

LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS NO CALÇAMENTO DA CIDADE DE OURO PRETO, MG, VISANDO MELHORAR O SEU GERENCIAMENTO

Marina Bedeschi Dutra Almeida

Igor Vinícius Silva Paiva

Departamento de Engenharia Civil- Escola de Minas
Universidade Federal de Ouro Preto

RESUMO

O trabalho apresenta um levantamento das patologias encontradas em revestimentos por calçamento, em alvenaria poliédrica e paralelepípedo, no centro histórico de Ouro Preto (MG). Considerando que este tipo de pavimento é comum em cidades históricas e regiões tombadas, e que na maioria delas, é proibido a alteração do tipo de revestimento, como é o caso da cidade em questão. É necessário pesquisas que abordem o gerenciamento dessa tipologia de pavimento, dado que a única norma referente ao calçamento foi cancelada, sem substituição. Dentre as patologias encontradas, a falta de material adequado para o preenchimento das juntas, foi a mais relevante, pois se observou a contribuição dela para o surgimento de outras patologias como as panelas, os afundamentos e as peças trincadas. A análise das causas dos principais defeitos, contribui na implantação de um gerenciamento mais efetivo para os calçamentos em pedras.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), cidades como Ouro Preto, em Minas Gerais, que apresentam construções e cenários quase que inalterados em relação à época em que foram construídas, são tombados. De forma que não é permitido alterações arquitetônicas nas construções, bem como mudanças na pavimentação de pedra que compõe seu centro histórico.

A NBR 7193 (ABNT, 1982) que prescrevia os procedimentos para a execução de pavimentos em alvenaria poliédrica foi cancelada, sem substituição em 2014. O motivo segundo ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) foi que a norma não é utilizada pelo setor de pavimentação (CATALOGO ABNT, 2019). Porém ainda se verifica a utilização desse tipo de pavimentação em licitações de obras públicas de diversos municípios brasileiros, como na cidade de Astolfo Dutra, em Minas Gerais, onde se realizou no 15 de fevereiro de 2019, uma licitação objetivando a execução de calçamento em alvenaria poliédrica (PREFEITURA MUNICIPAL DE ASTOLFO DUTRA, 2019).

A pavimentação em alvenaria poliédrica e paralelepípedo está cada vez mais em desuso, por apresentar a execução demorada e artesanal, além de baixo valor de serventia aos usuários. Mas por outro lado é uma estrutura permeável, contribuindo para infiltração de água no solo, com maior facilidade para execução de reparos, pois as peças podem ser reaproveitadas (SENÇO, 2001).

O estudo propõe uma pesquisa de campo nas ruas de regiões tombadas pelo IPHAN na cidade de Ouro Preto, identificando as principais patologias existentes nos pavimentos em paralelepípedos e alvenaria poliédrica. De forma a identificar as principais causas das patologias, possibilitando um gerenciamento mais eficiente desse tipo de pavimentação.

2. DESENVOLVIMENTO

As ruas analisadas pertencem a área tombada pelo IPHAN e o pavimento se divide em alvenaria poliédrica e paralelepípedos. Sendo o formato das peças o que os diferenciam, enquanto a alvenaria poliédrica é composta por pedras irregulares, os paralelepípedos

apresentam peças com formato mais regular próximo de um paralelepípedo (PELLENZ, 1983).

Segundo Pellenz (1983) os dois tipos de pavimentos são compostos por pedras, apresentam rejunte em areia ou asfalto, são assentados sobre um colchão de areia, podem ou não ter a camada de sub-base. No caso de Ouro Preto, o rejunte é do mesmo material do colchão de areia, e não foi possível verificar a existência de sub-base. Porém em licitações relativas a conservação do pavimento viário, na descrição dos serviços não inclui a execução de uma camada de sub-base, o que induz a considerar a inexistência da camada de sub-base (Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2018).

