

## **Análise da produção de asfalto no Estado do Acre: um estudo de caso**

**Analysis of asphalt production in the State of Acre: a case study**

**Análisis de la producción de asfalto en el Estado de Acre: un estudio de caso**

Recebido: 06/10/2022 | Revisado: 16/10/2022 | Aceitado: 18/10/2022 | Publicado: 23/10/2022

### **Ava Neves Miranda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5642-8204>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil  
E-mail: [ava\\_miranda@hotmail.com](mailto:ava_miranda@hotmail.com)

### **Dion Alves de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0255-7673>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil  
E-mail: [dion.oliveira@ifac.edu.br](mailto:dion.oliveira@ifac.edu.br)

### **Rodrigo Duarte Soliani**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3354-6838>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil  
E-mail: [rodrigo.soliani@ifac.edu.br](mailto:rodrigo.soliani@ifac.edu.br)

### **Francisco Bezerra de Lima Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3170-5145>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil  
E-mail: [francisco.junior@ifac.edu.br](mailto:francisco.junior@ifac.edu.br)

### **César Gomes de Freitas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0027-5528>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil  
E-mail: [cesar.freitas@ifpr.edu.br](mailto:cesar.freitas@ifpr.edu.br)

### **Resumo**

O presente estudo tem como principal objetivo analisar os custos de produção da pavimentação asfáltica nos municípios de Feijó e Rio Branco, localizados no Estado do Acre, ponderando os efeitos que a distância dos fornecedores gera ao preço final do produto. Considerando que as rodovias são de fundamental importância tanto para a ligação interestadual e até internacional, como também para o transporte de cargas e pessoas, entende-se que a pavimentação asfáltica é de suma importância também para o fomento da economia nos diversos estados e municípios. No caso do Estado do Acre, com sua localização geográfica distante dos grandes centros, bem como dos principais fornecedores de insumos asfálticos, a avaliação dos custos de produção destes serviços pode ser afetada pelas especificidades logísticas existentes e pelos efeitos causados pelo inverno amazônico. Desta forma, concluiu-se que a distância dos fornecedores de insumos asfálticos é o maior responsável pelos altos custos financeiros verificados no serviço de pavimentação nas cidades de Feijó e Rio Branco.

**Palavras-chave:** Pavimentação Asfáltica; Rodovia; Custos de Produção; Desafio Logístico.

### **Abstract**

The main objective of this study is to analyze the production costs of asphalt paving in the municipalities of Feijó and Rio Branco, located in the State of Acre, considering the effects that the distance from suppliers generates on the final price of the product. Taking into consideration that highways are of fundamental importance for both interstate and even international connection, as well as for the transport of cargo and people, it is understood that asphalt paving is also of paramount importance for the promotion of the economy in the various states and municipalities. In the case of the State of Acre, with its geographical location far from major centers, as well as from the main suppliers of asphalt inputs, the evaluation of the production costs of these services can be affected by the existing logistical specificities and the effects caused by the Amazon winter. In this way, it was concluded that the distance from suppliers of asphalt inputs is the main responsible for the high financial costs verified in the paving service in the cities of Feijó and Rio Branco.

**Keywords:** Asphalt Paving; Road; Production Costs; Logistics Challenge.

### **Resumen**

El objetivo principal de este estudio es analizar los costos de producción de la pavimentación asfáltica en los municipios de Feijó y Rio Branco, ubicados en el Estado de Acre, considerando los efectos que la distancia de los proveedores genera en el precio final del producto. Considerando que las carreteras son de fundamental importancia tanto para la conexión interestatal como incluso internacional, así como para el transporte de carga y personas, se

entende que a pavimentação asfáltica é também de suma importância para o fomento da economia em los distintos estados e municípios. En el caso del Estado de Acre, con su ubicación geográfica alejada de los grandes centros, así como de los principales proveedores de insumos asfálticos, la evaluación de los costos de producción de estos servicios puede verse afectada por las especificidades logísticas existentes y los efectos causados por el invierno amazónico. De esa forma, se concluyó que la distancia de los proveedores de insumos asfálticos es la principal responsable de los altos costos financieros verificados en el servicio de pavimentación en los municipios de Feijó y Rio Branco.

**Palabras clave:** Pavimentación Asfáltica; Carretera; Costos de Producción; Desafío Logístico.

## 1. Introdução

O Estado do Acre localiza-se no extremo ocidental do Brasil, fazendo fronteiras internacionais com o Peru (oeste/sul) e a Bolívia (sul), e fronteiras nacionais com os estados do Amazonas (norte) e Rondônia (leste). Essas características geográficas são responsáveis por tornar seu acesso mais complexo, sendo possível a chegada à capital acreana apenas por meio de uma única rodovia (BR-364) ou transporte aéreo (Lana et al., 2017).

Nesse aspecto, as rodovias são de fundamental importância tanto para a ligação interestadual e até internacional, como também para o transporte de cargas, fomentando a economia nos estados e municípios da região Norte (Costa *et al.*, 2019). O asfalto é um dos componentes mais importantes dos pavimentos, pois tem função primordial para garantir rodovias em bom estado de conservação, sendo utilizado em mais de 99% dos trechos pavimentados no país (CNT, 2019).

Pereira e Pinheiro (2021) afirmam que o modal rodoviário do Brasil possui a maior movimentação de passageiros e produtos, possuindo uma malha rodoviária de 1.720.700km, porém, apenas 213.453km são pavimentadas, equivalendo a 12,4% de toda a malha rodoviária do país. No Acre, em 2017, dos 1.347 km de malha viária federal e estadual existentes, 400 km apresentavam em situação ruim (CNT, 2017).

Segundo os indicadores socioeconômicos divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o Acre possui uma superfície estimada de 153.149 km<sup>2</sup>, a qual integra o bioma amazônico. A população do estado no ano de 2014 era de cerca de 740.000 habitantes, tendo, de forma desordenada, ultrapassado a marca de 906.000 pessoas em 2021.

O Estado do Acre possui duas rodovias federais, quais sejam, a BR-364 que faz ligação com a cidade de Porto Velho/RO, e as demais partes do país, cortando o Estado de Leste a Oeste, conectando os municípios de Rio Branco e Cruzeiro do Sul; e a BR-317, que corta o Acre de Norte a Sul, sendo asfaltada parcialmente nos trechos de Rio Branco, Xapuri e Brasiléia. As rodovias estaduais que estão pavimentadas fazem a ligação de Rio Branco com os municípios de Senador Guiomard, Plácido de Castro, Porto Acre e Bujari (CNT, 2021). O trecho da rodovia BR-364 que corta o estado do Acre, entre a capital Rio Branco e a cidade de Cruzeiro do Sul, possui condições ruins em diversas áreas, e a viagem de aproximadamente 600 quilômetros pode chegar a durar de 14 horas, prejudicando, principalmente em virtude das condições de trafegabilidade, a logística no Estado.

Prajogo *et al.* (2016) assevera que a logística deve ser vista como o elo entre o mercado e a base de fornecimento, pois o escopo da logística abrange a organização desde o gerenciamento das matérias-primas até a entrega do produto acabado. Assim, na pavimentação asfáltica todo o processo logístico deve ser realizado da forma mais eficiente possível, a fim de garantir a economicidade das matérias primas objetivando, sobretudo, o atendimento de todas as necessidades finais do cliente (Oyenuga; Bhamidimarri, 2017).

Diversos estudos apontam que cada tipo de pavimento pode apresentar no decorrer de sua vida útil diversas manifestações de defeitos relacionados não somente com os materiais empregados, mas também com os tipos de respostas mecânicas observadas na estrutura (Balbo, 2015; Callejas *et al.*, 2015; Behnke *et al.*, 2019). As mudanças nos padrões

ambientais e climáticos a que estão sujeitos os pavimentos asfálticos são os principais fatores que determinam o impacto de suas aplicações no meio urbano (Qiao *et al.*, 2020). No mesmo sentido, Albuquerque *et al.* (2020) afirmam que, devido à longa vida útil e aos métodos construtivos dos pavimentos rodoviários, há uma maior emissão de gases de efeito estufa durante todo o seu ciclo de vida, o que deve ser avaliado pelo setor de transportes. Uma das principais funções das estruturas de pavimento é suportar os esforços oriundos de cargas e ações climáticas, sem que apresentem processos de deterioração de modo prematuro (Ma *et al.*, 2021).

A avaliação dos custos de produção destes serviços pode ser afetada por conta da distância dos fornecedores de insumos asfálticos e das especificidades geográficas existentes, além de verificar os efeitos causados pelo inverno amazônico nos custos da execução asfáltica, principalmente, quando levado em consideração o Estado do Acre. De acordo com Staal *et al.* (2018), a região da Amazônia tem comumente um clima de 4 a 6 meses de estiagem durante o ano e de 6 a 8 meses de chuva durante o mesmo período, o que leva as obras a situações extremas em um curto período de tempo.

Sabe-se que o Concreto Asfáltico Usinado a Quente (asfalto quente) é um dos materiais mais utilizados na pavimentação de rodovias ou ruas de tráfego mais intenso, tendo em vista seu alto desempenho de resistência (Jahanian *et al.*, 2017). Essa metodologia é uma das mais utilizadas no país por conta do seu efeito ligante e também pela melhor adaptação as variações climáticas (Nithin *et al.*, 2015). As misturas asfálticas herdam as propriedades reológicas dos asfaltos, que são materiais viscoelastoplásticos e termoplásticos, cuja elasticidade se altera em função da temperatura, por força da mudança da viscosidade do material em várias condições térmicas (Liang *et al.*, 2018).

