



CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTOS E SEUS IMPACTOS MULTIDIMENSIONAIS: ESTUDO DE CASO E MEDIDAS COMPENSATÓRIAS

Mario Vinicio Garcia¹

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Campus Maringá-PR, Centro Universitário FEITEP - UNIFEITEP.
mariovinigarcia@gmail.com

RESUMO

A construção de pavimentos representa um dos pilares da infraestrutura urbana moderna, sendo essencial para garantir a mobilidade, o escoamento da produção e a integração territorial. No entanto, sua implementação está associada a uma série de impactos negativos que afetam o meio ambiente, a sociedade e a economia local. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar criticamente os principais efeitos gerados por obras de pavimentação, propondo medidas de mitigação que conciliem progresso técnico com responsabilidade socioambiental. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os impactos típicos dessas intervenções e adotado um estudo de caso aplicado à duplicação da Avenida Carlos Correa Borges, no município de Maringá-PR. A análise revelou que os impactos ambientais mais recorrentes incluem a supressão da vegetação nativa, o assoreamento de corpos hídricos, o aumento da poluição atmosférica e sonora, bem como a fragmentação de habitats. No aspecto social, identificam-se transtornos como a desapropriação de imóveis, alterações na dinâmica urbana e o comprometimento da qualidade de vida de comunidades próximas. Economicamente, verificam-se prejuízos aos comerciantes locais e gastos públicos elevados, em parte devido à ausência de planejamento prévio. Entre as medidas mitigadoras destacam-se a contratação de mão de obra local, a criação de parques como compensação social, o manejo da fauna silvestre, a implementação de passagens verdes e a elaboração de acordos fiscais para apoio às populações impactadas. Conclui-se que o sucesso de obras de pavimentação está diretamente relacionado à sua capacidade de integrar variáveis ambientais, sociais e econômicas desde a fase de projeto. A adoção de práticas sustentáveis e o planejamento intersetorial são fundamentais para garantir a efetividade dessas intervenções, tornando-as instrumentos de desenvolvimento equilibrado, inclusivo e ambientalmente responsável.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentação urbana; Impactos ambientais; Sustentabilidade; Planejamento urbano; Medidas mitigadoras.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das sociedades modernas está intrinsecamente ligado à criação de infraestruturas viárias que possibilitem a circulação de pessoas, bens e serviços. Desde a Antiguidade, as estradas têm desempenhado papel estratégico no domínio territorial, comercial e político. Os romanos, por exemplo, aperfeiçoaram as primeiras vias criadas pelos chineses ao incorporar técnicas como drenagem e pavimentação, permitindo maior durabilidade e conectividade entre regiões distantes. Com o passar dos séculos, a engenharia rodoviária se consolidou como pilar estruturante das nações, especialmente em contextos urbanos em expansão (Adepoju, 2021; PANG *et al.*, 2024).

Atualmente, a pavimentação assume função primordial não apenas no escoamento da produção econômica e na integração territorial, mas também na elevação da qualidade de vida da população. A melhoria das condições viárias resulta em tráfego mais seguro, menor desgaste dos veículos, redução do tempo de deslocamento e incremento do conforto urbano. No entanto, apesar dos inúmeros benefícios, esse tipo de obra civil acarreta uma série de impactos que transcendem o campo técnico, afetando aspectos sociais, ambientais e econômicos (Lima & Silva, 2023).



Os impactos gerados pelas obras de pavimentação envolvem desde a extração intensiva de recursos naturais, como minerais e combustíveis fósseis, até a supressão da vegetação nativa, emissão de poluentes atmosféricos e geração de resíduos sólidos. Ainda que essas obras sejam necessárias ao progresso, há uma crescente exigência por parte da sociedade e dos órgãos reguladores para que sejam executadas dentro dos princípios da sustentabilidade ambiental e do planejamento urbano responsável (Xu *et al.*, 2021; Bocci, 2022).

No Brasil, a avaliação do ciclo de vida (ACV), ferramenta recomendada para mensurar os impactos ambientais de produtos e processos, ainda é pouco aplicada no setor de pavimentação. A maioria dos empreendimentos viários privilegia critérios técnicos e econômicos, negligenciando variáveis ambientais que poderiam influenciar significativamente na escolha de materiais, métodos construtivos e traçados. Isso difere de países como Suíça, Inglaterra e Estados Unidos, onde a ACV já é integrada à fase de planejamento de obras públicas (Fathollah & Coupe, 2021).

Além das questões ambientais, as interferências sociais geradas por essas obras são igualmente relevantes. Interdições viárias, desapropriações, poluição sonora e atmosférica, entre outros transtornos, impactam diretamente o cotidiano das comunidades envolvidas. Assim, torna-se essencial prever estratégias de mitigação e compensação, alinhando o avanço da infraestrutura com a preservação do bem-estar coletivo (Khanani *et al.*, 2021).

