Capítulo 22

Análise da Eficiência Econômica entre Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva em Rodovias

Analysis of the Economic Efficiency of Preventive Versus Corrective Maintenance on Highways

Diego Saraiva Barbosa

Afya Centro Universitário São Lucas. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/1298762803147367

Thiago Barboza Santana

Afya Centro Universitário São Lucas. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/7998826487156161

Alex Gomes Pereira

Afya Centro Universitário São Lucas. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/1676454293636622

Jayne Carlos Piovesan

Afya Centro Universitário São Lucas. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/9698895015301332

Raduan Krause Lopes

Universidade Federal de Rondônia. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/4240928242745906

Resumo: A manutenção dos pavimentos rodoviários é fundamental para preservar as condições de utilização das rodovias, sendo importante compreender os custos associados às diferentes intervenções. Este estudo teve como objetivo comparar os custos unitários de serviços de manutenção preventiva e corretiva de pavimentos rodoviários, utilizando como referência as composições do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) para o estado de Rondônia, com data-base de abril de 2026. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, quantitativa, descritiva e comparativa, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Foram analisados os serviços de fresagem contínua de revestimento asfáltico, com espessura de 5 cm, adotado como referência para a manutenção preventiva, e tapa-buraco com pintura de ligação e demolição com serra corta piso, utilizado como referência para a manutenção corretiva. Os resultados indicaram custos unitários diretos de R$ 76,36/m³ para a fresagem e R$ 501,72/m³ para o tapa-buraco, correspondendo a uma diferença de R$ 425,36/m³, ou aproximadamente 556,78%, tomando-se a fresagem como referência. As diferenças estão relacionadas às características executivas, à produtividade e aos componentes das respectivas composições de custos. Conclui-se que, para os serviços analisados, a fresagem apresentou menor custo unitário direto. Entretanto, os resultados não permitem estabelecer uma superioridade econômica geral da manutenção preventiva, uma vez que a análise se restringiu a dois serviços e não contemplou fatores como durabilidade, frequência das intervenções e custos ao longo do ciclo de vida do pavimento.

Palavras-chave: manutenção; rodoviários; pavimentos; custos.

Abstract: Road pavement maintenance is essential to preserving road usability, making it important to understand the costs associated with different maintenance interventions. This study aimed to compare the unit costs of preventive and corrective road pavement maintenance services using the cost compositions provided by the Brazilian System of Reference Costs for Roadworks (SICRO) for the state of Rondônia, based on April 2026 prices. The research is characterized as applied, quantitative, descriptive, and comparative, and was conducted through bibliographic and documentary research. The services analyzed were continuous milling of asphalt pavement, with a thickness of 5 cm, adopted as a reference for preventive

DOI: 10.47573/aya.5379.3.8.22

maintenance, and pothole patching with tack coat and demolition using a concrete floor saw, adopted as a reference for corrective maintenance. The results indicated direct unit costs of R$ 76.36/m³ for milling and R$ 501.72/m³ for pothole patching, representing a difference of R$ 425.36/m³, or approximately 556.78%, with milling used as the reference. These differences are associated with the execution characteristics, productivity, and cost components of the respective compositions. It was concluded that, for the services analyzed, milling presented a lower direct unit cost. However, the results do not establish the general economic superiority of preventive maintenance, since the analysis was limited to two services and did not consider factors such as intervention durability, maintenance frequency, or costs over the pavement life cycle.

Keywords: maintenance; roads; pavements; costs.

INTRODUÇÃO

A infraestrutura rodoviária desempenha um papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico e na integração nacional, constituindo o principal modo de transporte para o escoamento da produção e o deslocamento de passageiros de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2019). Entretanto, parcela expressiva das redes pavimentadas padece de um histórico de déficit de conservação, apresentando elevados percentuais de extensão em níveis de serventia regulares ou maus. Essa degradação física gera sérias repercussões econômicas, resultando no acréscimo dos custos operacionais dos veículos, como o aumento no consumo de combustíveis, maior desgaste mecânico e elevação do tempo de viagem, além de impactar negativamente a segurança do tráfego, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2024).

Para gerir adequadamente a malha rodoviária, o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Brasil, 2005), estabelece uma clara distinção conceitual e operacional entre as modalidades de intervenção:

- Conservação Corretiva Rotineira: Consiste no conjunto de ações de conservação destinadas a corrigir ou eliminar falhas, restabelecendo as condições adequadas de funcionamento dos elementos da rodovia e garantindo maior conforto e segurança aos usuários.