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar os impactos do custo de produção do asfalto à quente para os municípios de Rio Branco e Feijó, no Estado do Acre, considerando a relação da distância dos fornecedores de insumos asfálticos, localizados nos estados do Amazonas e Mato Grosso.

Além desta introdução, na seção 2 será apresentado o referencial teórico sobre a pavimentação asfáltica e o asfalto à quente; na seção 3 a metodologia empregada no estudo; na seção 4, os resultados e a discussão da pesquisa de campo realizada com uma empresa produtora de asfalto acerca dos custos financeiros por tonelada asfáltica produzida nas cidades de Feijó e Rio Branco, no Estado do Acre; e, por fim, as considerações finais na seção 5.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Pavimentação Asfáltica**

A pavimentação asfáltica é uma obra civil destinada a melhoria operacional do tráfego terrestre, garantindo um melhor conforto no deslocamento dos veículos. Para Filho *et al.* (2016), a pavimentação tem como meta propiciar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços decorrentes da ação do tráfego e das condições climáticas. As estruturas de pavimento têm como função básica suportar os esforços oriundos de cargas e de ações climáticas, sem que apresentem processos de deterioração de modo prematuro (Pereira; Pais, 2017).

No momento da escolha de um pavimento, deve-se levar em conta as ações externas, tais como, função do tráfego e condições climáticas, bem ainda as questões relacionadas à economia e acesso aos materiais (Rafiq *et al.*, 2021). A estrutura, portanto, deve ser adequada para receber a pavimentação, propiciando uma correta aplicação e garantindo maior vida útil aos materiais.

Do ponto de vista conceitual, os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos, formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito, sendo um composto com aproximadamente 95% de pedra, areia ou cascalho, unido por cimento asfáltico, aquecida, combinada e misturada com o agregado, transportada por caminhões até o local e

espalhada por vibroacabadora (Gedik, 2020).

Segundo Balbo (2015), cada camada do pavimento possui uma ou mais funções específicas que devem proporcionar aos veículos as condições adequadas de suporte e rolamento em qualquer condição climática. Dessa forma, a pavimentação asfáltica é a principal forma de revestimento de vias de rodagem (Piracelli, 2020).

O pavimento asfáltico, portanto, é de suma importância para o transporte terrestre, o qual impulsiona o cotidiano das cidades, influenciando diretamente na economia e na socialização em geral (Garber; Hoel, 2019). O transporte, principalmente o terrestre, consome recursos financeiros, energia, tempo, e espaço, embora seja a ferramenta de escoamento de produtos e insumos de um país. Porém, no Brasil, tanto a mobilidade de pessoas quanto o fluxo de escoamento de produção são dependentes do sistema rodoviário (Soliani, 2021). Conforme o estudo de Branco *et al.* (2022), o transporte rodoviário tem uma participação de 61% na matriz de transporte de cargas do país, sendo considerado também o principal modo de locomoção de passageiros, independentemente da distância.

A Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2017) divulgou dados que demonstram como a crise econômica que atingiu o país em 2014 impactou no orçamento para manutenção de rodovias federais. Enquanto em 2014 o montante pago para investimento na infraestrutura foi de R\$ 9,05 bilhões, em 2016, o montante pago de recursos para o transporte rodoviário sofreu uma queda para R\$ 6,58 bilhões, ou seja, R\$ 2,47 bilhões menor em relação ao ano de 2014. Já em 2017, o valor total pago foi de R\$ 7,98 bilhões.

Segundo a 21ª Pesquisa CNT de Rodovias (CNT, 2017), o estado do Acre apresentou os maiores custos logísticos do Brasil, com um acréscimo devido às condições do pavimento, no Estado, de 56,5%, contra um aumento médio, no país, de 27,0%. A pesquisa ainda afirma que 94,8% da extensão de pavimento avaliada foi classificada como regular, ruim ou péssima.

Levando em consideração o exposto anteriormente, pode-se destacar que a malha rodoviária do país se encontra em um estado muito precário, como é o exemplo do trecho da BR-364 entre Rio Branco e Cruzeiro do Sul no Acre, e este fator está diretamente ligado ao alto custo de manutenção das rodovias. Crescenzi *et al.* (2016) explicam que essa precariedade afeta diretamente o desenvolvimento econômico naquele estado, em região, e até mesmo o país. O transporte rodoviário enfrenta graves problemas com a baixa qualidade de sua infraestrutura, sobrecarregando a malha existente e agravando o risco de acidentes (Soliani, 2022).

Além do impacto econômico, tem-se também os impactos de fatores naturais. Sobre o tema, Qiao *et al.* (2019) afirmam que há provas concretas de que as mudanças climáticas interferem na redução da vida útil do pavimento, ressaltando a necessidade de se considerar a mudança climática em projetos regulares de infraestrutura rodoviária que considerem toda sua vida útil. As principais causas de impacto climático que afetam a infraestrutura do transporte rodoviário são: aumento na temperatura/ilhas de calor, descongelamento do *permafrost*, fenômenos frequentes de congelamento e descongelamento, precipitação intensa e inundações, aumento do nível do mar e tempestades (Abreu *et al.*, 2022).

Por esta razão, de acordo com Hayes *et al.* (2019), deve-se sempre identificar a infraestrutura rodoviária que corre alto risco de ser afetada por determinados eventos climáticos e, conseqüentemente, procurar desenvolver medidas de adaptação alinhadas a região em análise, dentro de um orçamento limitado e das peculiaridades da rede de transportes em análise. Qiao *et al.* (2020) afirmam que problemas em pavimentos flexíveis costumam aparecer como consequência de certas condições ambientais, exemplo: alto volume de água, altas temperaturas, excesso de carga de veículos, falta de manutenção, além da utilização de materiais com má qualidade. São patologias mais vistas na pavimentação asfáltica os trincamentos, desintegrações (painéis, desgastes, deslocamento de capa), deformações (depressões, escorregamentos de massa asfáltica) e, por fim, a exsudação (Tauste *et al.*, 2018).

Os efeitos diretos de condições meteorológicas extremas no transporte são avaliados mais facilmente do que os efeitos

indiretos, ou possíveis impactos que atingem indiretamente os sistemas, como custos indiretos de execução de obras, atrasos de viagens, desvios e cancelamento que podem ser substanciais, este é o caso da região amazônica, que possui condições climáticas extremas e sazonais bem definidas (Abreu *et al.*, 2022). Tais mudanças climáticas geram diversos desafios para o setor de transportes, considerando as vulnerabilidades que esse sistema tem quanto aos impactos.

A condição climática de altas temperaturas e ondas de calor causam impactos diretos nas práticas de construção de pavimento de concreto, expansão térmica nas juntas de dilatação da ponte, e envelhecimento precoce do pavimento (Chen *et al.*, 2018). Enquanto as mudanças devido a precipitação sazonal são responsáveis pelo aumento do risco de inundações, deslizamentos de solo, além de falhas em encostas e danos às estradas devido ao aumento das chuvas (Kirschbaum; Stanley, 2018).

Para Hu *et al.* (2020), é imprescindível conhecer bem as propriedades dos materiais utilizados na composição do pavimento, bem como sua resistência, permeabilidade e deformabilidade diante do uso contínuo, e da exposição às diferentes condições climática, para que assim se possa dimensionar adequadamente a sua estrutura. Portanto, faz-se necessário conhecer as camadas principais do pavimento asfáltico, ainda que de forma sucinta, a começar pelo revestimento, que é o principal responsável por receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou perda de compactação (Navarrete *et al.*, 2022).

Conforme a Confederação Nacional de Transporte, o revestimento é a camada do pavimento visível aos usuários da via, sendo a superfície sobre a qual trafegam os veículos e a responsável por prover conforto e segurança no rolamento (CNT, 2019). Os subleitos tem a função de aliviar em sua profundidade os esforços impostos sobre a superfície. O reforço de subleito faz com que a fundação subjacente receba pressões de menor impacto compatíveis com sua resistência. Por fim, as camadas de base e sub-base desempenham papel de aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores, como também na drenagem superficial dos pavimentos (Balbo, 2015).

## 2.2 Asfalto Usinado à Quente

O asfalto usinado à quente é largamente utilizado na pavimentação rodoviária, como vias urbanas, pistas de aeroportos, ou em pátios de estacionamento (Kirbaş; Karaşahin, 2016). É definido como uma mistura composta de agregados bem-graduados, material de enchimento (*filler*) – caso seja preciso, e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente (Zalnejhad; Hesami, 2020).

O asfalto pode ser usinado à quente, mais conhecido como “Concreto Betuminoso Usinado à Quente” (CBUQ), que consiste em uma argamassa ou concreto formado pelo asfalto diluído do petróleo sob temperaturas elevadas, com adição de areais e britas, por meio do processo de usinagem a quente em uma usina de asfalto (Queiroz, 2019). Sendo assim, esse tipo de concreto asfáltico não pode ser aplicado em dias chuvosos, e deve ser fabricado e transportado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C (Jahanian *et al.*, 2017).

Kogbara *et al.* (2016) informam que o asfalto é um ligante betuminoso constituído de hidrocarbonetos, provenientes da destilação do petróleo, explicando que o motivo pelo qual esse material é tão utilizado na pavimentação, é em função de sua característica adesiva termoviscoelástico, capaz de assegurar a forte união entre os agregados da massa asfáltica, bem como proporcionando maior flexibilidade e impermeabilidade ao pavimento. Contudo, essa termoviscoelasticidade do asfalto torna-se visível apenas através do comportamento mecânico, o que sujeita esse material aos desgastes causados pela velocidade, tempo e pela intensidade dos carregamentos aplicados (Bouras *et al.*, 2018).