Nesse contexto, este artigo propõe uma análise crítica dos impactos gerados pela construção de pavimentos, com ênfase nas dimensões ambiental, social e econômica. A partir de uma revisão bibliográfica e de um estudo de caso aplicado à duplicação da Avenida Carlos Correia Borges, na cidade de Maringá-PR, buscou-se compreender os efeitos colaterais dessa intervenção urbana, bem como identificar medidas viáveis para sua mitigação ou eliminação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A infraestrutura viária tem sido, historicamente, um dos pilares do desenvolvimento das civilizações. Desde as estradas romanas até as modernas rodovias urbanas e rurais, a construção de pavimentos representa não apenas um avanço logístico e econômico, mas também um reflexo das prioridades sociais de cada época. Atualmente, em um cenário marcado por urbanização acelerada, aumento da frota de veículos e demanda crescente por mobilidade, as obras de pavimentação se consolidam como intervenções estratégicas para garantir conectividade e acesso aos bens e serviços essenciais da vida moderna (Vijayakumar *et al.*, 2022; Borgat, 2022).

Entretanto, apesar dos inegáveis benefícios que proporcionam, essas obras acarretam uma série de impactos negativos, sobretudo quando executadas sem planejamento adequado e sem consideração pelos aspectos ambientais e sociais. A modificação do uso do solo, a supressão da vegetação nativa, a poluição do ar e da água, bem como os transtornos à população local, são algumas das consequências frequentemente observadas nesse tipo de intervenção. Tais questões têm motivado debates técnicos e acadêmicos sobre a necessidade de adotar abordagens mais sustentáveis e integradas, capazes de mitigar os danos e maximizar os resultados positivos das obras de pavimentação (Mohamed *et al.*, 2022).

A construção de rodovias, em suas fases de implantação e operação, provoca uma série de impactos ambientais, sociais e econômicos que merecem atenção cuidadosa. Por se tratar de uma atividade de grande porte e complexidade, os efeitos adversos associados



a essas obras podem se manifestar em diferentes escalas, desde o entorno imediato até regiões mais amplas. No âmbito ambiental, destacam-se a degradação do solo, a supressão da vegetação nativa, a alteração dos cursos d'água e o aumento da poluição atmosférica, causada tanto pela emissão de poeira oriunda das atividades de terraplenagem quanto pelos gases tóxicos liberados pelos materiais utilizados, como os ligantes asfálticos (Kazama, 2021). Socialmente, a implantação de rodovias costuma gerar transtornos para as comunidades locais, como a interdição temporária de vias para o trânsito de maquinário pesado e o conseqüente desvio de rotas, o que pode dificultar o acesso a residências, comércios e serviços essenciais. Esses fatores, por sua vez, impactam negativamente o comércio local e a rotina da população, contribuindo para desconfortos e perdas econômicas. Dessa forma, o planejamento e a execução dessas obras demandam estratégias integradas que minimizem os impactos, garantindo a sustentabilidade ambiental e o bem-estar das comunidades afetadas (Jiang *et al.*, 2022; Hjort *et al.*, 2022).

Diversos impactos negativos podem ser observados ao longo do processo construtivo, tais como: intensificação de ruídos, emissões gasosas e particuladas, processos erosivos, carreamento de sedimentos e conseqüente assoreamento de corpos hídricos. Além disso, ocorrem interferências diretas na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, alterações nos cursos d'água com efeitos sobre os ecossistemas aquáticos, deposição irregular de resíduos, supressão de vegetação nativa, fragmentação de habitats, barreiras à fauna local e até mesmo risco de introdução de espécies invasoras (Da rocha *et al.*, 2022). Tais alterações comprometem a biodiversidade, contribuem para o isolamento genético de populações animais, elevam o risco de atropelamentos de fauna silvestre e propiciam o surgimento de vetores patogênicos. Outras conseqüências incluem a disseminação de doenças em comunidades tradicionais, incentivo à extração ilegal de recursos naturais, desmatamento, queimadas e especulação fundiária (Rocha *et al.*, 2022).

Um dos agentes poluentes frequentemente utilizados em obras de pavimentação é o querosene adicionado aos cimentos asfálticos. Esse composto, quando acidentalmente derramado sobre o solo, pode evaporar ou infiltrar-se, atingindo os lençóis freáticos e comprometendo a qualidade da água subterrânea. A taxa de biodegradação do querosene é variável e depende de fatores como clima, diluição e presença de microrganismos no ambiente. Em concentrações elevadas, pode levar à esterilidade do solo, o que justifica a necessidade de seu manuseio controlado e criterioso (Wei *et al.*, 2022; ZHANG; CHEN & GONG, 2024).

