

Avaliação integral de pavimento e drenagem em Caldas Novas: estudo de caso na infraestrutura viária flexível

Giovane Batalione

Engenheiro Civil, Professor Mestre em Geotecnia do Instituto Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil,
g-bat@hotmail.com

João Carlos de Oliveira

Orientador, Professor Doutor em Geotecnia do Instituto Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil,
joaacarlosifg@gmail.com

Jordana Portilho Neves

Engenheira Civil, Mestre em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil,
jordanapn@hotmail.com

Giovane Batalione Filho

Arquiteto e Urbanista, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, g-bat@hotmail.com

João Pedro Lima Bueno

Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, g-bat@hotmail.com

RESUMO: A pesquisa no condomínio Marina de Caldas, em Caldas Novas, Goiás, visou avaliar as condições do pavimento flexível e da drenagem pluvial. Realizou-se ensaios de campo e laboratório, usando o Índice de Gravidade Geral (IGG) do DNIT e a metodologia da ABPv para analisar o desempenho do pavimento. Constatou-se que a maioria das ruas encontrava-se em condição regular, com IGG próximo ao mínimo, enquanto algumas apresentavam estado ruim, com desgaste, remendos e panelas. A camada de base tinha espessura média de 12 cm e o revestimento asfáltico variava de 1,0 a 2,5 cm, com sinais de degradação. O sistema de drenagem mostrou-se insuficiente e mal dimensionado, contribuindo para o desgaste do pavimento. Apesar da topografia evitar inundações, o escoamento inadequado de água causou danos ao asfalto. A ausência de sarjetas e a variação na integridade dos meio-fios foram observadas, assim como o lançamento inadequado das águas pluviais. Conclui-se que o sistema de drenagem requer revisão, com medidas como a desobstrução, limpeza e ampliação dos dispositivos existentes, a fim de evitar danos à infraestrutura do pavimento. No que diz respeito à camada de base, embora tenha sido avaliada em bom estado, é recomendada sua preservação para assegurar a estabilidade do pavimento.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento Flexível, Drenagem Pluvial, Infraestrutura, Conservação de Pavimentos, Reabilitação de Pavimentos.

ABSTRACT: The research at Marina de Caldas condominium in Caldas Novas, Goiás, aimed to assess the conditions of the flexible pavement and stormwater drainage. Field and laboratory tests were conducted, using the General Severity Index (IGG) from DNIT and ABPv's methodology to analyze pavement performance. It was found that most streets were in fair condition, with IGG close to the minimum, while some streets were in poor condition, showing wear, patches, and potholes. The base layer had an average thickness of 12 cm, and the asphalt coating varied from 1.0 to 2.5 cm, with signs of degradation. The drainage system was insufficient and poorly dimensioned, contributing to pavement wear. Despite the topography preventing flooding, improper water runoff caused damage to the asphalt. The absence of curbs and variation in the integrity of the curbstones were noted, as well as the inadequate discharge of stormwater. It is concluded that the drainage system requires revision, including measures such as unblocking, cleaning, and expanding existing devices to prevent damage to the pavement infrastructure. Regarding the base layer, although it was assessed in good condition, its preservation is recommended to ensure pavement stability.

KEYWORDS: Flexible pavement, stormwater drainage, infrastructure, pavement preservation, pavement rehabilitation.

1 Introdução

O desenvolvimento urbano é um fenômeno global em constante expansão, impulsionado pela crescente urbanização e pela demanda por infraestrutura habitacional. Como resultado, a qualidade e a durabilidade das vias de circulação e sistemas de drenagem em áreas residenciais tornam-se elementos críticos para garantir a funcionalidade e a segurança das comunidades (CESCONETTO, 2020; TEIXEIRA, 2023).

Neste contexto, a avaliação objetiva das condições do pavimento flexível e da infraestrutura de drenagem pluvial em condomínios residenciais desempenha um papel crucial. Essa avaliação é fundamental, pois permite identificar possíveis problemas no pavimento e na drenagem, possibilitando a implementação de medidas corretivas e preventivas adequadas.