Considera-se, assim, o asfalto como o melhor material para a pavimentação de rodovias, sendo reputado como o mais nobre revestimento flexível. Ele satisfaz rigorosas especificações, sendo misturado com elevado controle de materiais e

temperatura, além de melhor custo (Gonçalves; Margarido, 2015).

Segundo os ensinamentos de Nwakaire *et al.* (2019), apesar das especificidades de fabricação, o CBUQ não exige cura, apresenta menos sensibilidade à ação de água e um retardo no envelhecimento do asfalto, além de possuir boa resistência à tráfegos pesados se tornando mais durável. No mesmo sentido, González *et al.* (2018) explica que as misturas betuminosas usinadas à quente possuem, pelo menos, um dos seus componentes sendo aquecido, o agregado ou o próprio betume.

Enquanto as misturas frias se aplicam comumente onde não ocorrem oscilações bruscas já que são espalhadas e compactadas sem o aquecimento dos seus componentes. Para Tarsi *et al.* (2020), os requisitos técnicos e de qualidade de um pavimento asfáltico são atendidos com uma dosagem correta dos materiais constituintes e com um projeto adequado da estrutura do pavimento, tudo isso deve ser compatível com as outras camadas escolhidas.

Dentre os materiais que integram o concreto asfáltico, estão o ligante asfáltico e agregados, com eventual adição de produtos especiais, os quais são misturados de forma uniforme e em proporções adequadas, a fim de se formar uma mistura homogênea, podendo ser realizadas tanto à frio quanto à quente (Flores *et al.*, 2018). O concreto asfáltico tem como principal aplicação as camadas superiores de pavimentos flexíveis e semirrígidos (Dołzycki; Jaskuła, 2019).

Guo *et al.* (2020), citam os materiais constituintes do concreto asfáltico, quais sejam: agregados graúdos e agregados miúdos, material de enchimento (*filer*), ligante asfáltico e melhorador de adesividade, caso seja necessário. Ressalte-se que esses materiais se encontram dentro das normativas aprovadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) previstos na Portaria nº 1.977/2017 (Brasil, 2017).

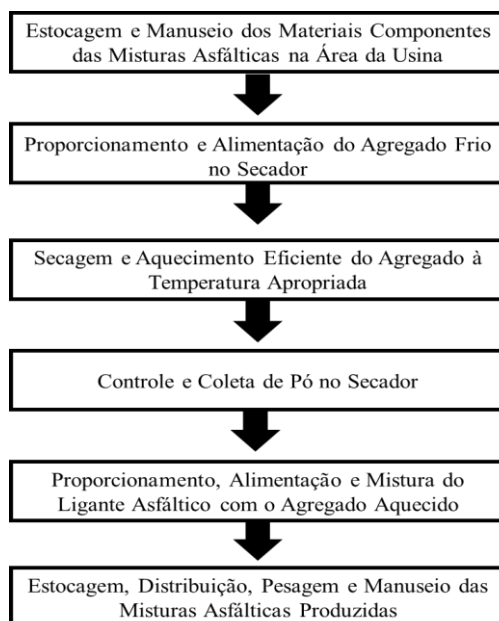
Os agregados, ou partículas dos agregados, através de sua forma, distribuição, tamanho e textura, tem um efeito sobre a rigidez direcional e o coeficiente de Poisson do concreto asfáltico (Aliha *et al.*, 2020). O ligante asfáltico pode ser definido como o asfalto produzido através do refino do petróleo com características específicas, como a viscoelasticidade, próprio para aplicação em serviços de pavimentação (Behnood *et al.*, 2019). Já o *filer*, ou material de enchimento, pode ser feito de cimento Portland, pó calcário, cal hidratada, dentre outros, e deve ser utilizado de forma homogênea, deco e livre de engrumos provenientes de agregações de partículas finas (Gonçalves; Margarido, 2015).

### **2.3 Processo de Produção do Asfalto Usinado à Quente**

O Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ), comumente chamado de asfalto à quente, somente pode ser fabricado e transportado quando a temperatura ambiente for superior à 10° C, não podendo ser aplicado em dias de chuva, tendo em vista sua maior característica que é a alta temperatura (Brasileiro *et al.*, 2019).

Segundo Pilger *et al.* (2020), o processo de execução do pavimento asfáltico consiste em três etapas, quais sejam: imprimação, lançamento do CBUQ e compressão/compactação. A imprimação é necessária para promover a aderência da base ao revestimento, atuando como impermeabilizante da base e aumentando a coesão superficial dela através da penetração do material asfáltico empregado. A imprimação consiste na aplicação de uma fina película de material betuminoso sobre uma superfície granular concluída de uma das camadas do pavimento, seja ela a base ou sub-base (Ouyang *et al.*, 2020). A Figura 1 ilustra as etapas de preparação do asfalto à quente.

**Figura 1** - Etapas de preparação do Asfalto Usinado à Quente.



Fonte: Adaptado de Bustillo Revuelta (2021).

Segundo Sivagnanasuntharam *et al.* (2021), o processo de execução de uma camada asfáltica envolve duas fases: a primeira fase, a rolagem de compactação (fase em que se alcança a densidade, impermeabilidade e grande parte da suavidade superficial); e, segunda fase, a rolagem de acabamento (fase em que fazem as correções das marcas deixadas na superfície da camada pela fase de rolagem anterior).

Garber e Hoel (2019) afirmam que o pavimento asfáltico apresenta maior oferta de empresas que possuem mão de obra, máquinas e equipamentos necessários para a execução, tendo em vista que a execução do asfalto é mais rápida se comparada a outros tipos de pavimentação (como a pavimentação de concreto, por exemplo).

No que diz respeito aos custos de uma obra de pavimentação asfáltica, torna-se fundamental traçar o planejamento com ênfase na gestão dos custos. Isto porque, após a análise de todos os custos, podem ainda haver alterações nos prazos de início e execução das obras, nos processos tecnológicos e nas matérias-primas utilizadas, como também na distância para entrega dos produtos, e no prazo para realização do pagamento (Santos *et al.*, 2015). Estes fatores influenciam o valor final do orçamento, sendo necessário o cálculo do equilíbrio econômico-financeiro.

De acordo com Yang *et al.* (2015), o pavimento com revestimento em CBUQ tem um custo mais elevado do que outros tipos de pavimentos asfálticos, pois o asfalto à quente é produzido em usinas e possui uma camada mais espessa, utilizando assim maior quantidade de materiais, o que influencia no custo final. Assim, os custos vinculados à construção de pavimentação podem ser identificados por diferentes setores, como equipamentos, mão-de-obra, materiais e o transporte dos produtos que devem ser contabilizados de forma separada (Santos *et al.*, 2014).

### 3. Metodologia

Quanto à tipologia, esta pesquisa pode ser considerada um estudo exploratório e descritivo de análise quali-quantitativa. Para Gil (2019), o objetivo principal da pesquisa exploratória é desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias. Primeiramente, uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi realizada para fornecer uma visão geral sobre o conceito e as etapas da produção de asfalto. Posteriormente, um estudo de caso foi efetuado para gerar uma compreensão profunda e

multifacetada de uma questão complexa em seu contexto da vida real.

O método de RSL foi selecionado para este estudo devido à natureza das questões de pesquisa, que visam compreender aspectos do custo de produção do asfalto e detectar lacunas existentes na literatura científica. Uma revisão ganha o adjetivo “sistemática” se for baseada em questões claramente formuladas, identificar estudos relevantes, avaliar sua qualidade e reunir evidências pelo uso de metodologia explícita (Siddaway *et al.*, 2018). Desta forma, uma RSL supera as fragilidades percebidas de uma revisão narrativa (Linnenluecke *et al.*, 2019). Além disso, uma RSL fornece um protocolo de pesquisa que permite sua reprodução, e a documentação detalhada das etapas executadas possibilita uma avaliação aprofundada do estudo realizado (Thomé *et al.*, 2016).

Esta pesquisa seguiu as diretrizes fornecidas no estudo de Glock *et al.* (2017) para elaborar um protocolo de três etapas de uma revisão robusta e replicável.

Etapa 1 - Critérios de inclusão/exclusão: Em primeiro lugar, uma lista preliminar de palavras-chave e critérios de inclusão foram definidos. Para garantir a inclusão de todas as publicações relevantes, algumas sequências de palavras-chave foram selecionadas, incluindo “Produção de Asfalto” ou “Rodovia”; “Análise de Custo” ou “Asfalto”; “Produção de Asfalto” ou “Logística”. Os estudos deveriam estar disponibilizados na íntegra e escritos nos idiomas português e inglês. Além disso, a pesquisa concentrou-se em pesquisas publicadas em revistas revisadas por pares (*peer review*) e em formato de livros, para garantir a incorporação de trabalhos de alta qualidade. A literatura selecionada se concentra na discussão sobre produção de asfalto, abrangendo o período recente (2014 e 2022) da produção científica. As bases de dados Scopus, Web of Science e Google Scholar foram selecionadas como fonte para a exploração da literatura. A pesquisa foi iniciada com o conjunto de critérios descritos no Quadro 1 e foram identificados 273 documentos.

