CBUQ durante o transporte e demanda tempo adicional para sua aplicação.

A Equipe 2 apresentou variações significativas de produtividade entre os municípios: Tavares: apesar do maior volume total (2.826,44 t), obteve a menor média (134,59 t/dia), em função do relevo ondulado, das longas distâncias até a usina de Patos e de condições climáticas adversas (IBGE, 2022; AESA, 2022).

Vieirópolis registrou o melhor desempenho (190,33 t/dia), aproximando-se da média de referência do SICRO (180–200 t/dia), reflexo de logística mais favorável e execução contínua. São Francisco manteve ritmo intermediário (148,36 t/dia), sem alcançar altos volumes devido a restrições logísticas.

Esses resultados confirmam o que defendem Pereira e Cunha (2020), Silva e Andrade (2020) e Ferreira *et al.* (2022), que destacam a influência direta da logística, das condições do terreno e da gestão operacional na produtividade diária de equipes de pavimentação.

Além dos fatores externos, elementos organizacionais internos impactaram o desempenho. A análise das entrevistas com oito integrantes de cada equipe revelou diferenças claras na abordagem: Equipe 1 apresentou maior flexibilidade operacional e agilidade decisória, favorecendo adaptação a imprevistos e manutenção do fluxo de trabalho.

Equipe 2 demonstrou estrutura mais rígida e foco em metas, mas maior resistência a mudanças, o que reduziu sua capacidade de adaptação em contextos críticos. Esses achados reforçam a literatura (Oliveira e Mendes, 2021; Rodrigues e Oliveira, 2021; Souza, 2018), que aponta a integração da equipe e a flexibilidade gerencial como fatores decisivos para elevar a produtividade em obras rodoviárias.

Essa dificuldade de adaptação reflete diretamente na flexibilidade operacional da equipe e pode comprometer a produtividade em contextos que exigem respostas rápidas e ajustes frequentes, como em situações de imprevistos ou alterações de planejamento. Enquanto isso, a equipe 1, embora menos estruturada em termos de processos formais, apresenta maior agilidade na tomada de decisões (7 "sim") e menor resistência a mudanças (apenas 2 "sim" para resistência, contra 4 "não").

Dessa forma, conclui-se que a maior rigidez metodológica da equipe 2, apesar de trazer organização, pode representar uma limitação em ambientes dinâmicos, impactando negativamente na produtividade quando há necessidade de adaptações rápidas. Já a equipe 1, mais flexível, tende a lidar melhor com variações operacionais, o que pode representar uma vantagem em cenários de alta variabilidade.

A Tabela 10 traz as respostas dadas pelas equipes acerca da produtividade voltada ao cotidiano na empresa:

Quadro 9: Perguntas e respostas dos entrevistados das equipes para a nossa pesquisa.

PERGUNTAS	EQUIPE 1	8 ENTREVISTADOS
Há divisão formal de funções entre os trabalhadores?	Equipe 1	(8) SIM (0) NÃO (0) ÀS VEZES
Toma decisões rápidas diante de imprevistos?	Equipe 1	(7) SIM (0) NÃO (1) ÀS VEZES
Foca diretamente na produtividade (toneladas aplicadas por dia)?	Equipe 1	(7) SIM (0) NÃO (1) ÀS VEZES
É cobrado frequentemente por metas de produção?	Equipe 1	(7) SIM (0) NÃO (1) ÀS VEZES
Há resistência a mudanças rápidas na execução do serviço?	Equipe 1	(2) SIM (4) NÃO (2) ÀS VEZES
PERGUNTAS	EQUIPE 2	8 ENTREVISTADOS
Há divisão formal de funções entre os trabalhadores?	Equipe 2	(8) SIM (0) NÃO (0) ÀS VEZES
Toma decisões rápidas diante de imprevistos?	Equipe 2	(6) SIM (0) NÃO (2) ÀS VEZES
Foca diretamente na produtividade (toneladas aplicadas por dia)?	Equipe 2	(5) SIM (1) NÃO (2) ÀS VEZES
É cobrado frequentemente por metas de produção?	Equipe 2	(6) SIM (0) NÃO (2) ÀS VEZES
Há resistência a mudanças rápidas na execução do serviço?	Equipe 2	(2) SIM (2) NÃO (4) ÀS VEZES

Fonte: Material do próprio autor, elaborado para fins didáticos, 2025.