Este artigo se propõe a analisar detalhadamente as superfícies do pavimento e o sistema de drenagem pluvial no condomínio residencial Marina de Caldas, situado em Caldas Novas, Goiás. Através de ensaios de campo e laboratório, foram avaliados o desempenho mecânico da superfície do pavimento flexível, através do Índice de Gravidade Geral (IGG) do pavimento, metodologia referenciada pela norma PRO 006/2003, do Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes (DNIT), aplicada à pavimentos flexíveis e semi-rígidos; a integridade das estruturas de drenagem e a condição da camada base, com verificação do percentual de material betuminoso e da composição granulométrica do agregado, para confirmar ou não, se a mistura se enquadra nas normas do DNIT ES 031/2006, visando fornecer informações relevantes para a melhoria da qualidade de vida dos moradores e a preservação da infraestrutura urbana.

2 Considerações Preliminares e Metodologia de Investigação

A presente investigação tem como foco avaliar as condições da superfície do pavimento flexível e a infraestrutura de drenagem pluvial no condomínio residencial Marina de Caldas, em Caldas Novas, Goiás. A Figura 1, ilustra o condomínio Marina de Caldas, local da realização do presente estudo.



Figura 1. Vista do condomínio, obtida pelo Google Earth.

As atividades de campo foram realizadas seguindo metodologias reconhecidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes (DNIT) e pela Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv). Dentre as atividades de campo, foram realizadas a avaliação do desempenho superficial do pavimento flexível, através do Índice de Gravidade Geral (IGG) do pavimento, metodologia referenciada pela norma PRO 006/2003 do DNIT, aplicada à pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Além disso, foram conduzidos ensaios tecnológicos complementares no laboratório de Solos e Betumes do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG). Essa abordagem metodológica foi implementada nas vias principais do condomínio, considerando a incidência mais elevada de problemas no pavimento e priorizando-se ruas com maior extensão longitudinal.

A metodologia de avaliação objetiva da superfície do pavimento, utilizando o IGG, visa identificar, quantificar e avaliar defeitos em pavimentos flexíveis e semi-rígidos, conforme especificado pela norma TER 005/2003 do DNIT. Inicialmente, percorre-se o trecho integralmente, identificando as situações mais críticas e repetição de defeitos, selecionando os pontos com pior condição para um levantamento detalhado, com registros em planilhas e imagens das patologias. Este levantamento ocorre em trechos espaçados a cada 20 metros, cobrindo uma área relativa à largura da faixa da pista, com distância de 3 metros para cada lado.

Durante o levantamento detalhado, foram registrados os defeitos encontrados no pavimento ao longo de toda a rua, em ambas as pistas de forma alternada, utilizando planilhas e imagens para documentação. Na planilha, foram registradas as estações levantadas, o número total de defeitos e calculadas suas frequências absoluta e relativa, juntamente com os Índices de Gravidade Individual (IGI) e Global (IGG), este último utilizado para avaliar o desempenho geral da superfície do pavimento. A Figura 2 exemplifica os defeitos identificados nas ruas 08 e 09 do condomínio.

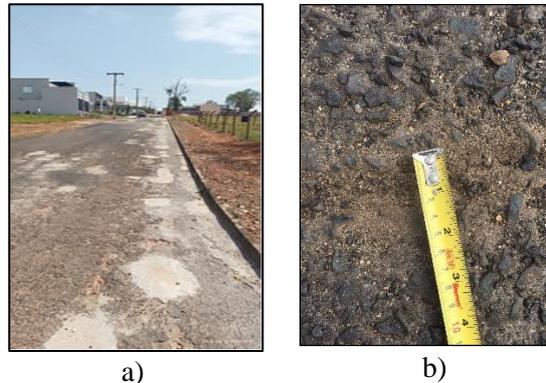


Figura 2. a) e b) Registros de imagens de defeitos (desgaste e remendos) do pavimento do condomínio.