**Quadro 1** - Critérios de inclusão para seleção de artigos

<b>Critério de Inclusão</b>	<b>Descrição</b>
Palavras-chave	Produção de Asfalto; Rodovia; Análise de Custo; Asfalto; Logística.
Bases de dados	Scopus, Web of Science e Google Scholar
Idiomas	Português e Inglês
Tipos de documentos	Artigos e capítulos de livros
Fonte	Revistas revisadas por pares e Livros
Período de tempo	2014 a 2022

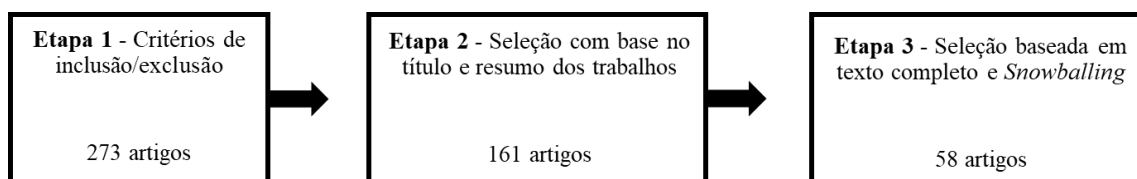
Fonte: Autores (2022).

Etapa 2 - Seleção com base no título e resumo dos trabalhos: Os pesquisadores revisaram os títulos e resumos dos artigos selecionados. Após discussão entre os autores, os trabalhos que estavam fora do escopo da pesquisa foram excluídos. Em particular, 161 artigos que não focavam na produção de asfalto e/ou aspectos logísticos de produção, foram excluídos.

Etapa 3 - Seleção baseada em texto completo e *Snowballing*: A última etapa do protocolo envolveu o refinamento da lista de trabalhos selecionados. Após a leitura das versões completas dos artigos selecionados, constatou-se que 34 trabalhos não estavam no escopo da pesquisa e foram excluídos. Em seguida, verificou-se as referências de todos os trabalhos selecionados (*snowballing*) e foram identificados os artigos mais citados, ou seja, aqueles com mais de cinco citações de outros artigos já selecionados. Se esses artigos mais citados estivessem ausentes do grupo de trabalhos pré-selecionados, e fossem coerentes com os critérios de inclusão, eles eram adicionados, resultando em um grupo final de 58 artigos. Os resultados em termos do número de artigos resultantes por etapa da RSL estão indicados na Figura 2.



**Figura 2** – Resultados da Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Autores (2022).

Como se trata de coleta e análise de dados, optou-se por utilizar o método quantitativo, que consiste em enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras de lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana, ou seja, é um método que utiliza procedimentos estruturados e instrumentos formais para a coleta de dados, enfatizando a objetividade na coleta e análise desses dados (Antwi; Hamza, 2015).

Segundo, Bishop *et al.* (2018) os principais métodos quantitativos são o experimental, ou “quase-experimental”, o *survey* e os baseados na análise de conjuntos de dados em grande escala, como é o caso do presente trabalho, em que foi realizada análise do conjunto de dados fornecidos pela empresa escolhida, a fim de embasar esta pesquisa. No presente caso, buscou-se analisar os dados numéricos por meio da coleta dos custos dos insumos utilizados na pavimentação asfáltica, fornecidos pela empresa estudada, descrito no tópico a seguir.

### 3.1 Estudo de Caso

O método de estudo de caso é popular em pesquisa nas áreas de produção, gestão de custos e logística, pois fornece um relato detalhado da experiência prática e das atividades de uma empresa envolvida no setor avaliado (Rashid *et al.*, 2019). Yin (2014) define o estudo de caso como uma metodologia que aplica diferentes estratégias que podem ajudar a confirmar, desafiar ou estender a teoria sobre determinado tema. Este estudo de caso foi realizado com a intenção de entender melhor o impacto da distância dos fornecedores na composição do custo de produção de asfalto nos municípios de Rio Branco e Feijó, localizados no Estado do Acre.

A empresa estudada foi a R2 Engenharia Civil Eireli, que atua há 3 anos no mercado de obras de pavimentação asfáltica no Estado do Acre, tendo maior atuação nas cidades de Rio Branco, Cruzeiro do Sul, Feijó, Sena Madureira e Tarauacá. Os dados foram fornecidos pelo proprietário da empresa, no mês de julho de 2022, o qual é responsável direto pelas negociações e orçamentos, bem pelo gerenciamento das obras. Destaca-se que todos os dados foram providos voluntariamente, sem constar o nome dos fornecedores, ou quaisquer informações mais detalhadas, com intuito de preservar o sigilo comercial da empresa.

A empresa tem sua sede localizada na Rua Hermínio de Melo, nº 158, Vila da Amizade, Rio Branco, Acre. Conta atualmente com 27 funcionários, oscilando conforme as obras executadas, podendo chegar até à 300 colaboradores, subdivididos nas funções de encarregados, ajudantes, e toda mão de obra de construção civil.

### 3.2 Custos de Produção de Asfalto

Este trabalho analisa os custos de produção por tonelada do asfalto usinado à quente em duas cidades do Estado do Acre, Feijó e Rio Branco, portanto os preços não serão os mesmos em razão, principalmente, da distância entre as cidades. Como método de comparação serão avaliados os custos dos insumos que compõe a tonelada asfáltica. Ambas as cidades recebem os materiais dos mesmos fornecedores, que ficam localizados nos estados do Amazonas e Rondônia, tendo em vista a proximidade dessas cidades, o que garante um tempo de entrega hábil para o recebimento dos insumos.

Os insumos que compõe os custos de pavimentação são: CAP 50/70, brita, areia, diesel e equipamentos/mão de obra para logística desses produtos. O CAP é a sigla de “Cimento Asfáltico de Petróleo”, que é o ligante asfáltico mais utilizado no mercado, e consiste em asfalto de petróleo com propriedades que atendem a especificações mínimas de uso em pavimentação, obtido do processo de destilação do petróleo (Silva *et al.*, 2015).

Os cálculos comparativos foram realizados com base nos custos de uma tonelada de pavimentação em concreto betuminoso usinado a quente com espessura de 5 cm, portanto, todos os cálculos foram realizados com o propósito de identificar o custo de produção de uma tonelada. A base de cálculo foi fornecida pelo sr. Leonardo Batista, proprietário da empresa.

Para determinar a quantidade de toneladas de asfalto usinado à quente para pavimentação de um quilômetro, considera-se a largura de uma rodovia em 7 metros, espessura de 5 centímetros e densidade de 2,40 t/m<sup>3</sup>, conforme o seguinte cálculo da padronagem:

$$1.000 \times 7 \times 0,05 \times 2,4 = 840$$

Sendo assim, para cada 1.000 metros são necessárias 840 toneladas de asfalto usinado à quente. Após a conclusão deste levantamento, a pesquisa relacionou as informações dispostas e suas contribuições para a discussão sobre a produção de asfalto.

## 4. Resultados e Discussão

A seguir, serão apresentados os resultados da análise dos custos de cada insumo contendo o preço individual de cada um, como também o transporte até o local de aplicação. Em seguida, ao formular a discussão do trabalho, foi feita uma análise geral dos efeitos dos fatores responsáveis pela diferença de custos da pavimentação asfáltica entre as cidades de Feijó e Rio Branco.

### 4.1 Resultados

Conforme mencionado anteriormente, esta pesquisa concentra-se em realizar a análise dos custos de produção do asfalto à quente, através dos valores relacionados aos custos obtidos em cada cidade (Feijó e Rio Branco). Entre os principais gargalos, destaca-se a longa distância das empresas fornecedoras das matérias-primas utilizadas, fator decisivo para a elevação do valor final aplicado ao asfalto usinado à quente utilizado nas rodovias do Estado. Destaca-se ainda, o valor individual de cada insumo e a quantidade com que juntos integram uma tonelada de asfalto obtendo-se também o custo final. Baseado na revisão bibliográfica realizada obteve-se um total de 58 estudos, que são apresentados no Quadro 2, a seguir.