- Conservação Preventiva Periódica: Compreende o conjunto de operações executadas periodicamente, visando prevenir o surgimento de defeitos ou impedir sua evolução. São atividades necessárias ao longo do ano, cuja frequência de realização varia de acordo com fatores como volume de tráfego, características do relevo e condições climáticas. Exemplos: execução de tapa-buracos e selagem de trincas.

- Conservação de Emergência: Consiste no conjunto de operações e serviços necessários à reparação, reposição, reconstrução ou restauração de trechos e estruturas da rodovia que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados em decorrência de eventos extraordinários ou catastróficos, capazes de provocar a interrupção do tráfego rodoviário.

- Restauração: Compreende o conjunto de operações voltadas à recuperação do funcionamento adequado de um bem que esteja deteriorado ou danificado, restituindo-lhe integralmente suas características técnicas originais. Dessa forma, envolve ações destinadas a adequar a rodovia, de maneira permanente, às condições de tráfego presentes e futuras, contribuindo para a ampliação de sua vida útil.

- Melhoramentos da Rodovia: Consistem no conjunto de operações destinadas a incorporar novas características à rodovia existente ou alterar aquelas já presentes, promovendo sua adequação e aprimoramento.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Gestão de Ativos Rodoviários e Gerenciamento do Ciclo de Vida do Pavimento

A gestão da infraestrutura viária envolve o planejamento, a orçamentação e o acompanhamento das condições físicas dos elementos da rodovia ao longo do tempo, buscando assegurar condições adequadas de segurança, conforto e economia aos usuários. Nesse contexto, os pavimentos devem ser considerados como ativos que apresentam um processo contínuo de deterioração e que necessitam de intervenções ao longo de sua vida útil (Brasil, 2005).

Após a construção ou recuperação, o pavimento apresenta condições funcionais e estruturais adequadas. Entretanto, a ação combinada do tráfego e das condições ambientais provoca, progressivamente, alterações em suas características, reduzindo seu desempenho ao longo do tempo (Bernucci *et al.,* 2022; Brasil, 2005). À medida que a deterioração avança, as intervenções necessárias tendem a apresentar maior complexidade e demanda por recursos.

O gerenciamento adequado do pavimento, portanto, depende do acompanhamento de sua condição e da definição do momento apropriado para a realização das intervenções. A realização de ações de conservação enquanto os defeitos ainda apresentam menor severidade pode contribuir para preservar as condições do pavimento e evitar o avanço da deterioração para situações que demandem intervenções de maior magnitude (Brasil, 2005; Garcia, 2024).

Dessa forma, o gerenciamento do ciclo de vida do pavimento está diretamente relacionado à definição de estratégias de manutenção e à alocação adequada dos recursos disponíveis. A escolha e o momento da intervenção podem influenciar a quantidade de serviços necessários e, consequentemente, os custos associados à conservação da rodovia.

Conservação e Manutenção Rodoviária

A manutenção rodoviária compreende um conjunto de ações destinadas a preservar ou recuperar as condições de desempenho da rodovia ao longo de sua

existência. No âmbito dessas ações, a conservação corresponde às operações realizadas para manter as características técnicas e físico-operacionais da infraestrutura, podendo envolver atividades rotineiras, periódicas e de emergência (Brasil, 2005).

A conservação pode assumir diferentes características de acordo com a condição do pavimento e a finalidade da intervenção. As ações corretivas são direcionadas ao tratamento de defeitos já existentes, buscando restabelecer as condições adequadas de utilização da via. Entre essas ações encontram-se operações como tapa-buracos e reparos localizados. Já as ações preventivas são planejadas e realizadas antes do agravamento das deteriorações, com o objetivo de preservar as condições do pavimento e retardar a evolução dos defeitos (Brasil, 2005; Bernucci *et al.,* 2022).

A distinção entre essas modalidades é importante para a análise econômica da manutenção, uma vez que diferentes condições de deterioração podem demandar diferentes quantidades de recursos, equipamentos, materiais e mão de obra. Assim, a definição da intervenção deve considerar não apenas a existência do defeito, mas também sua extensão, severidade e evolução.

Quando a deterioração atinge níveis mais elevados e compromete significativamente as características funcionais ou estruturais do pavimento, podem ser necessárias intervenções de maior magnitude, como restauração ou reabilitação. Essas intervenções apresentam maior complexidade em relação às ações de conservação, podendo envolver a remoção e recomposição de camadas do pavimento (Brasil, 2005). Nesse sentido, a evolução da deterioração pode alterar significativamente a natureza e o custo da intervenção necessária.