Em campo, foram conduzidos ensaios não destrutivos de frasco de areia (Figura 3a) pela NBR 7185 (ABNT, 2016), utilizado para avaliar a macroestrutura do pavimento. A macroestrutura é um fator que contribui para o desempenho e conforto de rolamento do pavimento. Eventos de aquaplanagem, desgastes dos pneus e consumo maior de combustíveis dos veículos tem também relações com a condição e classificação da macroestrutura.

Durante a vistoria e os trabalhos de campo, também foram feitos ensaios destrutivos, através da coleta de amostras do material de revestimento betuminoso e do solo da camada de base do pavimento em três localidades diferentes. Além disso, foram realizadas medições da espessura das camadas estruturais em todas as ruas com formação de painéis. A Figura 3 ilustra o processo de avaliação da macroestrutura e a determinação das dimensões das camadas.



Figura 3. Avaliação da macroestrutura e da espessura das camadas, por meio do a) ensaio de mancha de areia e b) determinação da espessura do pavimento.

Foram realizados ensaios tecnológicos nos materiais coletados em campo, incluindo solo e revestimento betuminoso, visando avaliar a condição da camada de base do pavimento e da capa asfáltica. Esses ensaios incluíram a verificação do percentual de material betuminoso e a análise da composição granulométrica do agregado, para verificar a conformidade com as normas do DNIT ES 031/2006. Durante a vistoria, observou-se que as vias com mais remendos e painéis apresentavam uma significativa deterioração do revestimento betuminoso, expondo a camada de base às intempéries climáticas. As ruas 08 e 09 foram identificadas como locais com maior degradação, sendo escolhidas para coleta de amostras, com o objetivo de preservar a estrutura das demais vias. Na rua 09, a amostra foi usada para ensaios de compactação em laboratório, visando obter valores padrão para o Grau de Compactação (GC) da camada de base e o desvio de umidade ótima (Δ_w). Além disso, foram coletadas amostras do solo da base para ensaios de compactação na energia do Proctor intermediário, conforme recomendado pela NBR 7182 (ABNT, 2020). A Figura 4 ilustra as etapas dessa investigação de campo e laboratório.

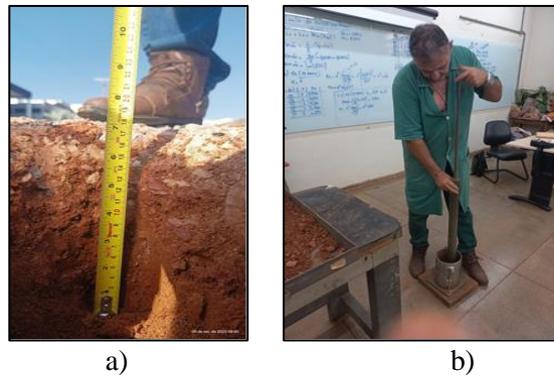


Figura 4. Investigação através de a) medição da espessura da camada de base do pavimento e b) ensaio tecnológico.

Para investigar as características dos solos nas ruas 08 e 09, realizou-se inicialmente a coleta de amostras. Posteriormente, aplicou-se a análise granulométrica conforme a NBR 7181 (ABNT, 2016) para determinar o teor de pedregulho na amostra. Além disso, foram conduzidos ensaios específicos em laboratório, incluindo o teste ME 053/94 do DNIT para avaliar o teor de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e o peneiramento do agregado. Essas atividades foram realizadas em amostras coletadas nas ruas 05, 08, 09 e 10.

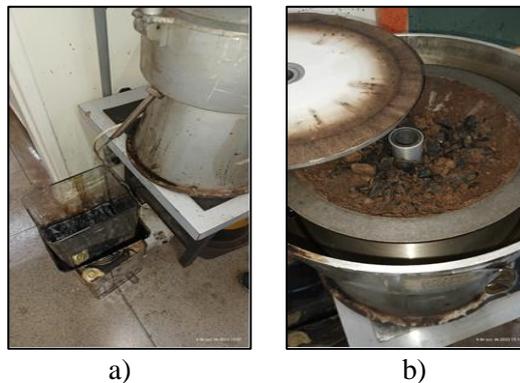


Figura 5. a) e b) Ensaio para determinar o percentual de CAP no revestimento asfáltico.