De forma consolidada, a análise evidencia que a produtividade não depende apenas da tecnologia empregada (CBUQ), mas da interação entre fatores logísticos, ambientais, estruturais e humanos. A Equipe 1 destacou-se por sua constância e maior média diária, beneficiando-se de logística eficiente, cronograma contínuo e integração da equipe. Já a Equipe 2, embora tenha atingido volume total semelhante, sofreu impacto de

limitações externas (distância, relevo, clima) e de menor flexibilidade operacional, resultando em médias inferiores.

Portanto, este estudo mostra que o aumento da produtividade em operações de pavimentação exige tanto soluções logísticas quanto aprimoramento da gestão e da capacidade adaptativa das equipes. A combinação entre planejamento detalhado, proximidade de insumos, regularidade operacional e flexibilidade organizacional se configura como diferencial competitivo para a execução eficiente de obras rodoviárias no semiárido paraibano

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo geral investigar os fatores responsáveis pelas variações de produtividade na aplicação de CBUQ em obras públicas municipais, com vistas a subsidiar melhorias na gestão e execução dos serviços de pavimentação. Esse objetivo foi alcançado por meio de uma análise comparativa entre duas equipes atuantes em contextos semelhantes, mas com desempenhos distintos, permitindo a identificação de variáveis técnicas, humanas e logísticas que influenciam diretamente os resultados obtidos em campo. A abordagem comparativa, ancorada em documentos técnicos e registros operacionais, permitiu compreender não apenas as diferenças nos índices de produtividade, mas os contextos que explicam tais variações e os caminhos possíveis para otimizá-las.

No que tange ao primeiro objetivo específico (analisar os indicadores de desempenho das equipes 1 e 2), os resultados demonstraram uma diferença significativa na produtividade diária média entre as equipes. A Equipe 1, com média de 191,35 t/dia, superou a Equipe 2, cuja média foi de 154,61 t/dia. Essa disparidade, identificada a partir dos dados coletados em boletins de produção e relatórios operacionais, evidenciou que, mesmo com estruturas de apoio semelhantes, a organização das tarefas, a regularidade dos serviços e a logística de suprimento influenciam diretamente no rendimento das operações. Fatores como pausas não programadas, interferência climática e a ausência de um padrão consolidado de execução levaram a um maior tempo gasto com reorganizações e ajustes operacionais em campo, reduzindo a produtividade da Equipe 2 em comparação à Equipe 1, que atua com maior previsibilidade e menor necessidade de planejamento constante.

Quanto ao segundo objetivo (identificar aspectos técnicos, humanos e gerenciais que influenciam a produtividade das equipes), observou-se que o desempenho não pode ser compreendido apenas pela análise de toneladas aplicadas. A pesquisa revelou que a eficiência das equipes está associada à capacitação dos profissionais, à organização do canteiro de obras, ao controle de temperatura da massa asfáltica, ao fluxo logístico e ao planejamento diário de atividades. A atuação da Equipe 1 demonstrou sincronia entre os setores envolvidos (usinagem, transporte e aplicação), além de uma liderança eficaz e

rotinas padronizadas, fatores que se refletiram em um ritmo de trabalho mais constante e produtivo.

No que se refere ao terceiro objetivo (comparar os métodos e rotinas operacionais adotados por cada equipe), a análise documental e técnica permitiu identificar boas práticas e fragilidades em ambas as frentes de trabalho. A Equipe 1 se destacou pela execução contínua, pelo uso estratégico da logística de usinas e pela adaptação às realidades locais, enquanto a Equipe 2 apresentou desafios relacionados à mobilidade em terrenos irregulares e cronogramas mais fragmentados. Esses elementos, embora pareçam externos, são condicionados pela forma como a gestão das equipes os antecipa e os enfrenta, revelando a importância de metodologias mais robustas de planejamento.