**Quadro 2** - Lista dos estudos selecionados para compor a RSL

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Principais Resultados</b>
Abreu <i>et al.</i>	2022	Mudanças climáticas, como precipitações intensas e altas temperaturas levam a impactos biofísicos, como inundações e ilhas de calor urbanas.
Albuquerque <i>et al.</i>	2020	Discute as emissões de GEE produzidas pelo transporte rodoviário, bem como sobre as ferramentas de avaliação disponíveis.
Aliha <i>et al.</i>	2020	O caminho de crescimento da trinca do asfalto foi previsto usando o critério de tensão máxima de tração.
Balbo	2015	Realiza uma análise estrutural e de tráfego, projeto de pavimentos novos e de recuperação, além da avaliação estrutural.
Behnke <i>et al.</i>	2019	A resposta estrutural a longo prazo de pavimentos asfálticos sob carga periódica de tráfego é investigada termo mecanicamente.
Behnood; Gharehveran	2019	Os ligantes asfálticos desempenham um papel fundamental no desempenho e nas propriedades das misturas asfálticas.
Bouras <i>et al.</i>	2018	O modelo de fluência viscoelástica fracionada é proposto para concreto em altas temperaturas.
Branco <i>et al.</i>	2022	No Brasil, os gargalos de infraestrutura e a baixa produtividade do transporte têm aumentado os custos de frete e simultaneamente as emissões de CO <sub>2</sub> .
Brasileiro <i>et al.</i>	2019	O uso de ligantes modificados por polímeros em misturas asfálticas tornou-se mais difundido devido à sua suscetibilidade térmica reduzida e melhor resistência à corrosão e fadiga.
Bustillo Revuelta	2021	Aborda os materiais de construção primários necessários para a fabricação de concreto e argamassa.
Callejas <i>et al.</i>	2015	Avalia o comportamento térmico de pavimento asfáltico ao longo de um ciclo diário, em região de clima tropical, com vistas à sua contribuição para o aquecimento de áreas urbanas.
Chen <i>et al.</i>	2018	As propriedades mecânicas internas e externas do concreto sob a ação conjunta do envelhecimento em alta temperatura e impacto dinâmico do tipo roda foram comparadas e analisadas.
Costa <i>et al.</i>	2019	Analisa dados georreferenciados da Amazônia Legal para descobrir onde a cultura da soja seria economicamente viável.
Crescenzi <i>et al.</i>	2016	Avalia a relação entre o investimento em infraestrutura rodoviária de algumas regiões da União Europeia e o seu retorno econômico.
Dołżycki; Jaskuła	2019	Apresenta experiência polonesa com reciclagem a frio de pavimentos asfálticos com uso de emulsão betuminosa e cimento.
Filho <i>et al.</i>	2016	Calcula como o aumento no percentual de sobrecarga em relação à carga admissível influenciará na diminuição da durabilidade do pavimento projetado para uma rodovia.
Flores <i>et al.</i>	2018	Compara dois métodos de aquecimento potencialmente utilizados na reabilitação de pavimentos flexíveis.
Garber; Hoel	2019	Concentra-se na engenharia de tráfego e rodovias, discutindo o papel fundamental que o transporte desempenha em nossa sociedade.
Gedik	2020	Apresenta novas especificações técnicas e diretrizes sobre a utilização de resíduos de construção e demolição na produção de asfalto à quente.
Gonçalves; Margarido	2015	Fornece uma visão geral substancial e detalhada dos materiais tradicionais usados na construção de estruturas e infraestrutura.
González <i>et al.</i>	2018	Avalia o efeito da adição de aparas metálicas e pavimento asfáltico recuperado nas misturas asfálticas com capacidade de recuperação de trincas por aquecimento de micro-ondas.
Guo <i>et al.</i>	2020	Discute a propriedade de adesão entre ligante asfáltico e agregado, métodos, índices de avaliação e fatores de influência.
Hayes <i>et al.</i>	2019	Trata da importância de alavancar a teoria da resiliência socioecológica, com base nas conquistas da engenharia de resiliência no último século.
Holguín-Veras <i>et al.</i>	2015	Analisa como as interações entre os agentes de frete influenciam a resposta da cadeia de suprimentos às iniciativas de políticas públicas baseadas em preços e incentivos.
Hu <i>et al.</i>	2020	A degradação dos polímeros, o aumento do teor de asfaltenos e a extensão das microfissuras superficiais foram as principais razões para a deterioração da resistência à fadiga do asfalto.
Jahanian <i>et al.</i>	2017	A adição de Gilsonite (selante) ao betume em misturas asfálticas quentes aumenta consideravelmente a estabilidade Marshall e o parâmetro de resiliência em corpos de prova asfálticas.
Kirbaş; Karaşahin	2016	Foram desenvolvidos três diferentes modelos de deterioração que podem prever o desempenho futuro do pavimento em estradas com asfalto misturado a quente.
Kirschbaum; Stanley	2018	Determinar o tempo, a localização e a gravidade dos impactos dos desastres naturais são fundamentais para formular estratégias de mitigação, respostas apropriadas e oportunas e planos de recuperação.
Kogbara <i>et al.</i>	2016	Uma revisão do estado da arte dos principais parâmetros que influenciam a medição e modelagem da resistência à derrapagem de pavimentos asfálticos é fornecida.

Lana <i>et al.</i>	2017	A precária rede de transporte, aliada a urbanização e ao crescimento populacional não planejado, como observado no Acre, contribuíram para criar a condição ideal para o <i>Aedes aegypti</i> .
Liang <i>et al.</i>	2018	Uma metodologia aliando experimentos e modelagem é desenvolvida para caracterizar as propriedades reológicas e texturais de lodos altamente concentrados.
Ma <i>et al.</i>	2021	É importante avaliar os efeitos ambientais causados durante os trabalhos de manutenção, para que os impactos ao longo da vida dos pavimentos asfálticos possam ser entendidos e reduzidos.
Navarrete <i>et al.</i>	2022	Apresenta a avaliação do comportamento mecânico de uma mistura asfáltica utilizando o agregado alternativo de cinzas de caldeira, elemento originário do processamento de níquel.
Nithin <i>et al.</i>	2015	Investiga o desempenho de produtos geossintéticos no retardamento da fissuração reflexiva e especificações para selecionar o material apropriado para o desempenho desejado.
Nwakaire <i>et al.</i>	2019	A utilização de agregados de concreto reciclado para construção de pavimentos rodoviários pode trazer uma série de benefícios para a sustentabilidade ambiental, econômica e social.
Ouyang <i>et al.</i>	2020	A emulsão asfáltica isenta de solventes é preferida como revestimento primário na engenharia de pavimentos, no entanto, geralmente tem uma capacidade de penetração bastante baixa.
Oyenuga; Bhamidimarri	2017	Explora os desafios e oportunidades que existem com no mercado de materiais de construção reciclados e reaproveitados.
Pereira; Pinheiro	2021	Analisa os problemas patológicos existentes na rodovia estadual AM - 010, sendo que o estudo foi feito após levantamento fotográfico.
Pereira; Pais	2017	São apresentados os principais desafios para o desenvolvimento de um método europeu de dimensionamento de pavimentos, bem como os recentes desenvolvimentos que podem ser utilizados.
Pilger <i>et al.</i>	2020	Investiga os impactos ambientais, bem como os custos excedentes da construção de uma estrada, por meio de uma Avaliação de Ciclo de Vida.
Piracelli <i>et al.</i>	2020	Avalia as emissões de poluentes na atmosfera em condições reais de pavimentação asfáltica por meio de amostragem e quantificação.
Prajogo <i>et al.</i>	2016	Examina os processos da cadeia de valor entre a integração logística de suprimentos e o desempenho operacional competitivo das empresas.
Qiao <i>et al.</i>	2019	Analisa o custo do ciclo de vida com o objetivo de quantificar os potenciais impactos econômicos de um método de adaptação ao clima, no qual um aglutinante asfáltico moderno é usado.
Qiao <i>et al.</i>	2020	Os pavimentos são infraestruturas sensíveis ao clima, que pode afetar sua taxa de deterioração, manutenção e custos do ciclo de vida.
Queiroz	2019	Faz um breve histórico da engenharia civil, as principais áreas de especialização, os materiais utilizados na construção civil, os desastres naturais e sua relação com a engenharia civil.
Rafiq <i>et al.</i>	2021	Na construção e manutenção asfáltica, o pavimento asfáltico recuperado está sendo amplamente utilizado como uma alternativa mais barata ao asfalto convencional de mistura a quente.
Sangiorgi <i>et al.</i>	2017	A reciclagem de concreto asfáltico é provavelmente a técnica mais econômica para a reabilitação de pavimentos rodoviários tensionados e para a construção de novos.
Santos <i>et al.</i>	2015	Apresenta um modelo de custos do ciclo de vida do pavimento, que leva em consideração as diferentes categorias de custos incorridos por agências rodoviárias e usuários de estradas.
Santos <i>et al.</i>	2014	Apresenta uma ferramenta de avaliação de ciclo de vida que fornece uma abordagem integrada em nível de projeto, que inclui todas as seis fases do ciclo de vida do pavimento.
Silva <i>et al.</i>	2015	Avalia a aplicação de plástico PET em um ligante modificado. Verificou-se que sua adição progressiva aumentou a consistência da polpa e melhorou sua resposta elástica.
Sivagnanasuntharam <i>et al.</i>	2021	Investiga os métodos de teste de compactação existentes para asfalto e identifica suas limitações.
Soliani	2021	Apresenta aspectos do conceito de sustentabilidade no setor de transporte rodoviário brasileiro de cargas, com ênfase nas dimensões ambiental, social e econômica.
Soliani	2022	Investiga o transporte no contexto do agronegócio brasileiro, com foco em identificar e analisar os principais gargalos logísticos do país.
Staal <i>et al.</i>	2018	A transpiração das árvores na Amazônia pode aumentar a precipitação para florestas a favor do vento.
Tarsi <i>et al.</i>	2020	Resume o estado-da-arte do uso de agregados de pavimento de asfalto recuperado em novas misturas asfálticas. Os benefícios econômicos e ambientais também são discutidos.
Tauste <i>et al.</i>	2018	Fornecer uma visão geral de uma série de estudos relacionados ao processo de envelhecimento em betume, para determinar o principal componente que afeta esse fenômeno.
Yang <i>et al.</i>	2015	Avaliou os benefícios ambientais e econômicos e as compensações da inclusão de materiais reciclados em pavimentos usando uma abordagem de ciclo de vida.
Zalnezhad; Hesami	2020	Nesta pesquisa, a avaliação do desempenho no tratamento de superfície de micro revestimento foi medida e avaliada usando material de escória de aço e comparada com agregados siliciosos.

Fonte: Autores (2022).

O CAP 50/70 consiste no betume ou, popularmente chamado de “piche do asfalto”, ideal para misturas usinadas à quente. Ele é distribuído pela refinaria de Manaus, Amazonas. Conforme detalhado pelo proprietário da empresa, a mobilização desses insumos é realizada através do modal de transporte hidroviário entre Manaus/AM e Porto Velho/RO, e do modal de transporte rodoviário entre Porto Velho/RO até as cidades de Rio Branco/AC e Feijó/AC.

A brita é fornecida por pedreiras localizadas no estado de Rondônia, cuja distância média de transporte desse material é de 250 km para a cidade de Rio Branco/AC. Os valores foram orçados em 0,86 metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Já a areia, também orçada em metro cúbico (m<sup>3</sup>), é dragada em leito de rio proveniente de jazidas próprias nos municípios de Feijó e Rio Branco, o que contribui para considerável diminuição dos custos. O diesel utilizado na operação é adquirido em postos de combustíveis locais, e incluiu-se o transporte da base de distribuição em Rio Branco até o local da usinagem. Os equipamentos e mão de obra, dizem respeito à mobilização dos equipamentos, hospedagem, alimentação e deslocamento da equipe responsável pela aplicação da pavimentação asfáltica.