3 Resultados e Discussões

3.1 Características do solo coletado.

O solo coletado na rua 08 revelou-se predominantemente laterítico, enquanto na rua 09, observou-se uma presença significativa de quartzo. Além disso, a análise granulométrica revelou um percentual de 52% de pedregulho na amostra, 15% constituído de areia e 33% restante composto por frações de silte e argila, indicando uma composição que influencia diretamente nas propriedades do revestimento asfáltico.

Solo granular com quartzo e a laterita, composta de óxidos de ferro e alumínio, com minerais primários (quartzo) e secundários (óxidos de ferro e alumínio) características de solos laterítico. Na prática de execução e em laboratório, quando compactados na energia modificada e intermediária, esses solos demonstram bons resultados de CBR, elevado módulo de resiliência, baixa expansão, alta massa específica e teor de umidade ótimo mais reduzido. Essas características tornam esses solos, altamente intemperizados, adequados para uso na engenharia civil na construção de estruturas de pavimentos.

3.2 Avaliação objetiva da superfície do pavimento através do Índice De Gravidade Geral (IGG), PRO 006/2003 do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT).

Observou-se que a grande maioria das ruas do condomínio apresenta defeitos, variando em gravidade e quantidade. Os defeitos mais comuns incluem desgaste, remendos, trincas longitudinais e transversais. Ressalta-se que as panelas e os remendos têm um impacto significativo na classificação do estado do pavimento em relação ao IGG, com fatores de ponderação de 1,0 e 0,6, respectivamente. Procurou-se agrupar as ruas que tiveram resultados semelhantes para uma melhor visualização global da situação das vias internas no gráfico da Figura 8.

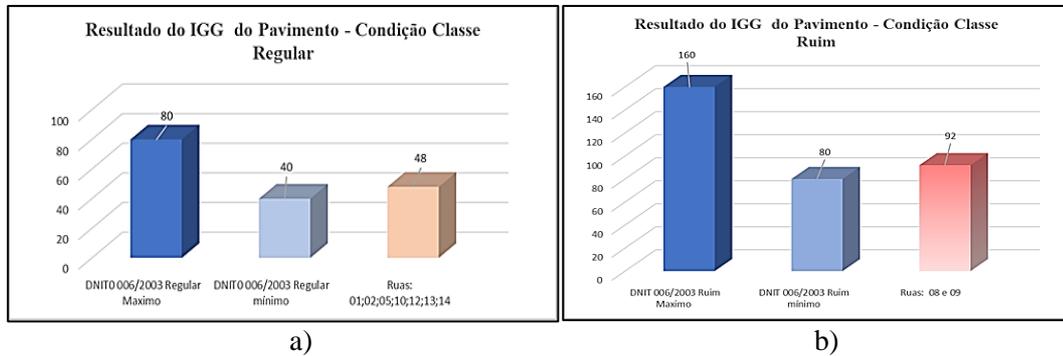


Figura 8. Resultado da análise do desempenho do pavimento pelo IGG. a) Condição classe regular e b) Condição classe ruim.

A avaliação principal revela que a maioria das ruas apresenta uma classificação de condição regular, com um IGG médio de 48, próximo ao limite mínimo de 40 estabelecido para a condição da superfície do pavimento. No entanto, as ruas 08 e 09 estão classificadas como em condição ruim, com um IGG de 92, não atendendo aos requisitos mínimos estabelecidos pelas normas, cujo IGG mínimo aceitável é de 80. Os resultados da avaliação da macroestrutura, condições da camada de base e sistema de drenagem corroboram esses valores obtidos pelo IGG.