O quarto objetivo (avaliar as possíveis implicações das diferenças de produtividade na eficiência global das obras) revelou que as variações no desempenho impactam diretamente o tempo de execução, os custos operacionais e a qualidade final da pavimentação. Obras realizadas com menor produtividade tendem a apresentar maior exposição a fatores climáticos adversos, consumo elevado de insumos e recursos humanos subutilizados, comprometendo a eficiência geral do projeto. A análise demonstrou que melhorar a produtividade não apenas acelera o cronograma físico da obra, mas também promove o uso mais racional dos recursos públicos, com menor risco de retrabalho e aumento da vida útil da pavimentação.

Durante a realização da pesquisa, alguns desafios se impuseram, especialmente no acesso e na organização dos dados operacionais. A sistematização de entrevistas na pesquisa de campo, a análise de produtividade por tonelagem e o cruzamento com variáveis externas (como clima e logística) demandaram um esforço contínuo de interpretação crítica e alinhamento com a bibliografia técnica. Além disso, houve limitações impostas por dados incompletos de jornadas de trabalho e registros não padronizados entre as equipes, o que exigiu adaptações metodológicas para garantir a comparabilidade e a coerência da análise.

De forma geral, a temática estudada evidencia a relevância da aplicação do CBUQ como solução eficiente e adaptável à realidade dos municípios de pequeno e médio porte. Sua resistência mecânica, facilidade de aplicação e durabilidade justificam sua ampla adoção, mesmo frente a outros materiais alternativos. Contudo, os ganhos em desempenho só são plenamente obtidos quando há um planejamento técnico adequado, integração entre equipes e controle rigoroso dos processos. A continuidade desta pesquisa pode se dar por estudos de caso em outros contextos regionais, avaliação da produtividade

com CBUQ modificado por polímeros ou ainda pela mensuração de custos e impactos socioeconômicos decorrentes da pavimentação com maior eficiência.

Recomenda-se, por fim, uma reflexão crítica sobre a atuação da Equipe 2, que apresentou pausas significativas logo após a mobilização, utilizando o tempo para reorganização interna e tentativa de definição de uma logística ideal somente após a chegada ao local. Apesar da intenção de estruturar um padrão eficiente, a demora em alinhar estratégias e ações práticas em campo comprometeu a produtividade. É fundamental que o planejamento e a padronização ocorram de forma antecipada e integrada ao cronograma de execução, evitando retrabalhos e otimizando os recursos disponíveis.

Portanto, o uso das bases do SICRO e dos normativos complementares contribuiu para assegurar o rigor da análise dos dados obtidos em campo. Ao estabelecer correlações entre os documentos oficiais e os resultados empíricos observados, esta pesquisa buscou construir um olhar técnico e fundamentado sobre os fatores que condicionam a produtividade de equipes na aplicação de CBUQ. Mais do que mensurar quantitativamente a produção diária, pretende-se aqui compreender, qualitativamente, o que determina o sucesso ou os entraves de uma obra, sobretudo quando executada em contextos desiguais, como os municípios de pequeno e médio porte contemplados neste estudo.

De modo geral, esta pesquisa reforça a importância do CBUQ como material eficiente e amplamente utilizado na pavimentação de vias municipais, destacando seu bom desempenho mecânico, sua durabilidade e sua adaptabilidade a diferentes condições locais. Contudo, a simples escolha do material não garante o sucesso da obra: é a combinação entre técnica, gestão e logística que define os melhores resultados. Assim, abre-se espaço para pesquisas futuras que explorem a aplicação de CBUQ modificado com aditivos em cenários de alta variabilidade climática, estudos comparativos em grandes centros urbanos e análises econômicas detalhadas sobre o custo-benefício da produtividade em pavimentações públicas.