O aumento dos níveis de ruído constitui um dos impactos mais críticos associados às obras de infraestrutura viária. Durante a fase de construção, atividades como terraplenagem, corte de vegetação e operação de maquinário pesado geram emissões sonoras intensas e contínuas, que afetam diretamente não apenas os trabalhadores do canteiro de obras, mas também a população residente nas áreas vizinhas e a fauna silvestre. Os efeitos sobre os moradores incluem distúrbios no sono, aumento do estresse, irritabilidade e até problemas de saúde mais graves relacionados à exposição prolongada ao ruído (Mohamed *et al.*, 2022). No caso da fauna, a poluição sonora pode interferir nos mecanismos de comunicação, migração e reprodução de diversas espécies, especialmente daquelas mais sensíveis a alterações no ambiente acústico. Importa salientar que, mesmo após a finalização das obras, o tráfego constante de veículos transforma-se em uma fonte permanente de poluição sonora, perpetuando os impactos negativos sobre o ambiente e os habitantes da região. Diante disso, a adoção de medidas mitigadoras, como barreiras acústicas, controle de horários de operação e planejamento adequado do traçado viário, é



essencial para minimizar os danos associados à poluição sonora em contextos urbanos e rurais (Rocha *et al.*, 2022, Wei *et al.*, 2022).

Outro impacto recorrente refere-se à intensificação de processos erosivos, geralmente associados ao desmatamento e à movimentação de terra. Quando tais atividades são realizadas em áreas de alta declividade ou durante períodos chuvosos, há maior propensão ao carreamento de sedimentos, o que pode levar ao assoreamento de cursos d'água e ao comprometimento dos sistemas de drenagem. A abertura de vias, a instalação de alojamentos e a movimentação de equipamentos em grandes áreas expostas são fatores que contribuem diretamente para a degradação do solo e da cobertura vegetal (Robinah; Safiki & Thomas, 2022).

De acordo com o manual de construção Rodoviária, uma das etapas iniciais da obra é a retirada de obstáculos ao longo do traçado da estrada, incluindo árvores, vegetação rasteira, estruturas abandonadas e resíduos. Essa supressão, embora necessária, deve ser conduzida com critérios técnicos e legais bem definidos, de modo a minimizar os efeitos sobre a biodiversidade e os recursos hídricos. A infraestrutura de drenagem, por sua vez, é essencial para o adequado escoamento da água superficial. Sua ausência ou execução inadequada pode comprometer a durabilidade do pavimento, gerar alagamentos e causar prejuízos sanitários à população (Fathollah & Coupe, 2021).

A degradação do habitat natural representa um dos principais impactos ecológicos das obras rodoviárias. A circulação de trabalhadores, a presença de equipamentos pesados, os ruídos, a poeira e o acúmulo de resíduos comprometem o equilíbrio dos ecossistemas locais. Em regiões de mata nativa ou de reservas ambientais, esses impactos são especialmente críticos, podendo inclusive favorecer a proliferação de vetores de doenças, a partir de ambientes propícios criados nos canteiros de obra, jazidas, pedreiras e áreas de apoio como usinas de asfalto e centrais de britagem (Robinah; Safiki & Thomas, 2022).

Vale destacar que tais impactos não se restringem às rodovias em si, mas também se estendem a outras obras de infraestrutura urbana, como a implantação de avenidas, loteamentos e vias de acesso em áreas já densamente habitadas. Essas intervenções, ao alterarem significativamente o uso e a ocupação do solo, podem desencadear transformações profundas na dinâmica socioambiental local. Entre os efeitos observados estão o deslocamento de comunidades, a fragmentação de ecossistemas urbanos, o aumento da impermeabilização do solo e a sobrecarga dos sistemas de drenagem e saneamento. Além disso, modificações no tráfego, no acesso a serviços públicos e na paisagem urbana podem gerar conflitos sociais e perdas culturais, especialmente em regiões onde há pouca participação comunitária no processo de planejamento. Por isso, é fundamental que tais obras sejam conduzidas com base em estudos de impacto ambiental e social detalhados, que orientem decisões mais sustentáveis e inclusivas (Lima & Silva, 2023; Xu *et al.*, 2021).

Por outro lado, é inegável que a construção de estradas pode gerar benefícios significativos, como o fomento à produtividade agrícola, a atração de investimentos industriais e o estímulo ao comércio local. Segundo Rezende (2015), essas obras contribuem para a geração de empregos, aumento da arrecadação pública, melhoria na prestação de serviços e acesso facilitado a saúde, educação e transporte. O desafio, portanto, reside em equilibrar o progresso técnico-econômico com a preservação ambiental e o respeito às comunidades impactadas (Sackey *et al.*, 2023).