O Quadro 3 representa de forma geral os dados obtidos na empresa R2 Engenharia Civil Eireli, com lançamento dos valores pormenorizados e após a totalidade do valor dos insumos, podendo verificar o custo da pavimentação por tonelada.

**Quadro 3 - Custos da pavimentação por tonelada (julho/2022).**

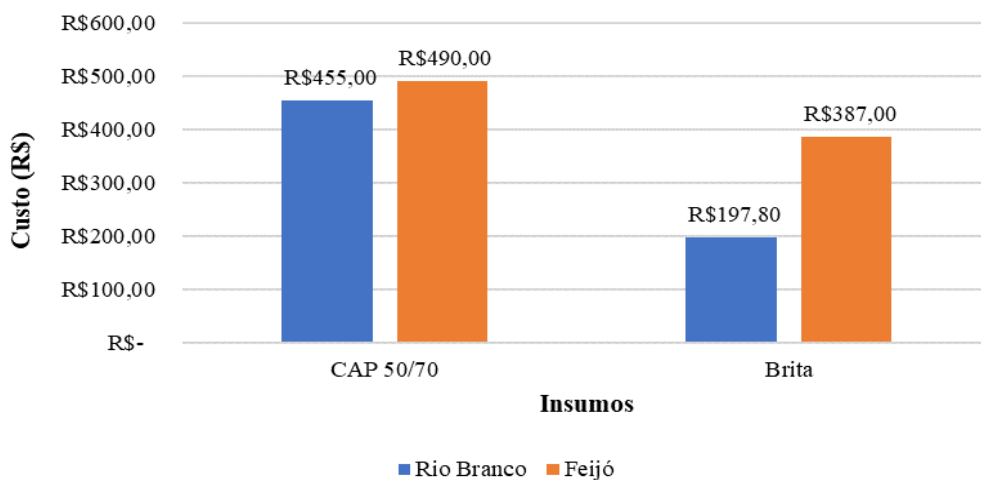
Insumos/Recursos	Quantidade	Unidade	Rio Branco/AC	Feijó/AC
CAP 50/70	0,05	t	R\$ 455,00	R\$ 490,00
Brita	0,86	m <sup>3</sup>	R\$ 197,80	R\$ 387,00
Areia	0,09	m <sup>3</sup>	R\$ 4,50	R\$ 7,20
Diesel	15	L	R\$ 122,85	R\$ 133,35
Equipamentos/Mão de Obra	1	t	R\$ 200,00	R\$ 300,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 980,15</b>	<b>R\$ 1.317,55</b>

Fonte: Autores (2022).

Conforme o Quadro 2, alguns insumos são fornecidos pelos comércios locais dos municípios, enquanto outros são oriundos de empresas de outros estados. Analisando os produtos fornecidos por empresas de outros estados, quais seja, o CAP 50/70 e a brita, nota-se que uma diferença significativa entre custo da brita fornecida para Rio Branco e para Feijó, que em termos relativos, torna-se bem mais elevado considerando a diferença do CAP 50/70 para as mesmas localidades. Enquanto 0,86m<sup>3</sup> de brita para a cidade de Rio Branco custa R\$ 197,80, para a cidade de Feijó a brita oriunda do mesmo fornecedor custa R\$ 387,00, o que resulta numa diferença de 95,65%. O CAP 50/70, por sua vez, custa 7,69% a mais, sendo o valor de R\$ 455,00 para a cidade de Rio Branco e R\$ 490,00 para Feijó.

A Figura 3 faz um comparativo entre o custo dos insumos dos fornecedores de outros Estados.

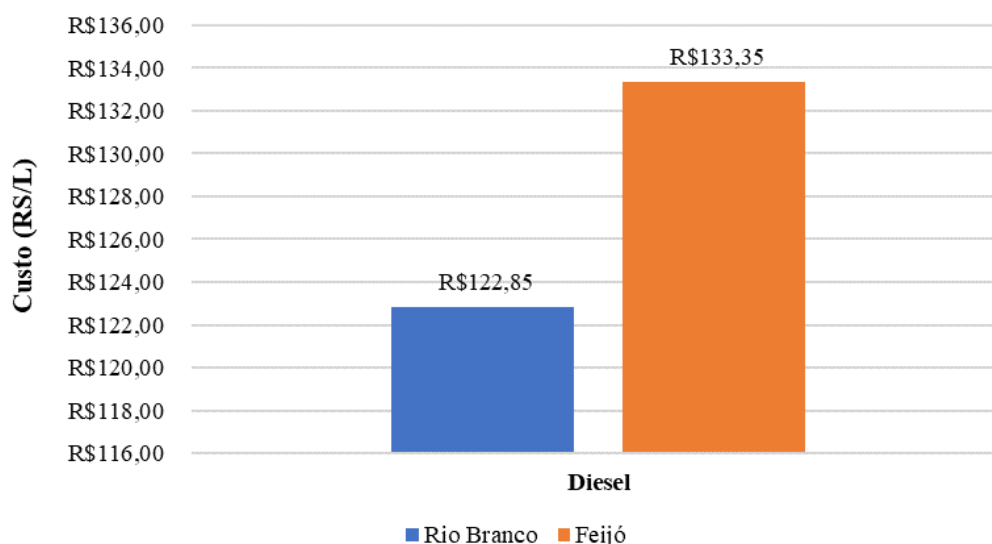
**Figura 3** - Custo dos insumos de fornecedores de outros Estados (julho/2022).



Fonte: Autores (2022).

Nota-se na Figura 3 que a diferença de preço da brita é elevada em relação aos outros insumos, e o CAP 50/70 tem quase o mesmo custo para ambas as cidades. O custo do diesel foi considerado o preço praticado em cada cidade durante o mês de julho de 2022, sendo o uso de 15 litros suficiente para a produção de 1 tonelada de asfalto, o que resulta no valor de R\$ 122,85 para Rio Branco e R\$ 133,35 para a cidade de Feijó, conforme apresentado na Figura 4.

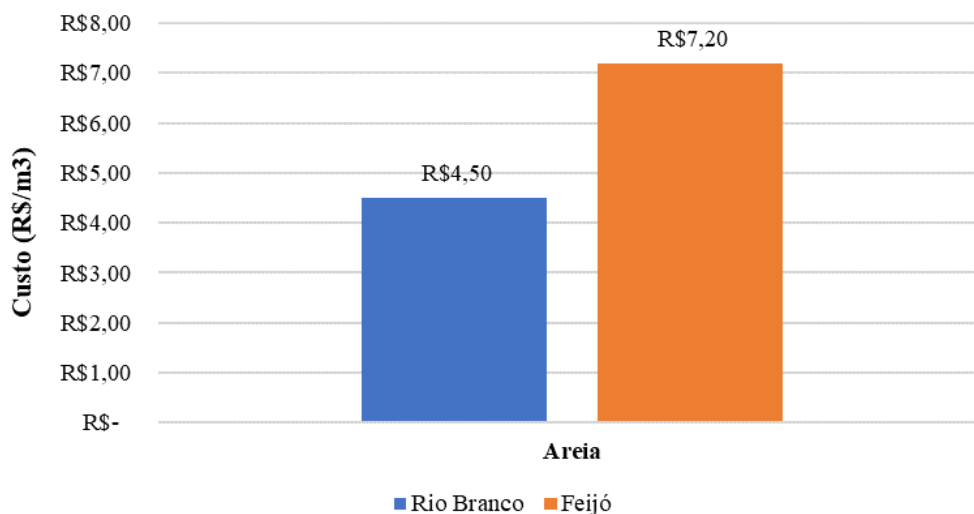
**Figura 4** - Custo do Diesel – preço local (julho/2022).



Fonte: Autores (2022).

O custo da areia para cada 0,09 metros cúbicos é de R\$ 4,50 para Rio Branco e R\$ 7,20 para Feijó. Ainda que se busque utilizar as jazidas presentes em cada município, percebe-se a diferença de valores de cada localidade, como se vê no Figura 5, a seguir.

**Figura 5** - Custo do m<sup>3</sup> da areia (julho/2022).



Fonte: Autores (2022).

Os impactos da posição geográfica do Estado do Acre envolvem, principalmente, a distância e a acessibilidade aos fornecedores. A distância é comumente a condição mais básica que afeta os custos de transporte. Com o aumento do valor do frete, os fornecedores compensam, geralmente, repassando esse encarecimento para o cliente (Holguín-Veras *et al.*, 2015).

Quanto aos custos relacionados a mão de obra, em que estão inclusos os equipamentos, hospedagem, alimentação e deslocamento da equipe, considerando a quantidade de uma tonelada, orçou-se para estas despesas o valor de R\$ 200,00 para a cidade de Rio Branco e R\$ 300,00 para o município de Feijó.

#### 4.2 Discussão

Ao observar todo o estudo, o fator principal para a diferença de custos da pavimentação asfáltica é a distância dos municípios em relação aos seus fornecedores. A cidade de Manaus, estado do Amazonas, local de fornecimento do CAP 50/70, encontra-se a 1,399 quilômetros de distância de Rio Branco. As pedreiras que distribuem a brita se localizam a 518 quilômetros da cidade de Rio Branco/AC, vindo do estado de Rondônia.