Deterioração dos Pavimentos

A deterioração dos pavimentos asfálticos resulta da ação contínua e combinada das cargas do tráfego e das condições ambientais. Ao longo do tempo, a repetição das solicitações provoca danos progressivos nos materiais e reduz gradualmente as condições funcionais e estruturais da rodovia (Bernucci *et al.,* 2022; Brasil, 2005).

Entre os defeitos observados nos pavimentos estão as trincas, a desagregação, as deformações permanentes e as panelas. As trincas podem estar associadas, entre outros fatores, à fadiga provocada pelas solicitações repetidas do tráfego e ao envelhecimento do revestimento. Quando não tratadas adequadamente, podem evoluir e favorecer a entrada de água nas camadas inferiores do pavimento (Bernucci *et al.,* 2022; Brasil, 2005; CNT, 2019).

As panelas ou buracos constituem defeitos caracterizados pela perda localizada de material do revestimento. Sua ocorrência pode estar associada ao agravamento de outros mecanismos de deterioração e à ação da água, podendo comprometer tanto a condição funcional quanto a integridade das camadas subjacentes (Brasil, 2005; Nascimento, 2018).

A água possui papel relevante no processo de deterioração, especialmente quando existem deficiências de drenagem ou quando ocorre infiltração através de trincas e outras descontinuidades do revestimento. A presença de umidade pode contribuir para a perda de capacidade de suporte das camadas e acelerar a evolução dos defeitos (Bernucci *et al.,* 2022; Brasil, 2005).

Assim, a deterioração do pavimento não ocorre de maneira isolada. Os diferentes defeitos podem apresentar relação entre si e evoluir em extensão e severidade quando não são tratados adequadamente. Esse processo reforça a importância do acompanhamento das condições do pavimento e da realização de intervenções compatíveis com o estágio de deterioração identificado (Garcia, 2024).

Manutenção Preventiva e Corretiva

A manutenção preventiva compreende intervenções planejadas e realizadas com o objetivo de preservar as condições do pavimento e retardar o desenvolvimento de deteriorações. Essas ações são aplicadas enquanto o pavimento ainda apresenta condições que permitem o tratamento de seus defeitos sem a necessidade de intervenções estruturais de maior magnitude (Brasil, 2005; Bernucci *et al.,* 2022).

Entre as técnicas de conservação preventiva encontram-se tratamentos superficiais, microrrevestimentos, lamas asfálticas e selagem de trincas, cuja aplicação depende das características e condições do pavimento. De modo geral, essas intervenções buscam preservar a superfície, reduzir a entrada de água e retardar a evolução dos mecanismos de deterioração (Brasil, 2005; Bernucci *et al.,* 2022).

A manutenção corretiva, por sua vez, é realizada quando os defeitos já estão instalados e necessitam de tratamento para restabelecer as condições adequadas de utilização da rodovia. Entre as intervenções corretivas estão os reparos localizados e as operações tapa-buracos, nas quais a área deteriorada é removida e posteriormente recomposta (Brasil, 2005; Garcia, 2024; Nascimento, 2018).

A diferença entre as duas modalidades está, portanto, relacionada principalmente ao momento e à condição em que a intervenção é realizada. Enquanto a manutenção preventiva procura atuar antes do agravamento dos defeitos, a manutenção corretiva atua sobre uma deterioração já estabelecida. Essa diferença pode refletir-se nos recursos necessários para a execução dos serviços e, consequentemente, nos seus custos.

É importante destacar, entretanto, que a classificação como preventiva ou corretiva não determina, isoladamente, o custo de uma intervenção. O custo depende das características específicas do serviço, da quantidade de recursos empregados, da produtividade da equipe, dos materiais utilizados e das condições de execução. Por essa razão, a análise econômica deve considerar as características dos serviços que estão sendo comparados.

Relação entre Deterioração e Custos de Manutenção

A evolução da deterioração do pavimento possui relação direta com as necessidades de manutenção e os recursos necessários para sua execução. À medida que os defeitos aumentam em extensão e severidade, podem ser necessárias intervenções mais abrangentes, envolvendo maiores quantidades de materiais, equipamentos, mão de obra e operações executivas (Brasil, 2005; Bernucci *et al.,* 2022).

Em condições de menor deterioração, determinados serviços podem ser executados de forma localizada ou superficial. Com o agravamento das patologias, entretanto, pode haver necessidade de remoção de materiais comprometidos, recomposição de camadas e utilização de equipamentos e processos executivos mais complexos. Dessa maneira, a condição do pavimento pode influenciar tanto a quantidade quanto a natureza dos serviços necessários para sua manutenção (Brasil, 2005; Garcia, 2024).