Embora este trabalho não pretenda esgotar o debate sobre produtividade em obras públicas, ele deixa importantes pistas e provocações para estudos futuros. Os dados aqui levantados podem servir de base para decisões mais assertivas por parte de gestores municipais, engenheiros e empresas contratadas. Recomenda-se, ainda, a implementação de melhorias práticas como a capacitação continuada das equipes de aplicação, a implantação de estruturas de apoio logístico temporárias (como usinas móveis) e a

padronização das rotinas de planejamento e execução. Tais medidas têm potencial para promover ganhos significativos em desempenho, custo e durabilidade, contribuindo para uma infraestrutura urbana mais eficiente, segura e economicamente sustentável, ao tempo em que reconhecemos esses pontos fortes desenvolvidos no decurso deste trabalho, entendemos também a possibilidade de trabalhos futuros que podem discorrer sobre a verificação do estado desses pavimentos.

REFERÊNCIAS:

ALMEIDA, F. C. *et al.* **Infraestrutura de transportes no Brasil**: evolução histórica e perspectivas futuras. Brasília: Ipea, 2016.

ANDRADE JUNIOR, F. A.; REIS, J. G. **Engenharia de pavimentos**: princípios e aplicações. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica**: tecnologia, projeto e execução. São Paulo: Pini, 2007.

BERNUCCI, L. B. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, 2010.

BERNUCCI, L. *et al.* **Pavimentação**: treinamento para engenheiros rodoviários. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BIANCHI, M.; BRITO, L. A.; CASTRO, M. C. **Estruturas de pavimentos**: conceitos e aplicações. Curitiba: InterSaberes, 2008.

BRITO, L. A. *et al.* **Gestão da produção e produtividade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2020.

CARVALHO, F. C.; ANDRADE, S. P. Avaliação técnico-econômica de pavimentos asfálticos. **Revista Transportes**, v. 29, n. 2, p. 56–69, 2021.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Perfil da Construção Civil Brasileira**. Brasília: CBIC/FGV, 2012.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Estudo sobre terceirização na construção civil**. Brasília: CNI, 2013.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Terceirização e produtividade**. Brasília: CNI, 2014.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT do Transporte**. Brasília: CNT, 2017.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias 2019**. Brasília: CNT, 2019.

COSTA, R. A.; ALMEIDA, J. T. Medição e controle de produção em pavimentação com CBUQ. **Revista Técnica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, p. 45–57, 2023.

-
- COSTA, T. L.; LIMA, R. M. Influência do clima na aplicação de revestimentos asfálticos. **Revista Engenharia em Pauta**, v. 8, n. 1, p. 23–31, 2019.
- DIAS, F. C.; LIMA, G. H.; MORAES, V. B. **Planejamento e controle de obras públicas**: métodos e estudos de caso. São Paulo: Pini, 2020.
- DIAS, J. *et al.* Gestão de cronogramas e produtividade em obras de infraestrutura. **Revista de Engenharia Civil**, 2020.
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2006.
- FERRAZ, C. A.; TORRES, R. S. O impacto da pavimentação no desenvolvimento urbano. **Revista Brasileira de Infraestrutura Urbana**, v. 4, n. 1, p. 12–22, 2012.
- FERREIRA, A. P.; MENDONÇA, L. S.; COSTA, M. E. **Desempenho do CBUQ**: transporte, aplicação e controle de temperatura. Rio de Janeiro: IBP, 2022.
- FERREIRA, J. A.; LIMA, R. M.; COSTA, C. S. Avaliação da perda térmica em transporte de massa asfáltica: implicações para a qualidade final da aplicação. **Revista Transporte & Logística**, v. 14, n. 2, p. 33–48, 2022.
- FERREIRA, L. *et al.* Temperatura da mistura asfáltica e sua influência na trabalhabilidade do CBUQ. **Revista Pavimentação**, 2022.
- FREITAS, L. S.; OLIVEIRA, A. R. A importância da pavimentação para o desenvolvimento local. **Revista Infraestrutura Urbana**, v. 9, n. 2, p. 78–85, 2022.
- GOINFRA – Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes. **Manual de Serviços Rodoviários**. Goiânia: Goinfra, 2019.
- GRECO, M. **Manual de Engenharia Rodoviária**. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.
- HORONJEFF, R. **Planejamento e projeto de aeroportos**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 1966.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**: Paraíba. 2022.
- IBIRONKE, O. T. *et al.* Impact of motivational factors on construction workforce productivity. **International Journal of Construction Management**, v. 11, n. 3, p. 25–34, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base de informações geográficas e cartográficas dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 2022.