Os insumos provenientes de fornecedores locais, por sua vez, têm como reflexo nos custos a qualidade da rodovia e o preço do combustível à medida que se afasta da capital (Rio Branco/AC), não sendo a distância fator primordial. Contudo, tendo como base a cidade de Rio Branco, local onde aportam todos os insumos vindos de outros estados, tem-se que os preços aumentam consideravelmente para Feijó, cidade localizada à 365 quilômetros da capital do Estado do Acre.

Assim, cada tonelada de pavimentação em concreto betuminoso usinado à quente, faixa C, com espessura de 5 cm, tem o valor de R\$ 980,15 para a cidade de Rio Branco, enquanto para a cidade de Feijó custa R\$ 1.317, o que evidencia que este tipo de asfalto possui valor mais elevado. Como afirma Navarrete *et al.* (2022), é o melhor material para pavimentação de rodovias, sendo reputado como o mais nobre revestimento flexível.

Isto porque, o pavimento com revestimento em CBUQ tem um custo mais elevado do que outros tipos de pavimentos asfálticos, pois o asfalto à quente é produzido em usinas e possui uma camada mais espessa, utilizando assim maior quantidade de materiais o que influencia no custo final (Sangiorgi *et al.*, 2017).

Considerando que para pavimentar um quilômetro são necessárias 840 toneladas de asfalto usinado à quente, o custo da pavimentação de um quilômetro em Rio Branco será de R\$ 823.326,00, e para a cidade de Feijó, devido a distância e

aumento do custo dos insumos, totalizará o valor de R\$ 1.106.742,00, além de outros custos indiretos não relacionados neste trabalho, uma vez que foi considerado apenas os custos que dizem respeito apenas ao asfalto usinado à quente.

Os custos apresentados indicam uma das razões pelas quais o asfaltamento do trecho entre Rio Branco e a cidade de Cruzeiro do Sul nunca ter sido finalizado e entregue de forma definitiva, prejudicando toda a cadeia logística do Estado do Acre.

## 5. Considerações Finais

Este estudo objetivou calcular e comparar os custos de produção para a execução do asfalto à quente, por tonelada, dos municípios de Feijó e Rio Branco no estado do Acre, tendo em vista a distância dos fornecedores de insumos asfálticos, localizados no Amazonas e em Mato Grosso.

Observou-se no estudo ora realizado, que a distância dos fornecedores de insumos para pavimentação asfáltica em relação às cidades de Rio Branco e Feijó influenciam sobremaneira no custo desse serviço, pelo que se torna fundamental um planejamento estruturado com ênfase na gestão dos custos. Foi identificado que para a logística de pavimentação asfáltica é imprescindível a realização de um rigoroso orçamento, a fim de se obter todos os subsídios adequados para a composição dos custos de cada insumo do orçamento da obra.

Percebe-se que, justamente em razão da distância entre as cidades, o custo da produção da execução do asfalto à quente no município de Rio Branco é mais vantajoso do que o custo da produção da execução do asfalto a quente no município de Feijó, pois, mesmo os fornecedores locais não conseguem reduzir o preço dos produtos ofertados, já que a distância territorial do município é crucial para a composição dos valores de venda dos insumos.

Evidencia-se, em suma, que todos os insumos utilizados para a pavimentação em concreto betuminoso usinado à quente tem valor maior para a cidade de Feijó, até mesmo os produtos adquiridos por fornecedores da própria cidade, pois todos tem o preço influenciado pela grande distância das usinas e refinarias distribuidoras dos insumos. Contudo, o fomento para a produção local dos insumos seria uma saída para a redução dos valores desses produtos, possibilitando o acesso facilitado aos insumos além do desenvolvimento econômico da região.

O presente trabalho apresentou também relevantes dados para a empresa estudada, pois esta poderá realizar um melhor planejamento com ênfase na gestão da informação e armazenamento de dados a respeito de obras, de seus projetos e das equipes técnicas, proporcionando atuações mais seguras e eficientes.

## Referências

- Abreu, V. H. S.; Santos, A. S.; & Monteiro, T. G. M. (2022). Climate Change Impacts on the Road Transport Infrastructure: A Systematic Review on Adaptation Measures. *Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14148864>
- Albuquerque, F. D. B.; Maraqa, M. A.; Chowdhury, R.; Mauga, T.; & Alzard, M. (2020). Greenhouse gas emissions associated with road transport projects: current status, benchmarking, and assessment tools. *Transportation Research Procedia*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.261>
- Aliha, M. R. M.; Ziari, H.; Mojaradi, B.; & Sarbijan, M. J. (2020). Modes I and II stress intensity factors of semi-circular bend specimen computed for two-phase aggregate/mastic asphalt mixtures. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2019.102437>
- Antwi, S. K.; & Hamza, K. (2015). Qualitative and Quantitative Research Paradigms in Business Research: A Philosophical Reflection. *European Journal of Business and Management*.
- Balbo, J. T. (2015). *Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração*. São Paulo, Editora Oficina de Textos,
- Behnke, R.; Wollny, I.; Hartung, F.; & Kaliske, M. (2019). Thermo-mechanical finite element prediction of the structural long-term response of asphalt pavements subjected to periodic traffic load: Tire-pavement interaction and rutting. *Computers & Structures*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2019.04.003>
- Behnood, A.; & Gharehveran, M. M. (2019). Morphology, rheology, and physical properties of polymer-modified asphalt binders. *European Polymer Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.10.049>



- Bishop, C. D.; Leite, W. L.; & Snyder, P. A. (2018). Using Propensity Score Weighting to Reduce Selection Bias in Large-Scale Data Sets. *Journal of Early Intervention*. DOI: <https://doi.org/10.1177/1053815118793430>
- Bouras, Y.; Zorica, D.; Atanacković, T. M.; & Vrcelj, Z. (2018). A non-linear thermo-viscoelastic rheological model based on fractional derivatives for high temperature creep in concrete. *Applied Mathematical Modelling*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.11.028>
- Branco, J. E. H.; Bartholomeu, D. B.; Junior, P. N. A.; & Caixeta-Filho, J. V. (2022). Evaluation of the economic and environmental impacts from the addition of new railways to the Brazilian's transportation network: An application of a network equilibrium model. *Transport Policy*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.03.011>
- Brasil. (2017). *Portaria nº 1.977/2017*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/documentos/Portaria1977.2017DGProdutosasflicos.pdf>
- Brasileiro, L.; Moreno-Navarro, F.; Tauste-Martínez, R.; Matos, J.; & Rubio-Gámez, M.d.C. (2019). Reclaimed Polymers as Asphalt Binder Modifiers for More Sustainable Roads: A Review. *Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11030646>
- Bustillo Revuelta, M. (2021). *Bituminous Materials*. In: *Construction Materials*. Editora Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-65207-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-65207-4_14)
- Callejas, I. J. A.; Durante, L. C.; & Rosseti, K. de A. C. (2015). Pavimentação Asfáltica: Contribuição no Aquecimento de Áreas Urbanas. *ES Engineering and Science*. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES201532555>
- Chen, Y.; Cen, G.; & Cui, Y. (2018). Comparative analysis on the anti-wheel impact performance of steel fiber and reticular polypropylene synthetic fiber reinforced airport pavement concrete under elevated temperature aging environment. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.175>
- CNT. (2017). *AC: custo operacional do transporte é o mais elevado do Brasil*. Confederação Nacional do Transporte, Brasília. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/acre-maior-custo-operacional-rodovias-pesquisa>
- CNT. (2019). *Transporte rodoviário: impactos da qualidade do asfalto sobre o transporte rodoviário*. Confederação Nacional do Transporte, Brasília. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/5fc9d21e-0498-4df0-8973-acba587ee907.pdf>
- CNT. (2021). *Pesquisa CNT de Rodovias 2021*. Confederação Nacional do Transporte, Brasília. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/mapas/downloads>
- Costa, F. G.; Caixeta Filho, J. V.; & Arima, E. (2019). Influence of Transportation on the use of the Land: Viabilization Potential of Soybean Production in Legal Amazon Due to the Development of the Transportation Infrastructure. *Revista de Economia e Sociologia Rural*.
- Crescenzi, R.; Di Cataldo, M.; & Rodríguez-Pose, A. (2016). Government Quality and The Economic Returns of Transport Infrastructure Investment in European Regions. *Journal of Regional Science*. DOI: <https://doi.org/10.1111/jors.12264>
- Dołżycki, B.; & Jaskała, P. (2019). Review and evaluation of cold recycling with bitumen emulsion and cement for rehabilitation of old pavements. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.02.002>
- Filho, P. B.; Raymundo, H.; Machado, S. T.; Leite, A. R. C. A. P.; & Sacomano, J. B. (2016). Configurations of Tire Pressure on The Pavement for Commercial Vehicles: Calculation of The 'N' Number And The Consequences On Pavement Performance. *Independent Journal of Management & Production*. DOI: <https://doi.org/10.14807/ijmp.v7i5.419>
- Flores, G.; Gallego, J.; Giuliani, F.; & Autelitano, F. (2018). Aging of asphalt binder in hot pavement rehabilitation. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.216>
- Garber, N. J.; & Hoel, L. A. (2019). *Traffic and Highway Engineering*. Editora Cengage Learning, 5ª edição.
- Gedik, A. (2020). A review on the evaluation of the potential utilization of construction and demolition waste in hot mix asphalt pavements. *Resources, Conservation and Recycling*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104956>
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. Editora Atlas; 7ª edição.
- Glock, C. H.; Grosse, E. H.; & Ries, J. M. (2017). Decision support models for supplier development: Systematic literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.08.0251>
- Gonçalves, M. C.; & Margarido, F. (2015). *Materials for Construction and Civil Engineering: Science, Processing, and Design*. Editora Springer Cham. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08236-3>
- González, A.; Norambuena-Contreras, J.; Storey, L.; Schlangen, E. (2018). Self-healing properties of recycled asphalt mixtures containing metal waste: An approach through microwave radiation heating. *Journal of Environmental Management*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.001>
- Guo, F.; Pei, J.; Zhang, J.; Xue, B.; Sun, G.; & Li, R. (2020). Study on the adhesion property between asphalt binder and aggregate: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119474>
- Hayes, S.; Desha, C.; Burke, M.; Gibbs, M.; & Chester, M. (2019). Leveraging socio-ecological resilience theory to build climate resilience in transport infrastructure. *Transport Reviews*. DOI: <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1612480>
- Holguín-Veras, J.; Aros-Vera, F.; & Browne, M. (2015). Agent interactions and the response of supply chains to pricing and incentives. *Economics of Transportation*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2015.04.002>