3 ESTUDO DE CASO: AVENIDA CARLOS CORREIA BORGES, MARINGÁ/PR

Dentre os métodos qualitativos de investigação aplicados à engenharia civil e ao planejamento urbano, o estudo de caso se destaca como uma estratégia metodológica robusta para compreender, em profundidade e no contexto real, os impactos de projetos de infraestrutura. Segundo Yin (2015), o estudo de caso é particularmente apropriado quando o pesquisador busca responder às perguntas "como" e "por que", e quando há pouca possibilidade de controle sobre os eventos estudados. Trata-se de uma abordagem que permite a análise abrangente de fenômenos complexos a partir de múltiplas fontes de evidência, como documentos, entrevistas, observações diretas e dados físicos. Neste capítulo, adota-se o estudo de caso único com unidade incorporada de análise, conforme classificação proposta por Yin (2015), tendo como objeto a duplicação da Avenida Carlos Correa Borges, no município de Maringá, Paraná. A seleção desse caso foi orientada pela lógica do caso revelador, uma vez que a obra proporciona uma oportunidade singular de examinar, sob múltiplas dimensões técnica, econômica, social e ambiental os desafios e os aprendizados associados à implementação de obras públicas urbanas.

A investigação será conduzida por meio de uma descrição técnica detalhada do projeto, identificação dos principais impactos observados durante a execução e avaliação das medidas mitigadoras adotadas (ou negligenciadas). Em consonância com Yin (2015), serão utilizadas diferentes fontes de evidência incluindo registros técnicos, imagens documentais e análise de normativas urbanísticas para garantir a validade do construto e a triangulação das informações. Com base nessa abordagem metodológica, busca-se não apenas compreender os efeitos diretos e indiretos da intervenção urbana, mas também propor reflexões críticas e recomendações que possam subsidiar decisões mais eficazes e sustentáveis em futuros projetos de características similares. Assim, o estudo de caso torna-se uma ferramenta de aprendizado institucional, permitindo o avanço do conhecimento aplicado à engenharia urbana sob uma perspectiva interdisciplinar e contextualizada.

A duplicação da Avenida Carlos Correa Borges compreendeu a ampliação de sua seção transversal para uma faixa de 36 metros de largura. O projeto incluiu duas pistas de rolamento com 9 metros cada, englobando faixas de estacionamento, além de um canteiro central com 8 metros de largura, destinado à implantação de ciclovia e áreas ajardinadas. Calçadas laterais também foram construídas para garantir a circulação de pedestres, e semáforos foram instalados nos principais cruzamentos, viabilizando a travessia segura e a organização do fluxo viário. O traçado contempla ainda a criação de retornos e binários para acesso às vias paralelas, promovendo maior fluidez ao tráfego local. A Figura 1 ilustra a localização geográfica da avenida e o trecho contemplado pelo projeto de duplicação.

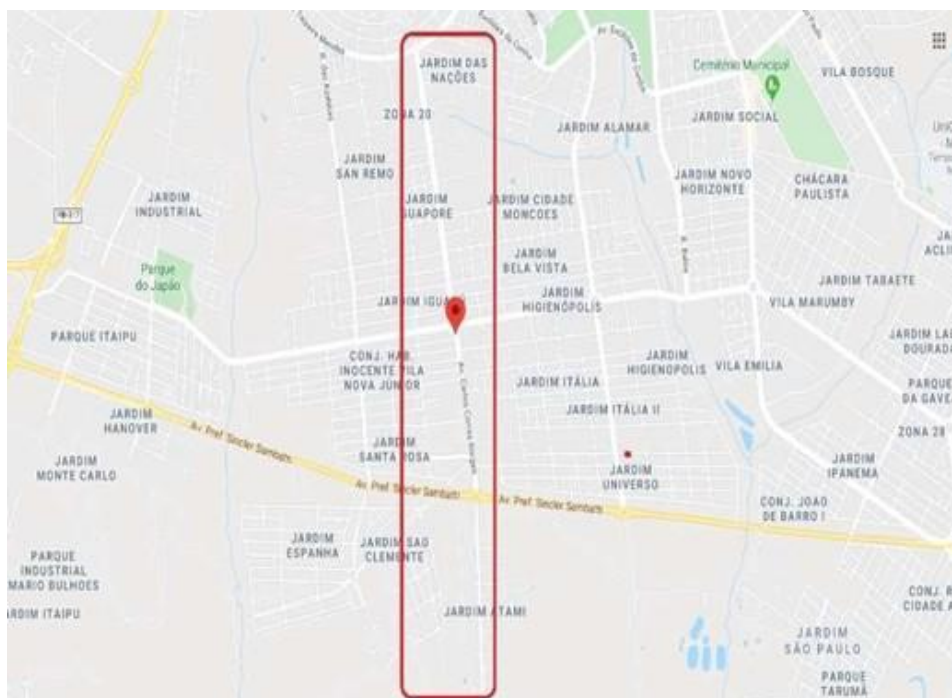


Figura 1: Mapa da avenida Carlos Correia Borges em Maringá-PR
Fonte: Google Maps (2021).