-
- LIMA, A. M.; CARDOSO, V. M. Indicadores de desempenho na gestão de obras públicas. **Revista Gestão Pública**, v. 6, n. 1, p. 65–76, 2019.
- MATTOS, A. **Indicadores de produtividade em obras públicas**: desafios e práticas. *Revista de Administração Pública*, v. 44, n. 2, p. 321–339, 2010.
- MELO, S. R.; LIMA, P. M.; FERREIRA, C. A. Desempenho e qualidade na execução de pavimentos asfálticos. **Revista Engenharia em Foco**, v. 10, n. 1, p. 33–41, 2022.
- MENDONÇA, J. L.; SOUZA, A. P. Revestimentos asfálticos em áreas de tráfego intenso. **Revista de Infraestrutura**, v. 5, n. 1, p. 55–64, 2020.
- MEURER, J. A.; FILLA, V.; MACHADO, C. D. **Patologias em pavimentos**: causas e soluções. Porto Alegre: UFRGS, 2022.
- MOJAHED, S.; AGHAZADEH, F. Major factors influencing productivity of water and wastewater treatment plant construction: Evidence from US projects. **International Journal of Project Management**, v. 25, n. 2, p. 23–30, 2007.
- MOREIRA, M. P. *et al.* Alta resistência de pavimentos industriais com CBUQ. **Revista Engenharia Industrial**, v. 15, n. 2, p. 112–119, 2022.
- MOREIRA, M. P.; LIMA, J. R. Logística de produção e aplicação do CBUQ. **Revista Transportes**, v. 21, n. 3, p. 29–37, 2017.
- NETO, D. M. *et al.* Infraestrutura rodoviária e desenvolvimento econômico: uma revisão crítica. **Revista de Logística & Transportes**, v. 8, n. 1, p. 45–54, 2019.
- NG, T. S. T. *et al.* A review of productivity in construction projects. **Building and Environment**, v. 39, n. 4, p. 391–398, 2004.
- OGUNDE, A. O. *et al.* Factors affecting construction projects in Nigeria. *Civil Engineering and Urban Planning: An International Journal*, v. 3, n. 1, p. 23–34, 2016.
- OLIVEIRA, A. F.; SOUZA, R. T. Controle e medição de obras de pavimentação asfáltica. **Revista Técnica em Engenharia de Transportes**, v. 6, n. 2, p. 28–37, 2022.
- OLIVEIRA, J. M.; REZENDE, D. B. Liderança e desempenho em canteiros de obra. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 8, n. 1, p. 41–55, 2022.
- OLIVEIRA, M. A.; MENDES, R. Planejamento e integração de equipes em obras rodoviárias. **Revista Construção & Técnica**, 2021.

OLIVEIRA, S. R.; MENDES, A. P. O fator humano na produtividade da construção civil: estudo de caso em obras públicas. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 21, n. 3, p. 95–112, 2021.

PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. **Boletim Pluviométrico 2022**. João Pessoa: AESA, 2022.

PEIXOTO, A. R. **Logística aplicada à pavimentação urbana**: estratégias para produtividade. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

PEREIRA, J. V. et al. Tratamentos superficiais em pavimentos urbanos. **Revista Engenharia de Estradas**, v. 11, n. 1, p. 77–84, 2020.

PEREIRA, J.; CUNHA, F. Logística e transporte de materiais betuminosos em regiões semiáridas. **Revista Engenharia de Transportes**, 2020.

PEREIRA, M. C.; CUNHA, L. G. **Logística de transporte em obras públicas**: desafios operacionais e soluções técnicas. Recife: EdUFRPE, 2020.

PINTO, L. R.; CARVALHO, F. S. Camadas estruturais do pavimento e desempenho técnico. **Revista Infraestrutura**, v. 13, n. 2, p. 59–67, 2018.

PONTES, A.; MARQUES, L. Eficiência em obras rodoviárias: bases técnicas e operacionais. **Revista Infraestrutura**, 2018.