3.3 Avaliação da macroestrutura do pavimento pela metodologia proposta pela Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv).

Utilizou-se o ensaio de mancha de areia como uma abordagem adicional para avaliar a condição da superfície do pavimento flexível das ruas, visando avaliar sua macroestrutura e os resultados estão apresentados na Figura 9. A macroestrutura desempenha um papel crucial no conforto de rolamento e desempenho do pavimento, afetando diretamente eventos como aquaplanagem, desgaste dos pneus e consumo de combustível dos veículos.

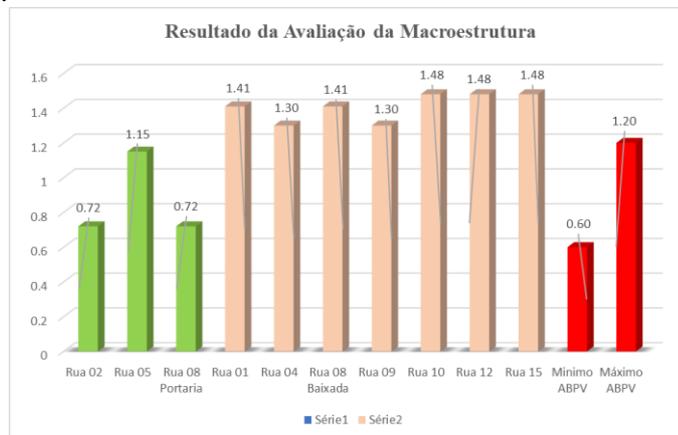


Figura 9. Resultado da avaliação da macroestrutura das ruas.

As análises revelam que as ruas 02, 05 e 08, possuem valores de altura da mancha de areia dentro do padrão estabelecido pela ABPv (0,60 a 1,20 mm), classificadas como médias. Valores abaixo de 0,6 mm indicam macroestruturas finas a fechadas, potencializando o risco de aquaplanagem em altas velocidades, embora não preocupante dadas as restrições de velocidade locais. Valores acima de 1,2 mm indicam textura muito aberta, ocasionando desgaste excessivo nos pneus. A maioria das ruas apresentou valores acima de 1,20 mm, confirmando o desgaste do pavimento, os resultados do IGG e as patologias observadas. Destaca-se a correlação entre os valores do IGG, a altura da mancha de areia e as condições deficientes ou ausentes dos dispositivos de drenagem pluvial em algumas ruas. Ruas com melhor desempenho e conformidade com as normas apresentaram instalações de bocas de lobo, embora muitas estejam subdimensionadas, e uma melhor conservação de meio-fios e captadores de água, como nas ruas 02 e 05. Notavelmente, a maioria das patologias ocorreu em ruas com problemas no sistema de drenagem pluvial, especialmente aquelas em grandes desníveis topográficos, como as ruas 08 e 09.

3.4 Avaliação das dimensões da camada do pavimento, do desempenho da camada de base e do revestimento (capa asfáltica).

Durante a análise, observou-se que a espessura média da camada de base do pavimento era de aproximadamente 12 cm, um valor característico para a época da execução do pavimento (construído a 20 anos atrás), e para o tipo de tráfego destinados a veículos leves e exploraticamente ao tráfego de pesados. Espessura esta que para os parâmetros da atualidade é reduzido. Quanto ao revestimento betuminoso, aplicado com técnica de tratamento superficial, verificou-se variação de espessura entre 1,0 cm e 2,5 cm em diferentes pontos, atribuída ao desgaste superficial. O desgaste superficial, principal patologia verificada in loco, potencializou a ocorrência desta diferença em espessura da camada de revestimento betuminoso. Pela experiência profissional, quando da execução, a camada deveria ter espessura uniforme de 2,5 cm.