Para viabilizar essa expansão, foram desapropriados 28 lotes, totalizando um investimento de R\$ 7,2 milhões apenas nessa etapa, dentro de um orçamento total de R\$ 12,021 milhões. A execução da obra teve duração aproximada de 15 meses, embora tenha enfrentado entraves judiciais decorrentes de discordâncias nos processos de desapropriação e outros obstáculos técnicos não previstos inicialmente. Apesar da relevância da intervenção no contexto urbano, a duplicação da avenida evidenciou uma série de impactos negativos que comprometem sua avaliação final quanto à eficácia ambiental, social e técnica da obra. A Figura 2 apresenta uma imagem da avenida após a conclusão da duplicação, evidenciando suas características físicas e estruturais.



Figura 2: Foto da avenida Carlos Correia Borges em Maringá-PR
Fonte: Prefeitura de Maringá (2021).



Um dos primeiros pontos críticos identificados foi o descumprimento das diretrizes viárias previamente estabelecidas, resultando em construções irregulares em áreas destinadas à expansão da avenida. Esse erro urbanístico levou à necessidade de desapropriações onerosas, que comprometeram aproximadamente 60% do valor total do investimento. Tal situação poderia ter sido evitada com fiscalização mais rigorosa e com a aplicação prévia dos instrumentos legais de controle territorial. Outro aspecto que gerou complicações foi a identificação tardia de redes subterrâneas, como sistemas de esgoto, água potável, energia elétrica e dados, que não estavam completamente mapeados. A ausência dessa compatibilização prévia resultou em atrasos, custos adicionais não previstos e, em alguns casos, na interrupção temporária de serviços essenciais à população.

O aumento da área impermeabilizada da via ocasionou elevação significativa da vazão de águas pluviais, que passou a ser direcionada aos corpos hídricos locais o córrego Cleópatra e o Ribeirão Pinguim, sem a previsão inicial de dissipadores de energia adequadamente dimensionados. Essa deficiência de planejamento hidráulico elevou o risco de erosão nas margens dos cursos d'água, exigindo intervenções corretivas após a execução. Além disso, o projeto não considerou previamente a necessidade de remanejamento da rede de abastecimento de água, o que ocasionou interrupções no fornecimento e aumento do custo operacional, reforçando a importância de um planejamento integrado entre engenharia civil e concessionárias de serviço público.

Durante a obra, também foram constatados impactos socioambientais relevantes. A população do entorno foi afetada pelo aumento da poeira e do ruído, comuns em obras desse porte. Para mitigar esses efeitos, seriam recomendáveis ações como a utilização regular de caminhões-pipa e a limitação das atividades mais ruidosas aos horários comercialmente estabelecidos, de modo a preservar os períodos de descanso da comunidade. No tocante ao meio ambiente, a intervenção demandou a supressão de vegetação nativa em áreas de fundo de vale, principalmente nas margens dos cursos d'água onde foram implantados os emissários e dissipadores de energia. Como forma de compensação ambiental, tornou-se necessário o reflorestamento em proporção mínima de dez árvores plantadas para cada espécime removida, em conformidade com as normativas municipais.

Outro ponto importante refere-se ao descarte inadequado do revestimento asfáltico anterior, que foi totalmente removido durante a duplicação. O reaproveitamento desse material, conhecido como RAP (*Recycled Asphalt Pavement*), é uma prática recomendada tanto por critérios ambientais quanto econômicos. Sua aplicação nas novas camadas do pavimento teria contribuído para a redução do volume de resíduos descartados e para a diminuição dos custos de execução. A ausência dessa prática demonstra uma oportunidade desperdiçada na incorporação de tecnologias sustentáveis no projeto.

Por fim, a redução da largura das calçadas e a alteração da declividade transversal dos passeios após a duplicação comprometeram a acessibilidade, infringindo os parâmetros estabelecidos pela NBR 9050. Esse aspecto, frequentemente negligenciado, impacta diretamente a mobilidade de pessoas com deficiência ou com restrições de locomoção. A inadequação poderia ter sido evitada ainda na fase de projeto, com a adoção de soluções arquitetônicas compatíveis com as normas técnicas vigentes.

Em síntese, a duplicação da Avenida Carlos Correa Borges representa um exemplo ilustrativo dos desafios enfrentados pelas administrações públicas na execução de obras de pavimentação urbana. Embora a intervenção tenha promovido avanços na mobilidade e na conectividade da região, os problemas detectados ao longo do processo evidenciam a importância de um planejamento técnico mais rigoroso, da integração entre setores



envolvidos e da adoção de práticas construtivas ambientalmente responsáveis. Tais aspectos são fundamentais para que os benefícios dessas obras não sejam comprometidos por falhas evitáveis de execução e gestão.