A postergação das intervenções também pode contribuir para a evolução dos defeitos e para o aumento da necessidade de reparos. Quando uma deterioração não é tratada adequadamente, pode haver progressão para defeitos de maior severidade, aumentando a extensão da área afetada e a quantidade de recursos necessários para sua correção (Bernucci *et al.,* 2022; Brasil, 2005).

Essa relação entre deterioração e custo constitui um dos fundamentos para a análise econômica das estratégias de manutenção. Entretanto, o custo de uma intervenção não deve ser analisado apenas pelo tipo de manutenção empregado. É necessário considerar as características específicas do serviço, sua produtividade e os recursos necessários para sua execução.

Nesse sentido, a comparação entre custos unitários permite identificar diferenças entre serviços específicos e compreender quais componentes contribuem para a formação de seus custos. Essa abordagem é particularmente relevante quando se pretende avaliar economicamente diferentes serviços de conservação rodoviária a partir de uma mesma unidade de referência.

Custos de Serviços Rodoviários

A estimativa dos custos de obras e serviços rodoviários depende da definição dos recursos necessários para sua execução e dos respectivos preços. No âmbito do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) constitui uma referência para a elaboração de orçamentos de obras rodoviárias, estabelecendo composições de custos para diferentes serviços (Brasil, 2026).

O custo unitário corresponde ao valor necessário para executar uma unidade de determinado serviço. Sua determinação é realizada por meio de composições que relacionam os recursos utilizados, seus coeficientes de consumo e a produtividade das equipes. Dessa forma, o custo unitário permite expressar o custo de execução de um serviço em uma unidade padronizada, como metro cúbico, metro quadrado ou outra unidade estabelecida para a composição.

As composições de custos consideram diferentes componentes, incluindo equipamentos, mão de obra, materiais e, quando aplicáveis, serviços auxiliares, transporte e outros elementos necessários à execução. A produtividade da equipe também possui influência direta sobre o custo unitário, uma vez que relaciona o custo dos recursos utilizados em determinado período à quantidade de serviço executada.

Assim, dois serviços podem apresentar custos horários de execução distintos e, ainda assim, apresentar comportamentos diferentes quando analisados por unidade de serviço. Uma equipe com maior custo horário, por exemplo, pode apresentar menor custo unitário caso sua produtividade seja suficientemente elevada. Da mesma forma, uma menor produtividade pode resultar em maior custo por unidade, mesmo quando o custo horário da equipe é inferior.

A análise dos custos unitários constitui, portanto, uma ferramenta para comparar serviços sob uma unidade comum de referência. No presente estudo, essa abordagem será utilizada para comparar os custos de dois serviços de conservação de pavimentos, considerando as respectivas composições do SICRO para Rondônia e buscando identificar as diferenças de custo e os principais fatores que contribuem para sua formação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, quantitativa, descritiva e comparativa, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Quanto à abordagem, é quantitativa por utilizar e comparar dados numéricos e valores monetários referentes aos serviços de manutenção analisados. Apresenta caráter descritivo por caracterizar os serviços selecionados e seus custos, e comparativo por confrontar os custos unitários de uma intervenção considerada preventiva e de uma intervenção considerada corretiva.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa bibliográfica compreende o levantamento de referências relacionadas à manutenção rodoviária, aos tipos de intervenção e aos custos associados. A pesquisa documental baseia-se na consulta às composições de custos do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), que constituem a fonte dos dados utilizados na comparação.

Etapas da Pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa compreende cinco etapas: levantamento bibliográfico; seleção dos serviços; levantamento dos custos; padronização e análise dos dados; e discussão dos resultados. Inicialmente, foram levantadas referências técnicas e científicas sobre manutenção rodoviária e custos de intervenção. Em seguida, foram selecionados os serviços de caráter preventivo e corretivo a serem comparados. Posteriormente, foram obtidos os respectivos custos nas composições

do SICRO e organizados de acordo com uma unidade comum de comparação. Por fim, foram calculadas as diferenças de custo e analisados os principais componentes das composições, considerando as características dos serviços e os limites estabelecidos para a pesquisa.

Seleção dos Serviços

Para a análise comparativa, foram selecionados dois serviços de conservação de pavimentos, classificados neste estudo como intervenção preventiva e corretiva. Como referência para a intervenção preventiva, foi selecionado o serviço de Fresagem contínua de revestimento asfáltico – espessura de 5 cm, correspondente à composição SICRO 4915657. Para a intervenção corretiva, foi selecionado o serviço de Tapa-buraco com pintura de ligação – demolição com serra corta piso, correspondente à composição 4915757.