A avaliação da base do pavimento revelou um grau de compactação satisfatório, com leve desvio de umidade em relação às condições ideais, conforme norma DNIT ES 141/2022. Os ensaios de laboratório demonstraram que o revestimento betuminoso, do tipo Tratamento Superficial, era composto por agregado de rocha basáltica, com granulometria próxima aos padrões estabelecidos pela norma ES 031 do DNIT para concreto betuminoso, e o teor de ligante (CAP) dentro da faixa adequada. Os resultados dessas análises estão representados na Figura 10a e 10b.

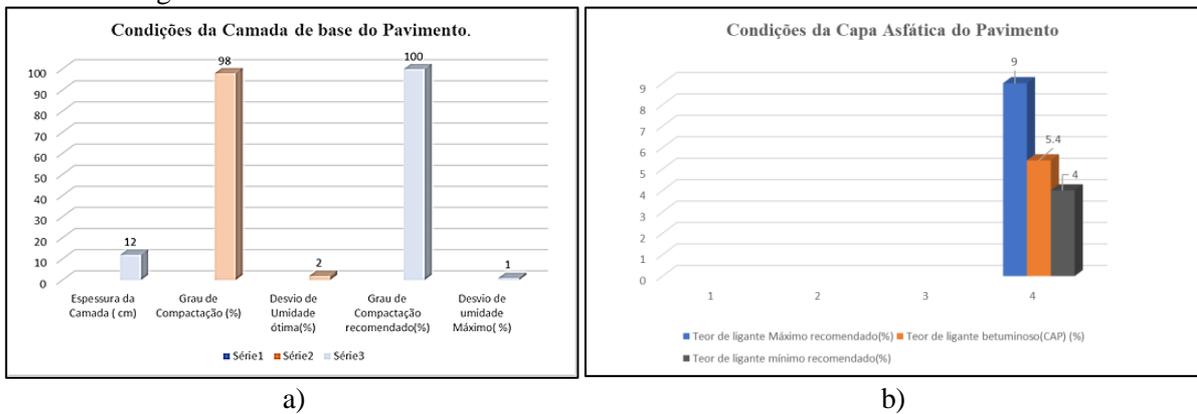


Figura 10. Resultado a) do Grau de Compactação (GC) e do desvio de umidade ótima (Δw) e b) dos ensaios de laboratório realizados nos corpos de prova do revestimento betuminoso.

Em síntese, observa-se que, ao longo dos anos, a camada da base do pavimento manteve um desempenho satisfatório, apesar do impacto do tráfego e da ação dos agentes de intemperismo. No entanto, é importante ressaltar que essa situação pode se reverter caso não haja intervenções no revestimento betuminoso, cuja função primordial é proteger a base contra a infiltração de água. Já o revestimento betuminoso, apesar de manter algumas características que atendem as normas técnicas do DNIT (composição granulométrica e teor acima do mínimo de ligante betuminoso), apresenta-se em estágio de degradação, requerendo intervenções para preservar a integridade de toda a estrutura do pavimento flexível. Isso ajudará a evitar custos mais elevados no futuro para sua manutenção ou recuperação.

3.5 Avaliação do sistema de drenagem pluvial e da sua influência nas condições atuais do pavimento nas vias urbanas do condomínio.

O sistema de drenagem pluvial (Figura 11), aspectos como bocas de lobo, inclinação das vias, eficiência do sistema e condição dos dispositivos, essencial para garantir a transitabilidade das ruas e a conservação do asfalto, também foi examinado no condomínio. A qualidade do sistema de drenagem desempenha um papel crucial na preservação do pavimento flexível, podendo influenciar significativamente em sua durabilidade e conservação.

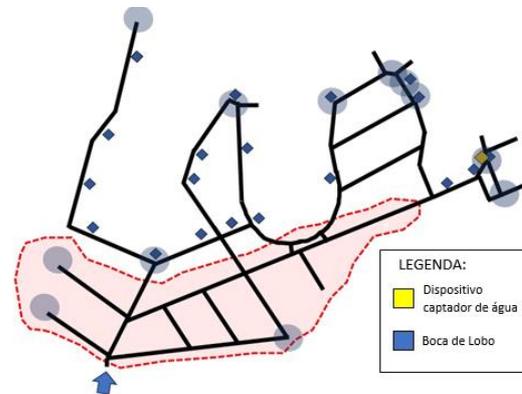


Figura 11. Mapa demonstrativo dos dispositivos dos sistemas de drenagem verificado.