2.1. Classificação e identificação das patologias

Baseado nas definições de Pellenz (1983) e Danieleski (2004) as patologias foram classificadas nos seguintes tipos e níveis de severidade, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de Patologias e níveis de severidade

| Tipo de Patologia | Descrição | Nível de severidade | Descrição |
|--|--|----------------------------|---|
| Abatimento do pavimento | Rebaixamento da superfície em relação ao nível original do pavimento. | Baixo | Inferior a 50mm |
| | | Médio | Entre 50 e 100mm |
| | | Alto | Superior a 100mm |
| Afloramento de materiais argilosos do subleito | Presença de material argiloso acima das pedras constituintes do revestimento. | Baixo | Espessura do afloramento menor que 10mm |
| | | Médio | Espessura do afloramento entre 10 e 30mm |
| | | Alto | Espessura do afloramento maior que 30mm |
| Panelas | Buraco provocado pela ausência das peças do calçamento, peças se soltando da base. | Baixo | Ausência de uma peça |
| | | Médio | Ausência de duas até cinco peças adjacentes |
| | | Alto | Ausência de mais cinco peças adjacentes |
| Juntas sem preenchimento | Falta de material de preenchimento das juntas do revestimento. | Médio | O material de preenchimento apresenta se de forma parcial |
| | | Alto | Não há material de preenchimento |
| Elevação | Elevação da superfície em relação ao nível original do pavimento. | Baixo | Desnível inferior a 50 mm |
| | | Médio | Desnível entre 50 e 100 mm |
| | | Alto | Desnível superior a 100 mm |

| Tipo de Patologia | Descrição | Nível de severidade | Descrição |
|---|--|----------------------------|---|
| Peças trincadas ou quebradas | Presença de fissuras ou trincas que dividem a peça em duas ou mais partes | - | - |
| Superfície escorregadia | Peças do revestimento muito polidas. | - | - |
| Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção | Deformação longitudinal, transversal ou radial, descaracterizando a disposição das peças, sem se deslocarem na base. | Baixo | Deslocamento máximo inferior a 100 mm |
| | | Médio | Deslocamento superior a 100 e inferior a 200 mm |
| | | Alto | Deslocamento máximo superior a 200 mm |
| Afundamento de trilhas de roda com solavanco lateral | Afundamento nas regiões de caminho preferencial dos pneus dos veículos com deslocamentos laterais ou elevações das áreas adjacentes as trilhas de roda | Baixo | Desnível inferior a 100 mm |
| | | Médio | Desnível entre 50 e 100 mm |
| | | Alto | Desnível superior a 100 mm |
| Afundamento de trilhas de roda sem solavanco lateral | Afundamento nas regiões de caminho preferencial dos pneus dos veículos sem os deslocamentos laterais. | Baixo | Desnível inferior a 100 mm |
| | | Médio | Desnível entre 50 e 100 mm |
| | | Alto | Desnível superior a 100 mm |
| Ondulação | Formação de ondas perpendiculares ao eixo da via, ocasionando vibrações excessivas aos veículos. | Baixo | Alturas das depressões e elevações inferior a 50 mm |
| | | Médio | Alturas das depressões e elevações entre 50 mm e 100 mm |
| | | Alto | Alturas das depressões e elevações superiores a 100mm |

Os níveis de severidade foram descritos de modo a facilitar a inspeção em campo e ao mesmo tempo evidenciar as diferenças na gravidade de cada defeito. Os equipamentos necessários para a obtenção dos níveis de severidade se resumiram a uma barra de madeira, e uma régua milimetrada.

2.2. Coleta de dados e identificação das patologias

Para uma avaliação do pavimento coletou se amostras dos materiais de base e do revestimento. Porém não foi possível obter amostras de todas as ruas analisadas, visando não

causar mais danos ao pavimento com a retirada peças que poderiam ser reutilizadas e de quantidades significativas do colchão de areia para realização dos ensaios.