4 RESULTADOS E DISCOSSÕES

A avaliação crítica das medidas mitigadoras identificadas no estudo de caso da duplicação da Avenida Carlos Correa Borges, em Maringá-PR, evidencia que as obras de pavimentação apresentam um conjunto de desafios que só podem ser adequadamente enfrentados por meio de uma abordagem integrada e multidimensional. A análise a seguir está organizada segundo as dimensões ambiental, social e econômica, de modo a atender à necessidade de clareza e aplicabilidade prática apontada pelos revisores.

4.1 DIMENSÃO AMBIENTAL

A dimensão ambiental é a que mais concentra impactos negativos em obras de pavimentação, envolvendo desde a supressão da vegetação nativa até a alteração do regime hídrico e a poluição atmosférica. Como apontam Mohamed et al. (2022), a negligência em planejar medidas mitigadoras pode resultar em desequilíbrios duradouros para os ecossistemas.

Entre as principais estratégias destacam-se:

- Reflorestamento compensatório: a exigência de plantar dez árvores para cada espécime removida, já prevista na legislação municipal, não deve ser interpretada apenas como cumprimento legal, mas como uma oportunidade de recompor corredores ecológicos e ampliar a cobertura verde urbana, o que contribui para reduzir ilhas de calor e melhorar a qualidade do ar (Fathollahi & Coupe, 2021).
- Planos de manejo da fauna silvestre: medidas como a relocação de espécies e a instalação de ecodutos têm potencial de reduzir os efeitos da fragmentação de habitats. Robinah, Safiki e Thomas (2022) destacam que a ausência desses dispositivos gera aumento da mortalidade da fauna por atropelamentos e perda de diversidade genética.
- Gestão de resíduos e reciclagem: o não aproveitamento do material fresado (RAP) na obra analisada ilustra uma oportunidade perdida. Xu et al. (2021) demonstram que o uso de plástico e borracha reciclada em misturas asfálticas pode reduzir não apenas resíduos sólidos, mas também custos e emissões associadas à produção de insumos.
- Controle da drenagem e erosão: no caso da Avenida Carlos Correa Borges, a falta de dissipadores adequados aumentou a erosão nos corpos hídricos receptores. Soluções como bacias de retenção, dispositivos dissipadores e revestimentos vegetais poderiam ter prevenido esses efeitos, conforme recomendações de Kazama (2021).

Assim, observa-se que a dimensão ambiental deve ser tratada como eixo estruturante do planejamento, e não apenas como um conjunto de medidas corretivas após a execução da obra.

4.2 DIMENSÃO SOCIAL

O aspecto social envolve tanto os impactos diretos sobre a população do entorno quanto os benefícios potenciais que podem ser ampliados com a adoção de medidas



adequadas. Obras de infraestrutura, quando mal planejadas, geram transtornos como desapropriações, aumento do ruído, dispersão de poeira e perda de acessibilidade — fatores que afetam a qualidade de vida das comunidades (Rocha et al., 2022).

Entre as principais estratégias observadas e propostas estão:

- Contratação de mão de obra local: medida que promove inclusão social e dinamiza a economia das comunidades impactadas. Sackey et al. (2023) identificaram que essa prática aumenta o engajamento comunitário e reduz resistências ao projeto.
- Espaços públicos compensatórios: parques e áreas de lazer são contrapartidas sociais importantes, especialmente em regiões em que a pavimentação reduz áreas verdes ou espaços de convivência. Vijayakumar et al. (2022) argumentam que tais iniciativas fortalecem a coesão social e o bem-estar urbano.
- Acessibilidade universal: a não observância da NBR 9050 na obra analisada expôs limitações de mobilidade para pessoas com deficiência, revelando a importância de alinhar projetos às diretrizes de inclusão. A falta desse cuidado não é apenas uma falha técnica, mas uma violação de direitos sociais.
- Controle dos impactos temporários: ações simples, como o uso de caminhões-pipa para reduzir poeira e o respeito a horários para execução de atividades ruidosas, podem reduzir significativamente o desconforto da população, como já evidenciado por Mohamed et al. (2022).

Portanto, os impactos sociais não podem ser considerados como efeitos colaterais inevitáveis, mas como variáveis centrais a serem gerenciadas de modo participativo e transparente, incorporando a comunidade ao processo de decisão.

4.3 DIMENSÃO ECONÔMICA

A dimensão econômica apresenta dupla face: de um lado, as obras viárias funcionam como catalisadoras do desenvolvimento, mas, de outro, geram custos elevados e externalidades negativas para moradores e comerciantes. Como ressaltam Khanani et al. (2021), em áreas periurbanas, esses impactos são sentidos de forma mais intensa devido à fragilidade socioeconômica local.