A seleção considerou a finalidade dos serviços e sua possibilidade de comparação por meio de uma mesma unidade de medida. A fresagem foi adotada como referência de intervenção preventiva, enquanto o tapa-buraco foi considerado representativo de uma intervenção corretiva, por estar associado ao tratamento de defeitos localizados já existentes no pavimento.

A classificação adotada constitui uma delimitação metodológica da pesquisa, de modo que os resultados obtidos não serão generalizados para todos os serviços de manutenção preventiva e corretiva.

Fonte dos Custos

Os custos dos serviços foram obtidos no Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), mantido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), considerando as referências para o estado de Rondônia, com data-base de abril de 2026.

Foram utilizadas as composições SICRO 4915657 – Fresagem contínua de revestimento asfáltico – espessura de 5 cm e 4915757 – Tapa-buraco com pintura de ligação – demolição com serra corta-piso. Ambas apresentam o metro cúbico (m^3) como unidade de medida, permitindo a comparação dos custos unitários.

Para a análise, foram considerados os custos diretos apresentados nas composições, incluindo, conforme aplicável, custos de execução, equipamentos, mão de obra, materiais, atividades auxiliares, tempo fixo e transporte. Também foi considerada a produção da equipe indicada pelo SICRO, devido à sua relação com o custo unitário de execução.

Padronização e Análise dos Custos

Para possibilitar a comparação entre os serviços, foi adotado o metro cúbico (m^3) como unidade de referência, utilizando-se 1,00 m^3 como quantidade padrão para cada intervenção. Dessa forma, os custos unitários diretos das duas composições podem ser comparados sob uma mesma unidade de referência.

A diferença absoluta entre os custos foi determinada pela diferença entre o custo unitário do serviço corretivo e o custo unitário do serviço preventivo:

$$D_A = C_c - C_P \quad (1)$$

em que D_A corresponde à diferença absoluta de custo (R$/m³), C_c ao custo unitário do serviço corretivo (R$/m³) e C_P ao custo unitário do serviço preventivo (R$/m³).

A diferença percentual foi calculada tomando-se o custo do serviço preventivo como referência:

$$D\% = \frac{C_c - C_P}{C_P} \times 100 \quad (2)$$

em que *D%* corresponde à diferença percentual entre os custos, C_c ao custo unitário do serviço corretivo e C_P ao custo unitário do serviço preventivo.

Além dos custos unitários totais, foram analisados os principais componentes das composições, especialmente produção da equipe, custos de execução, materiais e tempo fixo, quando aplicável. Essa análise busca identificar os fatores que contribuem para a diferença observada entre os serviços.

A pesquisa está restrita aos custos diretos unitários nas condições de referência estabelecidas pelo SICRO. Não são considerados custos indiretos, custos para os usuários, impactos decorrentes de interdições, frequência das intervenções, vida útil ou custos associados ao ciclo de vida do pavimento. Assim, os resultados serão interpretados especificamente para os serviços selecionados, sem estabelecer uma superioridade geral entre as modalidades de manutenção preventiva e corretiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos Serviços Selecionados

Para a realização da análise comparativa, foram selecionados dois serviços de conservação de pavimentos rodoviários, sendo um classificado, para fins deste estudo, como intervenção preventiva, e outro como intervenção corretiva. Os serviços foram definidos com base nas composições de custos do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), considerando as referências para o estado de Rondônia e data-base de abril de 2026.

Como referência para a intervenção preventiva, foi selecionado o serviço Fresagem contínua de revestimento asfáltico – espessura de 5 cm, correspondente à composição SICRO 4915657. A fresagem consiste na remoção controlada de uma camada do revestimento asfáltico existente, podendo ser utilizada para corrigir irregularidades e deteriorações superficiais e preparar a superfície para a execução de uma nova camada de revestimento. Sua aplicação está associada a situações em que os comprometimentos do pavimento podem ser tratados mediante a remoção da camada afetada. A composição possui como unidade de medição o metro cúbico (m³).

Para a intervenção corretiva, foi selecionado o serviço Tapa-buraco com pintura de ligação – demolição com serra corta-piso, correspondente à composição SICRO 4915757. Esse serviço é destinado ao tratamento de deteriorações localizadas, especialmente buracos e falhas no revestimento, mediante remoção da área comprometida, preparação da superfície, aplicação de pintura de ligação e recomposição com material asfáltico. Assim como a fresagem, sua unidade de medição é o metro cúbico (m³).