Na Figura 11, os pontos em quadrados azuis indicam as bocas de lobo, enquanto os quadrados amarelos representam os dispositivos captadores de água. A linha tracejada em vermelho destaca regiões sem dispositivos de drenagem ou com quantidades mínimas. As áreas circulares em azul sinalizam pontos com potencial de alagamento pela falta de manutenção observada, enquanto as linhas pretas delineiam as ruas do condomínio. A Figura 12 ilustra os elementos dos dispositivos de drenagem levantados durante a vistoria.

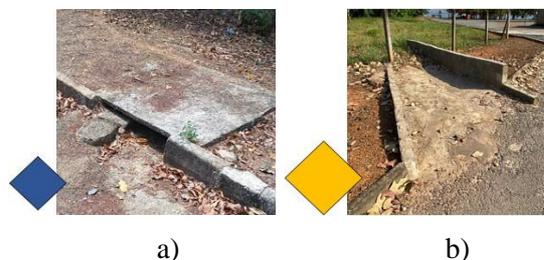


Figura 12. Elementos dos dispositivos de drenagem levantados durante a vistoria; a) bocas de lobo e b) dispositivos captadores de água.

Observou-se que a única região do condomínio onde não ocorreu acúmulo de água durante os períodos de precipitação, graças à existência e funcionamento do sistema de drenagem, foi a região nordeste (Figura 12b), próxima ao lago e a uma praça interna do condomínio. Neste local, foi instalado um dispositivo de captação de água pluvial com dimensões adequadas ao volume de precipitação local e posicionado na cota altimétrica mais baixa da área do condomínio.

No entanto, o volume de água pluvial não captada pelos dispositivos de drenagem e que escoou pelas vias está causando danos significativos à capa asfáltica, resultando em desgaste superficial e potencializando a formação de outras patologias mais graves. Esse cenário foi observado no local e justificou a implementação de reparos pontuais utilizando concreto de cimento Portland.

Foi levantado também as dimensões das bocas de lobo, que seguiram o padrão 80x80x150cm (comprimento, largura, altura). A dimensão de 80cm de abertura desses dispositivos demonstram subdimensionamento dos mesmos. Uma solução viável seria ampliar estrategicamente essas bocas de lobo, tornando-as mais longitudinais para otimizar a captação linear da água, em vez de pontual.

Outro problema identificado foi a obstrução dos bueiros interligados às bocas de lobo por entulhos, resíduos sólidos e sedimentos, comprometendo o escoamento da água e aumentando o risco de entupimentos.

A falta de captação adequada da água pluvial resulta em danos como desgaste do revestimento asfáltico, formação de trincas e poças d'água, exigindo reparos frequentes. A maioria dos dispositivos de drenagem está subdimensionada ou obstruída, dificultando o escoamento da água e aumentando o risco de entupimento (Figura 13a e b). A ausência de sarjetas ao longo das vias também agrava o problema, permitindo que a água escorra livremente sobre o pavimento. Além disso, os pontos de lançamento de água pluvial nem sempre direcionam adequadamente a água, contribuindo para processos erosivos e possíveis inundações (Figura 13c e d). Essa análise destaca a importância crítica do sistema de drenagem na preservação da estrutura do pavimento e sugere a implementação urgente de ações para mitigar os danos observados.