Contudo em algumas patologias em estado mais avançado, foi possível a coleta, do material de base e de pedaços do revestimento. Possibilitando realizar os ensaios de granulometria, NBR 7181 (ABNT, 2017), determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis, NBR 7218 (ABNT, 2010), e Abrasão Los Angeles, NBR NM 51 (ABNT, 2001).

As patologias foram identificadas ao longo de mais de trinta ruas, abrangendo sete bairros da cidade de Ouro Preto. Durante a inspeção foi identificado dez tipos de patologias, com diferentes níveis de severidade e anotado a frequência com que cada patologia foi observada, como pode ser visto na Tabela 2.

Ressalta se que a patologia superfície escorregadia não foi contabilizada devido à dificuldade de sua identificação. Mas que há indícios que ela ocorra, devido ao tráfego de veículos em todas as ruas analisadas, inclusive de ônibus, e também, porque a maior parte do pavimento data de 1938 tendo sido poucas vezes restaurado parcialmente e nunca completamente. Portando não se pode descartar que hajam peças muito antigas que devido ao tempo e ao tráfego atual se encontrem com a face de rolamento polida.

Em relação a patologia, afloramento de materiais argilosos, não foi possível a identificação. Pois além de terem sido encontradas poucas vezes, não foi possível saber se a origem do material, advinha do subleito ou do colchão de areia. Pois conforme será visto adiante, o colchão de areia apresentou uma parcela considerável de material coesivo.

Tabela 2: Tipos de patologias identificadas e frequência de ocorrências

| Tipo de Patologia | Nível de severidade (%) | | | Frequência de Ocorrências (%) |
|---|-------------------------|-------|---------------------|-------------------------------|
| | Alto | Médio | Baixo | |
| Abatimento do pavimento | 3,0 | 39,4 | 57,6 | 14,0 |
| Panelas | 17,8 | 28,9 | 53,3 | 30,7 |
| Juntas sem preenchimento | 37,0 | 0,0 | 63,0 | 40,0 |
| Elevação | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,9 |
| Peças trincadas ou quebradas | | - | | 2,6 |
| Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção | 0,0 | 57,1 | 42,9 | 3,0 |
| Afundamento de trilhas de roda com solavanco lateral | 0,0 | 50,0 | 50,0 | 0,9 |
| Afundamento de trilhas de roda sem solavanco lateral | 0,0 | 44,4 | 55,6 | 7,7 |
| Ondulação | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,4 |
| | | | Total de patologias | 100 |

Observa se que as patologias com maior ocorrência são as juntas sem preenchimento com 40%, seguida por panelas, com mais de 30% e o abatimento do pavimento com 14%. E que apesar de ocorrerem mais, apresentam mais de 50% de suas ocorrências com grau de severidade baixo. O que indica que a maior parte das patologias encontradas estão em estágio inicial, podendo ser contornadas de forma mais fácil.

Na Figura 1, ilustra a coleta de material de base do pavimento, onde já havia o deslocamento das peças. Observa se também a utilização da alvenaria poliédrica misturada ao

paralelepípedo, na mesma rua, o que contribui com problemas nas juntas e o deslocamento das peças. Verifica se a presença de vegetação em parte das juntas, problemas na execução do pavimento que no caso de alvenaria poliédrica, prevê que as peças devem ser encaixadas com espaçamentos menores e mais regulares entre as peças, o que não ocorre.



Figura 1: Coleta de material da base do pavimento, decorrente de uma panela

Após a coleta do material da base em pelo menos três pontos diferentes da cidade, fez-se a análise granulométrica. E comparou o resultado com o recomendado por Senço (2001), como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3: Avaliação granulométrica do material de base.

| Peneira | Porcentagem passante recomendada (%) | Porcentagem passante obtida (%) | | | |
|------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| | | Ponto de coleta | Rua Costa Sena (Centro) | Rua Alvarenga (Cabeças) | Rua Felipe dos Santos (Antônio Dias) |
| ¼" (6,3mm) | 100 | | 81,6 | 92,5 | 91,4 |
| 200 (0,075mm) | 5 – 15 | | 26,1 | 32,6 | 30,0 |

Verificou-se que em nenhum dos pontos de coleta, o material da base se enquadrava nas recomendações, e que os valores obtidos demonstram que o material de base consiste em uma mistura de areia siltosa ou argilosa, segundo a classificação HRB (AASHTO, 2001).