Entre as medidas mitigadoras mais relevantes estão:

- Acordos fiscais temporários: a concessão de isenções tributárias a comerciantes afetados ajuda a reduzir perdas financeiras durante o período de execução. Trata-se de uma política pública de baixo custo em relação ao orçamento da obra, mas de alto impacto social positivo.
- Suporte logístico e financeiro: auxílio temporário em transporte e distribuição de mercadorias pode compensar as dificuldades de acesso geradas pela interdição de vias, mantendo a competitividade dos empreendimentos locais.
- Planejamento integrado: a ausência de compatibilização com concessionárias de serviços públicos gerou atrasos e custos adicionais no caso estudado. A integração entre engenharia civil, concessionárias e prefeituras é fundamental para evitar retrabalhos, conforme apontado por Bocci (2022).
- Tecnologias sustentáveis e inovação digital: Jiang et al. (2022) destacam que o uso de *digital twins* em obras de infraestrutura permite simular cenários de custos e impactos em tempo real, aumentando a previsibilidade econômica e reduzindo desperdícios.

Dessa forma, a dimensão econômica não deve ser reduzida a um cálculo de custos diretos da obra, mas ampliada para considerar externalidades negativas e mecanismos de compensação.



4.4 INTEGRAÇÃO ENTRE AS DIMENSÕES

A análise do caso de Maringá confirma que o sucesso de obras de pavimentação está condicionado à integração entre os três pilares da sustentabilidade. A ausência de planejamento integrado gerou impactos ambientais (erosão, perda de biodiversidade), sociais (redução de acessibilidade, incômodos à população) e econômicos (custos adicionais por desapropriações e retrabalhos).

Segundo Lima & Silva (2023), intervenções urbanas que não consideram simultaneamente os fatores ambientais, sociais e econômicos tendem a gerar conflitos e sobrecarga nos sistemas locais de drenagem, saneamento e mobilidade. Já Pang et al. (2024) reforçam que a aplicação de tecnologias emergentes pode ampliar a eficiência e garantir maior robustez às análises. Portanto, evidencia-se que medidas mitigadoras planejadas desde a concepção do projeto têm maior chance de garantir eficácia prática e aceitação social, além de favorecerem a conservação ambiental e a viabilidade econômica.

5 CONCLUSÃO

A construção de pavimentos, embora essencial ao desenvolvimento urbano e à melhoria da mobilidade, traz consigo uma série de impactos que transcendem os aspectos puramente técnicos. Como demonstrado ao longo deste estudo, os efeitos ambientais, sociais e econômicos decorrentes dessas obras exigem atenção criteriosa desde a fase de planejamento, a fim de garantir intervenções sustentáveis e socialmente responsáveis. Ignorar tais variáveis pode resultar em prejuízos irreversíveis tanto à natureza quanto às comunidades afetadas.

Do ponto de vista ambiental, o trabalho evidenciou a importância da incorporação de ferramentas como a avaliação do ciclo de vida (ACV), bem como da adoção de práticas como o reuso de materiais, compensação florestal e estudo prévio da fauna e flora local. Tais ações são fundamentais para reduzir a fragmentação de habitats, preservar a biodiversidade e mitigar a poluição dos corpos hídricos, do solo e da atmosfera, promovendo maior equilíbrio entre a infraestrutura implantada e os ecossistemas naturais.

No âmbito social, a valorização da mão de obra local e a criação de espaços públicos compensatórios são estratégias eficazes para minimizar os efeitos negativos de obras que interfiram na dinâmica urbana ou em áreas de relevância histórica e cultural. Além disso, o respeito às normas de acessibilidade e a manutenção da qualidade de vida da população residente devem estar no centro das decisões técnicas que envolvem o traçado e a execução dos projetos de pavimentação.

Economicamente, a análise realizada reforça a necessidade de medidas de apoio à população afetada, especialmente comerciantes e moradores localizados no entorno das intervenções. A adoção de políticas públicas de compensação, como isenção de impostos e parcerias com governos locais, demonstra sensibilidade às externalidades econômicas geradas, fortalecendo a relação entre desenvolvimento e equidade social.

Dessa forma, conclui-se que a construção de pavimentos deve ser pautada por uma abordagem multidisciplinar e preventiva, que considere os impactos de forma integrada e proponha soluções viáveis e eficazes. Somente assim será possível promover um desenvolvimento urbano verdadeiramente sustentável, no qual a mobilidade e o progresso caminhem lado a lado com a preservação ambiental e o bem-estar das populações envolvidas.



REFERÊNCIAS

ADEPOJU, Olusegun Onifade. Analysis of road transportation infrastructure construction and maintenance for sustainable development in South-Western Nigeria. **Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics**, v. 6, n. 1, p. 49-58, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14254/jsdtl.2021.6-1.4>.

BOCCI, Edoardo. Sustainable pavement engineering and road materials. **Sustainability**, v. 14, n. 4, p. 2166, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14042166>.

BOGART, Dan. Infrastructure and institutions: lessons from history. **Regional Science and Urban Economics**, v. 94, p. 103626, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2020.103626>.