A Tabela 1 apresenta uma síntese das principais características dos serviços selecionados.

Tabela 1 - Características dos serviços analisados.

Característica	Fresagem	Tapa-buraco
Classificação adotada	Preventiva	Corretiva
Composição SICRO	4915657	4915757
Serviço	Fresagem contínua de revestimento asfáltico - espessura de 5 cm	Tapa-buraco com pintura de ligação - demolição com serra corta piso,5%
Principal Finalidade	Remoção de camada do revestimento	Tratamento de defeitos localizados
Unidade	m³	m³

Fonte: Próprios autores.

A caracterização evidencia que os serviços possuem finalidades e processos executivos distintos. Essa diferença é importante para a interpretação dos custos, uma vez que o valor unitário de cada composição resulta dos recursos, produtividade e condições de execução estabelecidos pelo SICRO.

Composição dos Custos

Os custos dos serviços foram obtidos nas composições do SICRO para o estado de Rondônia, com data-base de abril de 2026. Para a comparação, foram considerados os custos unitários diretos das composições 4915657 e 4915757, ambas expressas em metro cúbico (m³).

Na composição 4915657 – Fresagem contínua de revestimento asfáltico – espessura de 5 cm, a produção da equipe é de 89,69 m³/h, com custo horário de execução de R$ 3.563,9340/h. Esses parâmetros resultam em custo unitário de execução de R$ 39,7361/m³. Somado ao custo unitário dos materiais, de R$ 28,1975/m³, obtém-se custo unitário direto total de R$ 76,36/m³.

Para a composição 4915757 – Tapa-buraco com pintura de ligação – demolição com serra corta piso, a produção da equipe é de apenas 0,56 m³/h, enquanto o custo horário de execução corresponde a R$ 179,7398/h. Dessa relação resulta um custo unitário de execução de R$ 320,9639/m³. O custo dos materiais é de R$ 68,5739/m³, acrescido de R$ 96,5520/m³ referentes ao tempo fixo. O custo unitário direto total é, portanto, de R$ 501,72/m³.

A Tabela 2 reúne os principais componentes dos custos analisados.

Tabela 2 - Composição dos custos unitários dos serviços.

Componente	Fresagem - 4915657	Tapa-buraco - 4915757
Produção de equipe	89,69 m³/h	0,56 m³/h
Custo horário de execução	R$ 3.563,9340/h	R$ 179,7398/h
Custo unitário de execução	R$ 39,7361/m³	R$ 320,9639/m³
Materiais	R$ 28,1975/m³	R$ 68,5739/m³
Tempo fixo	-	R$ 96,5520/m³
Custo unitário direto total	R$ 76,36/m³	R$ 501,72/m³

Fonte: Próprios autores.

Observa-se que a fresagem apresenta custo horário de execução superior ao do tapa-buraco, porém possui produtividade muito maior. Essa característica reduz significativamente o custo de execução por unidade de serviço. No tapa-buraco, por outro lado, a menor produção da equipe resulta em maior custo por metro cúbico, somando-se ainda à incidência do tempo fixo e o maior custo unitário dos materiais.

Comparação dos Custos Unitários

A comparação foi realizada considerando 1,00 m³ como unidade de referência. Para essa quantidade, o custo direto da fresagem é de R$ 76,36, enquanto o custo correspondente ao tapa-buraco é de R$ 501,72.

A diferença absoluta entre os custos é determinada por:

D_A=*R$ 501,72-R$ 76,36 = R$ 425,36/m³*

em que D_A representa a diferença absoluta, C_C o custo unitário do serviço corretivo e C_P o custo unitário do serviço preventivo.

A diferença percentual, tomando-se o custo da fresagem como referência, é dada por:

Assim, a diferença entre os custos unitários é de R$ 425,36/m³, correspondente a aproximadamente 556,78% em relação ao custo da fresagem. Em termos relativos, o custo unitário do serviço de tapa-buraco é aproximadamente 6,57 vezes o custo da fresagem.

Tabela 3 - Comparação dos custos unitários

Indicador	Resultado
Fresagem	R$ 76,36/m³
Tapa-buraco	R$ 501,72/m³
Diferença absoluta	R$ 425,36/m³
Diferença percentual	556,78%
Relação entre os custos	6,57 vezes

Fonte: Próprios autores.

Os resultados demonstram uma diferença expressiva entre os custos unitários dos serviços analisados. Entretanto, essa diferença não deve ser atribuída exclusivamente à classificação de uma intervenção como preventiva e da outra como corretiva. Os serviços possuem finalidades, processos executivos, produtividades e recursos distintos, aspectos que são incorporados às respectivas composições do SICRO. Portanto, os valores obtidos representam as condições específicas estabelecidas para cada composição.