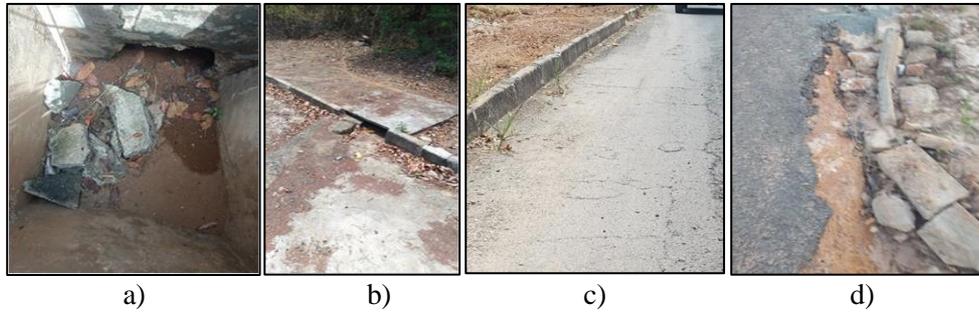


Figura 13. a) e b) Sistemas de drenagem sem conservação, prejudicando o bom desempenho do sistema e c) e d) Situação dos dispositivos das vias sem sistema de drenagem.

4 Conclusão

A avaliação das condições do pavimento e do sistema de drenagem no condomínio Marina de Caldas, em Caldas Novas, Goiás, revelou que a maioria das ruas está em estado regular, com um Índice de Gravidade Geral (IGG) médio de 48. No entanto, algumas ruas, como as ruas 08 e 09, estão em condição ruim, necessitando de intervenções urgentes devido a defeitos como desgaste, remendos e panelas.

O sistema de drenagem é insuficiente e mal dimensionado, contribuindo para o desgaste do pavimento. Há uma correlação entre o estado do pavimento e as condições deficientes dos dispositivos de drenagem. Ruas com melhor desempenho têm melhores instalações de bocas de lobo e conservação dos meio-fios.

Recomenda-se revisar o sistema de drenagem, desobstruindo, limpando e ampliando os dispositivos existentes, e realizar intervenções no revestimento betuminoso para proteger a camada de base contra a infiltração de água. Essas ações são essenciais para assegurar a qualidade de vida dos moradores e a preservação da infraestrutura urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7181/2016, Solo - Análise granulométrica, Rio de Janeiro. _____ . NBR 7182/2020, Solos – Ensaio de Compactação dos Solos, Rio de Janeiro, 13 páginas.
- _____. NBR 7185/2016, Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia, Rio de Janeiro, 12 páginas.
- Augusto, F.A.D, Manual Para identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos, Patrocínio Construtora Camargo Corrêa, São Paulo, SP, 1993, 87 páginas.
- Bernucci, L; Goretti, L; Ceratti, J; Soares, J, Pavimentação Asfáltica, Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (ABEDA), Petrobras, 2007, Rio de Janeiro, RJ, 504 páginas.
- Cesconetto, F. (2020). Proposta de mitigação de enchentes urbanas para o município de Vila Velha-ES, a partir de uma rede de infraestrutura verde combinada à pavimentação permeável. Revista Ifes Ciência. v.5 n.1. 18 páginas.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES (DNIT), TER 005/2003, Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 12 páginas.
- _____. DNIT PRO 006/2003, Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 10 páginas.
- _____. DNIT PRO 007/2003, Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos para Gerência de pavimentos e Estudos e Projetos, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 11 páginas.
- _____. DNIT ES 031/2006, Pavimentos Flexíveis Concreto Asfáltico, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 14 páginas.
- _____. DNIT ES 141/2022, Pavimentação – Base estabilizada Granulometricamente, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 12 páginas.
- _____. DNIT ES 147/2012, Pavimentação – Tratamento Superficial Duplo, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 10 páginas.
- _____. DNIT ME 053/1994, Mistura Betuminosa – Porcentagem de Betume, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 05 páginas.
- Teixeira, N. N.; Araújo, A. V. S. (2023). Gestão municipal de drenagem e manejo de águas pluviais: avaliação dos impactos decorrentes da urbanização na Cidade Nova, Ilhéus-BA. GeSec: Revista de Gestão e Secretariado, 2023, Vol 14, Issue 6, p9968.