FATHOLLAHI, Alireza; COUPE, Stephen J. Life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC) of road drainage systems for sustainability evaluation: Quantifying the contribution of different life cycle phases. **Science of the Total Environment**, v. 776, p. 145937, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145937>.

HJORT, Jan; STRELETSKIY, Dmitry; DORÉ, Guy; WU, Qingbai; BJELLA, Kevin; LUOTO, Miska. Impacts of permafrost degradation on infrastructure. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 3, n. 1, p. 24–38, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00247-8>.

JIANG, Feng; MA, Ling; BROYD, Tim; CHEN, Weiya; LUO, Hanbin. Digital twin enabled sustainable urban road planning. **Sustainable Cities and Society**, v. 78, p. 103645, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103645>.

KAZAMA, Verônica Satomi; DALLA CORTE, Ana Paula; ROBERT, Renato Cesar Gonçalves; SANQUETTA, Carlos Roberto; ARCE, Julio Eduardo; OLIVEIRA-NASCIMENTO, Kauê Augusto; DEARMOND, Daniel. Global review on forest road optimization planning: support for sustainable forest management in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 492, p. 119159, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119159>.

KHANANI, Risper Sarah; ADUGBILA, Emmanuel Junior; MARTINEZ, J. A.; PFEFFER, K. The impact of road infrastructure development projects on local communities in peri-urban areas: the case of Kisumu, Kenya and Accra, Ghana. **International Journal of Community Well-Being**, v. 4, n. 1, p. 33-53, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42413-020-00077-4>.

LIMA, Matheus Santos; SILVA, Daniel Almeida da. Urban waters and socio-environmental dynamics in the Mamede Paes Mendonça and Marcela neighborhoods in Itabaiana/SE. **Geopauta**, v. 7, e12135, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22481/rg.v7.e2023.e12135>.

MOHAMED, Ahmed S.; WANG, Weili; WENG, Hui; FANG, Yonggang; XIAO, Feipeng. Potential of project level construction and rehabilitation plans to attenuate the economic and environmental burdens of flexible road pavements: a review study. **Journal of**



Cleaner Production, v. 354, p. 131713, 2022. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131713>.

PANG, Yafeng; HE, Tianyiyi; LIU, Shuainian; ZHU, Xingyi; LEE, Chengkuo. Triboelectric nanogenerator-enabled digital twins in civil engineering infrastructure 4.0: a comprehensive review. **Advanced Science**, v. 11, n. 20, e2306574, 2024. DOI:
<https://doi.org/10.1002/advs.202306574>.

ROBINAH, N.; SAFIKI, A.; THOMAS, O.; B., A. Impact of road infrastructure equipment on the environment and surroundings. **Global Journal of Environmental Science & Management**, v. 8, n. 2, p. 251–264, spring 2022. DOI:
<https://doi.org/10.22034/gjesm.2022.02.08>.

ROCHA, César Henrique Barra; DUARTE, Renata Lopes; DE CASTRO MATOSO, Ramon Octaviano; DO VALE SOUZA, Lucas; DA SILVEIRA, Fábio Jacob; DE MORAES MACHADO, Micael Marlon. Socio-environmental vulnerabilities associated with the implementation of highways on the banks of the public supply reservoir of the São Pedro Dam, Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, p. 1–27, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v1i1.19805>.

SACKEY, Lyndon N. A.; QUARTEY, Jeremiah; NORTEY, Augustus N. N.; OBENG, Afa Tiwaa; OKYERE, Abigail Amoakoatta; KAYOUNG, Phebe Y. Road construction and its socio-economic and health impact: a case study of Atonsu Lake Road. **Discover Environment**, v. 1, n. 1, p. 6, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44274-023-00009-x>.

VIJAYAKUMAR, Ankitha; MAHMOOD, Muhammad Nateque; GURMU, Argaw; KAMARDEEN, Imriyas; ALAM, Shafiq. Social sustainability indicators for road infrastructure projects: a systematic literature review. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1101, n. 2, p. 022039, nov. 2022. IOP Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/2/022039>.

WEI, Kun-Hao; MA, Jie; XI, Bei-Dou; YU, Min-Da; CUI, Jun; CHEN, Bao-Liang; LI, Yang; GU, Qing-Bao; HE, Xiao-Song. Recent progress on in-situ chemical oxidation for the remediation of petroleum contaminated soil and groundwater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 432, p. 128738, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128738>.

XU, Xiong; LENG, Zhen; LAN, Jingting; WANG, Wei; YU, Jiangmiao; BAI, Yawei; SREERAM, Anand; HU, Jing. Sustainable practice in pavement engineering through value-added collective recycling of waste plastic and waste tyre rubber. **Engineering**, v. 7, n. 6, p. 857–867, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.08.020>.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZHANG, Mingjian; CHEN, Qing; GONG, Zheng. Microbial remediation of petroleum-contaminated soil focused on the mechanism and microbial response: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 23, p. 33325–33346, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33474-9>.