Relação entre Características dos Serviços e os Custos

A diferença observada entre os custos unitários está relacionada às características e condições de aplicação de cada intervenção. A fresagem contínua é executada de maneira contínua, mediante a remoção de uma espessura definida de 5 cm do revestimento, enquanto o tapa-buraco constitui uma intervenção localizada que envolve a preparação e a recomposição da área deteriorada.

Essa diferença de processo está diretamente relacionada à produtividade das equipes. Na composição da fresagem, a produção estabelecida pelo SICRO é de 89,69 m³/h, enquanto no tapa-buraco é de apenas 0,56 m³/h. Assim, apesar de a fresagem apresentar custo horário de execução significativamente maior, sua elevada produtividade resulta em custo de execução de apenas R$ 39,7361/m³. No tapa-buraco, a menor produção eleva o custo de execução para R$ 320,9639/m³.

A relação entre custo horário, produtividade e custo unitário pode ser observada diretamente nas composições. No caso da fresagem:

$$\frac{R\$\ 3.563{,}9340/h}{89{,}69\ m^3/h} = R\$\ 39{,}7361/m^3$$

Enquanto no tapa-buraco:

$$\frac{R\$\ 179{,}7398/h}{0{,}56\ m^3/h} = R\$\ 320{,}9639/m^3$$

Esses resultados demonstram que um custo horário de execução mais elevado não implica necessariamente maior custo unitário. A produtividade da equipe exerce influência significativa na transformação do custo horário em custo por unidade de serviço.

Além da produtividade, também são observadas diferenças nos materiais. O custo unitário dos materiais é de R$ 28,1975/m³ para a fresagem e de R$ 68,5739/m³ para o tapa-buraco. A composição do serviço corretivo apresenta ainda R$ 96,5520/m³ referentes ao tempo fixo. Esses componentes, associados ao custo de execução, contribuem para o custo direto total de R$ 501,72/m³ do tapa-buraco, frente aos R$ 76,36/m³ da fresagem.

Dessa forma, a diferença de R$ 425,36/m³ resulta do conjunto de recursos e condições de execução previstos nas duas composições. A análise indica que a produtividade e a estrutura de custos dos serviços exercem papel relevante na diferença observada, não sendo adequado atribuí-la simplesmente ao caráter preventivo ou corretivo da intervenção.

Discussão dos Resultados

Os resultados permitem discutir a diferença econômica entre os dois serviços sob a perspectiva dos custos diretos unitários. Para as condições estabelecidas nas composições do SICRO analisadas, a fresagem apresentou custo unitário inferior ao tapa-buraco. Essa diferença está associada principalmente à produtividade das equipes e aos componentes utilizados na formação dos custos.

A elevada produtividade da fresagem, de 89,69 m³/h, constitui um dos principais fatores associados ao seu menor custo de execução por unidade. O tapa-buraco, com produção de 0,56 m³/h, apresenta custo de execução substancialmente maior por metro cúbico. A essa diferença somam-se o maior custo unitário dos materiais e a existência de custo de tempo fixo na composição do serviço corretivo.

Mas, os resultados não permitem afirmar que a manutenção preventiva seja, de forma geral, economicamente superior à manutenção corretiva. A análise compara dois serviços específicos, e não todas as modalidades de manutenção existentes. Além disso, os serviços possuem diferentes finalidades e condições de aplicação, de modo que, a comparação dos custos unitários não representa, isoladamente, uma avaliação completa da eficiência econômica das estratégias de manutenção.

Nesse sentido, uma intervenção preventiva realizada em momento tecnicamente adequado pode contribuir para evitar o agravamento de determinados defeitos e a necessidade de intervenções posteriores. Contudo, essa relação não pode ser comprovada exclusivamente pelos dados desta pesquisa, pois não foram analisados a evolução dos defeitos, a frequência das intervenções ou o comportamento do pavimento ao longo do tempo.

A análise também demonstra que o custo unitário não deve ser interpretado apenas a partir do valor monetário final. A composição desse valor é relevante para compreender as diferenças observadas. No caso estudado, a fresagem apresenta custo horário de execução elevado, mas sua produtividade permite distribuir esse custo por um volume maior de serviço. O tapa-buraco, por sua vez, possui menor custo horário, porém sua produtividade reduzida resulta em custo de execução significativamente maior por metro cúbico.