- Hu, M.; Sun, D.; Zhang, Y.; Yu, F.; Lu, T.; Sun, G.; & Ma, J. (2020). Evaluation of weathering aging on resistance of high viscosity modified asphalt to permanent deformation and fatigue damage. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120683>
- IBGE. (2021). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Amazônia Legal*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=acesso-ao-produto>
- Jahanian, H. R.; Shafabakhsh, G.; & Divandari, H. (2017). Performance evaluation of Hot Mix Asphalt (HMA) containing bitumen modified with Gilsonite. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.069>
- Kirbaş, U.; & Karaşahin, M. (2016). Performance models for hot mix asphalt pavements in urban roads. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.118>
- Kirschbaum, D.; & Stanley, T. (2018). Satellite-Based Assessment of Rainfall-Triggered Landslide Hazard for Situational Awareness. *Earth's Future*. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017EF000715>
- Kogbara, R. B.; Masad, E. A.; Kassem, E.; Scarpas, A. T.; & Anupam, K. (2016). A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.002>
- Lana, R. M.; Gomes, M. F. C.; Lima, T. F. M.; Honório, N. A.; & Codeço, C. T. (2017). The introduction of dengue follows transportation infrastructure changes in the state of Acre, Brazil: A network-based analysis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006070>
- Liang, F.; Sauceau, M.; Dusserre, G.; Dirion, J.; & Arlabosse, P. (2018). Modelling of the rheological behavior of mechanically dewatered sewage sludge in uniaxial cyclic compression. *Water Research*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.016>
- Linnenluecke, M. K.; Marrone, M.; & Singh, A. K. (2019). Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*. DOI: <https://doi.org/10.1177/0312896219877678>
- Ma, F.; Dong, W.; Fu, Z.; Wang, R.; Huang, Y.; & Liu, J. (2021). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from asphalt pavement maintenance: A case study in China. *Journal of Cleaner Production*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125595>
- Navarrete, C.; Guimarães, A. C. R.; Marques, M. E. S.; Castro, C. D.; & Toulkeridis, T. (2022). Resistance to Fatigue in Asphalts Used in Military Airports of the Brazilian Amazon through the Use of Nickel-Holding Ash. *Applied Sciences*. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12189134>
- Nithin, S.; Rajagopal, K.; & Veeraragavan, A. (2015). State-of-the Art Summary of Geosynthetic Interlayer Systems for Retarding the Reflective Cracking. *Indian Geotechnical Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40098-015-016>
- Nwakaire, M. C.; Yap, S. P.; Onn, C. C.; Yuen, C. W.; & Ibrahim, H. A. (2019). Utilisation of recycled concrete aggregates for sustainable highway pavement applications; a review. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117444>
- Ouyang, J.; Sun, Y.; & Zarei, S. (2020). Fabrication of solvent-free asphalt emulsion prime with high penetrative ability. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117020>
- Oyenuga, A. A.; & Bhamidimarri, R. (2017). Upcycling ideas for Sustainable Construction and Demolition Waste Management: Challenges, Opportunities and Boundaries. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. DOI: <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2017.0603187>
- Pereira, B. R.; & Pinheiro, E. C. N. M. (2021). Flexible Pavement Analysis - Study of a critical stretch on the AM highway - 010. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.86.25>
- Pereira, P.; & Pais, J. (2017). Main flexible pavement and mix design methods in Europe and challenges for the development of an European method. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2017.06.001>
- Pilger, J. D.; Machado, Ê. L.; Lawisch-Rodriguez, A. A.; Zappe, A. L.; & Rodriguez-Lopez, D. A. (2020). Environmental impacts and cost overrun derived from adjustments of a road construction project setting. *Journal of Cleaner Production*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120731>
- Piracelli, V. P.; Amador, I. R.; Sabino, F. C.; Pinto, J. P.; Silva Jr, C. R.; & Solci, M. C. (2020). Emissões de poluentes atmosféricos em condições reais de pavimentação asfáltica: material particulado, black carbon e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. *Química Nova*. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170509>
- Prajogo, D., Oke, A.; & Olhager, J. (2016). Supply chain processes: Linking supply logistics integration, supply performance, lean processes and competitive performance. *International Journal of Operations & Production Management*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2014-0129>
- Qiao, Y.; Santos, J.; Stoner, A. M. K.; & Flinisch, G. (2019). Climate change impacts on asphalt road pavement construction and maintenance: An economic life cycle assessment of adaptation measures in the State of Virginia, United States. *Journal of Industrial Ecology*. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.12936>
- Qiao, Y.; Dawson, A. R.; Parry, T.; Flinisch, G.; & Wang, W. (2020). Flexible Pavements and Climate Change: A Comprehensive Review and Implications. *Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12031057>
- Queiroz, R. C. (2019). *Introdução à engenharia civil: história, principais áreas e atribuições da profissão*. Brasil, Editora Blucher.
- Rafiq, W.; Musarat, M. A.; Altaf, M.; Napiyah, M.; Sutanto, M. H.; Alaloul, W. S.; Javed, M. F.; & Mosavi, A. (2021). Life Cycle Cost Analysis Comparison of Hot Mix Asphalt and Reclaimed Asphalt Pavement: A Case Study. *Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13084411>
- Rashid, Y.; Rashid, A.; Warraich, M. A.; Sabir, S. S.; & Waseem, A. (2019). Case Study Method: A Step-by-Step Guide for Business Researchers. *International Journal of Qualitative Methods*. DOI: <https://doi.org/10.1177/16094069198624>

- Sangiorgi, C.; Tataranni, P.; Simone, A.; Vignali, V.; Lantieri, C.; & Dondi, G. (2017). A laboratory and field evaluation of Cold Recycled Mixture for base layer entirely made with Reclaimed Asphalt Pavement. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.004>
- Santos, J.; Bryce, J.; Flintsch, G.; & Ferreira, A. (2015). A comprehensive life cycle costs analysis of in-place recycling and conventional pavement construction and maintenance practices. *International Journal of Pavement Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10298436.2015.1122190>
- Santos, J.; Ferreira, A.; & Flintsch, G. (2014). A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework. *International Journal of Pavement Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10298436.2014.942861>
- Siddaway, A. P.; Wood, A. M.; & Hedges, L. V. (2018). How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annual Review of Psychology*. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>
- Silva, J. A. A.; Lucena, L. C. F. L.; Rodrigues, J. K. G.; Carvalho, M. W.; & Costa, D. B. (2015). Use of Micronized Polyethylene Terephthalate (Pet) Waste in Asphalt Binder. *Petroleum Science and Technology*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10916466.2015.1079538>
- Sivagnanasantharam, S.; Sountharajah, A.; Ghorbani, J.; Bodin, D.; & Kodikara, J. (2021). A state-of-the-art review of compaction control test methods and intelligent compaction technology for asphalt pavements. *Road Materials and Pavement Design*. DOI: <https://doi.org/10.1080/14680629.2021.2015423>
- Soliani, R. D. (2021). Brazilian Road Freight Transportation Sector: The Challenge of Sustainability. *Journal of Traffic and Logistics Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.18178/jtle.9.2.32-41>
- Soliani, R. D. (2022). Logistics and Transportation in Brazilian Agribusiness: The Flow of Grain Production. *Journal of Economics, Business and Management*. DOI: <https://doi.org/10.18178/joebm.2022.10.3.701>
- Staal, A.; Tuinenburg, O. A.; Bosmans, J. H. C.; Holmgren, M.; Nes, E. H.; Scheffer, M.; Zemp, D. C.; & Dekker, S. C. (2018). Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Climate Change*. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0177-y>
- Tarsi, G.; Tataranni, P.; & Sangiorgi, C. (2020). The Challenges of Using Reclaimed Asphalt Pavement for New Asphalt Mixtures: A Review. *Materials*. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13184052>
- Tauste, R.; Moreno-Navarro, F.; Sol-Sánchez, M.; & Rubio-Gámez, M. C. (2018). Understanding the bitumen ageing phenomenon: A review. *Construction and Building Materials*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.169>
- Thomé, A. M. T.; Scavarda, L. F.; & Scavarda, A. J. (2016). Conducting systematic literature review in operations management. *Production Planning & Control: The Management of Operations*. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1129464>
- Yang, R.; Kang, S.; Ozer, H.; & Al-Qadi, I. L. (2015). Environmental and economic analyses of recycled asphalt concrete mixtures based on material production and potential performance. *Resources, Conservation and Recycling*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.08.014>
- Yin, R. K. (2014). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Editora Bookman; 5ª edição.
- Zalnezhad, M.; & Hesami, E. (2020). Effect of steel slag aggregate and bitumen emulsion types on the performance of microsurfacing mixture. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.12.005>