PONTES, L. A.; MARQUES, T. S. **Infraestrutura rodoviária**: materiais, técnicas e controle de qualidade. Brasília: UnB Editora, 2018.

RIBEIRO, M. L. Manutenção de pavimentos asfálticos em cidades médias: desafios e perspectivas. **Revista Cidades e Territórios**, v. 9, n. 1, p. 23–34, 2017.

ROCHA, M. T. *et al.* CBUQ: aplicações e desempenho em vias urbanas. **Revista Brasileira de Infraestrutura**, v. 12, n. 3, p. 55–63, 2023.

RODRIGUES, A. C. *et al.* Estrutura e dimensionamento de pavimentos flexíveis. **Revista Científica Engenharia em Foco**, v. 9, n. 2, p. 102–111, 2019.

RODRIGUES, C.; OLIVEIRA, D. Fluxos operacionais e produtividade em obras viárias. **Revista Técnica de Engenharia**, 2021.

RODRIGUES, J. M.; OLIVEIRA, D. S. **Gestão da produção em obras rodoviárias**: teoria e prática. Curitiba: InterSaberes, 2021.

SANTOS, M. C. *et al.* Eficiência logística na manutenção viária: estudo aplicado. **Revista Engenharia em Foco**, v. 12, n. 2, p. 45–58, 2020.

-
- SANTOS, P. *et al.* Proximidade entre usinas e obras: impactos na eficiência do transporte de asfalto. **Revista Transporte & Logística**, 2020.
- SANTOS, P. V.; RIBEIRO, H. M. Capacitação técnica e produtividade na aplicação de CBUQ. **Revista Brasileira de Engenharia Rodoviária**, v. 17, n. 1, p. 33–42, 2024.
- SILVA, H.; ANDRADE, M. Desafios logísticos no transporte de CBUQ. **Revista Engenharia Rodoviária**, 2020.
- SILVA, M. J. **Avaliação de patologias em pavimentos flexíveis e rígidos**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- SILVA, R. A. *et al.* Infraestrutura viária e produtividade urbana. **Revista Engenharia Pública**, v. 10, n. 2, p. 15–26, 2020.
- SILVA, R. F.; NASCIMENTO, H. R. **Misturas asfálticas modificadas**: desempenho e aplicação no clima tropical. Belo Horizonte: UFMG, 2017.
- SILVA, T. F.; MOREIRA, V. A. Pavimentação com CBUQ: desempenho técnico e boas práticas. **Revista Engenharia Urbana**, v. 9, n. 1, p. 12–20, 2023.
- SOUZA, C. A. S. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil**. Brasília: Senai/DN, 2017.
- SOUZA, J. P.; SANTANA, C. G.; PINHEIRO, M. L. Pavimentos asfálticos: composição, função e desempenho. **Revista Técnica de Engenharia**, v. 16, n. 2, p. 23–33, 2022.
- SOUZA, T. Flexibilidade operacional e produtividade em equipes de pavimentação. **Revista Gestão da Construção**, 2018.
- Ugochukwu, S. C.; ONYEKWENA, C. Q. Capacity building and productivity improvement in road construction. **Nigerian Journal of Civil Engineering**, v. 6, n. 1, p. 33–41, 2014.
- VEIGA, L. B.; KUHN, R. S.; NORBACK, M. A. Desempenho estrutural de pavimentos flexíveis. **Revista de Engenharia de Transportes**, v. 11, n. 2, p. 78–88, 2020.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Patos - Código INEP: 25281925
	Br 110, S/N, Alto da Tubiba, CEP 58700-000, Patos (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0006-80 - Telefone: None

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de TCC com a Ficha catalografica.Carta

Assunto:	Entrega de TCC com a Ficha catalografica.Carta
Assinado por:	Gabriel Fernandes
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:
■ **Gabriel Morais Fernandes, DISCENTE (202026550053) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - PATOS**, em 21/10/2025 09:52:07.

Este documento foi armazenado no SUAP em 21/10/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1648557
Código de Autenticação: 45728969fe