Outro aspecto importante é que a comparação foi realizada utilizando o metro cúbico como unidade comum. Essa padronização permite confrontar os valores das duas composições, mas não elimina as diferenças inerentes à aplicação dos serviços. O metro cúbico representa uma unidade de comparação dos custos, não necessariamente uma equivalência quanto à extensão, frequência ou finalidade das intervenções.

Portanto, os resultados devem ser interpretados dentro das condições específicas das composições analisadas: SICRO para Rondônia, data-base de abril de 2026 e custos diretos unitários dos serviços 4915657 e 4915757. Não foram incorporados à análise custos indiretos, custos aos usuários, impactos decorrentes de interdições, frequência de manutenção, durabilidade ou custos associados ao ciclo de vida do pavimento.

Dessa forma, o estudo evidencia que diferenças significativas podem ocorrer entre os custos unitários de serviços de manutenção com características distintas. Para os serviços analisados, a fresagem apresentou menor custo direto por metro cúbico, enquanto o tapa-buraco apresentou maior custo unitário. Essa diferença está relacionada principalmente à produtividade, aos materiais e aos demais componentes previstos nas respectivas composições do SICRO.

Por fim, ressalta-se que a avaliação econômica de uma intervenção específica depende também da compatibilidade entre o serviço e a condição do pavimento. Assim, o menor custo unitário identificado para um dos serviços não significa que ele deva substituir o outro, uma vez que cada intervenção possui finalidade e condição de aplicação próprias. Os resultados obtidos permitem, portanto, comparar os custos diretos dos dois serviços selecionados e identificar os fatores associados à diferença observada, mantendo a análise dentro dos limites estabelecidos pela pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo comparar os custos unitários de serviços de manutenção preventiva e corretiva de pavimentos rodoviários, com base nas composições do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) para o estado de Rondônia, com data-base de abril de 2026. Para tanto, foram analisados os serviços de fresagem contínua de revestimento asfáltico, com espessura de 5 cm, adotado como referência para a intervenção preventiva, e tapa-buraco com pintura de ligação e demolição com serra corta-piso, utilizados como referência para a intervenção corretiva.

Os resultados demonstraram que a fresagem apresentou custo unitário direto de R$ 76,36/m³, enquanto o serviço de tapa-buraco apresentou custo de R$ 501,72/m³, resultando em uma diferença de R$ 425,36/m³. Essa comparação evidencia que, nas condições analisadas, os custos unitários dos serviços apresentam diferenças expressivas, associadas às características das intervenções e às respectivas composições de custos.

A análise permitiu atingir o objetivo proposto, identificando diferenças entre os custos dos serviços selecionados. Contudo, os resultados não permitem afirmar que a manutenção preventiva seja, de modo geral, economicamente superior à corretiva, uma vez que a comparação se restringiu a duas composições específicas e aos seus custos diretos unitários.

Destaca-se que a pesquisa não contemplou fatores como durabilidade das intervenções, frequência de manutenção, evolução da deterioração do pavimento, custos para os usuários e custos ao longo do ciclo de vida. Recomenda-se que estudos futuros ampliem a quantidade de serviços analisados e considerem esses fatores, de modo a aprofundar a avaliação econômica das diferentes estratégias de manutenção rodoviária.

Conclui-se, portanto, que a comparação dos custos unitários constitui uma ferramenta útil para caracterizar as diferenças de custo entre serviços de manutenção rodoviária, desde que os resultados sejam interpretados considerando as particularidades de cada intervenção e os limites da análise realizada.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** 2. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2022. 750 p.

BRASIL. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** Manual de conservação rodoviária. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2005. 564 p. (IPR. Publ., 710).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manuais de custos de infraestrutura de transportes.** Brasília, DF: DNIT, [s. d.]. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-referenciais/sistemas-de-custos/sicro/manuais/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes. Acesso em: 20 out. 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2019: relatório gerencial.** Brasília, DF: CNT; SEST SENAT, 2019. 468 p. Disponível em: https://pesquisarodovias.cnt.org.br/. Acesso em: 20 out. 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2024.** Brasília, DF: CNT, 2024. Disponível em: https://static.poder360.com.br/2024/11/Pesquisa-CNT-de-Rodovias-2024.pdf. Acesso em: 20 out. 2026.

GARCIA, Bruno Correa. **Projetos de manutenção em rodovias pavimentadas: um estudo objetivo sob a ótica da gestão de pavimentos.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Ilha Solteira, 2024.

NASCIMENTO, João Paulo Silva do. **Estudo de caso da manutenção viária na rodovia BR-427 entre os municípios de Jardim do Seridó e Acari-RN.** 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Pau dos Ferros, 2018.