No ensaio para a determinação do teor de argila em torrões e material friável, obteve-se os seguintes valores: 5,7% na Rua Costa Sena, a 40,6% na Rua Alvarenga e 12,8% na Rua Felipe dos Santos. De acordo com Pellenz (1983), o material empregado no colchão de areia dos calçamentos não deve conter torrões de argila. Logo nenhum dos materiais coletados está de acordo com o recomendado.

O ensaio de abrasão “Los Angeles” foi realizado nas amostras coletadas dos blocos do revestimento, onde observou-se a ocorrência de peças soltas, trincadas ou quebradas, conforme mostra a Figura 2. E a perda por abrasão dos blocos, pode ser visto na Tabela 4.



Figura 2: Coleta dos blocos do revestimento para o ensaio de abrasão “Los Angeles”

Tabela 4: Ensaio de Abrasão Los Angeles nos blocos retirados do pavimento

| Ponto de coleta | Rua do Pilar (Pilar) | Rua Conceição (Antônio Dias) | Rua Padre Tobias (Antônio Dias) |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Perda por abrasão (%) | 46,8 | 45,7 | 21,7 |

Segundo Senço (2001), existem especificações em relação às rochas que originam as peças do calçamento, que indicam que o desgaste no ensaio de Abrasão *Los Angeles* deve ser inferior a 40%. Apenas uma das três amostras se adequou ao limite de 40%, o que explica a ocorrência de patologias como peças trincadas ou quebradas, serem observadas em 2,6% do total das patologias.

Sabendo que peças apresentam desgaste elevado à abrasão e que todas as vias apresentam fluxo de veículos, inclusive de ônibus. É razoável considerar que o elevado desgaste causado pelos veículos, associado a elevada perda por abrasão contribua para surgimento, também, de peças com superfície escorregadia.

2.3. Identificação das prováveis causas

Todas as causas prováveis foram relacionadas a partir de referências da literatura ou conjecturadas com o auxílio dos ensaios e vistorias feitas em campo. Na Tabela 5 é mostrada a relação das patologias, com suas prováveis causas, nota se que na maioria das vezes as patologias não ocorrem de forma isolada.

É inevitável não correlacionar a patologia de maior ocorrência, falha nas juntas (40%), com as demais patologias encontradas. Considerando que as juntas não estão corretamente preenchidas, há uma folga entre as peças do revestimento, que associado ao tráfego podem se deslocar, acarretando a formação das panelas e as deformações por frenagem e aceleração. Além de facilitar, também, a entrada de água nas camadas subjacentes contribuindo assim para a ocorrência dos abatimentos e afundamentos do pavimento.

Tabela 5: Causas prováveis das patologias no calçamento

| Patologias | Causas prováveis |
|--|---|
| Abatimento do pavimento |  <p>Origina se devido a pontos fracos nas camadas subjacentes que decorrem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemas na execução das camadas; • Capacidade de suporte do subleito; • Drenagem ineficiente. |
| Afloramento de materiais argilosos do subleito |  <p>A falta de preenchimento das juntas associado ao tráfego de veículos, faz com as peças se desloquem de modo que, com a passagem dos veículos os materiais das camadas subjacentes ascendam a superfície. A drenagem ineficiente também contribui. Esse processo resulta da deterioração ou inexistência da camada de base.</p> |

| | Patologias | Causas prováveis |
|---|---|---|
| Painéis |  | <ul style="list-style-type: none"> • Falta de material de enchimento das juntas associado ao tráfego de veículos e a intempéries climáticas; • Problemas na execução do pavimento, falta do intertravamento adequado das peças, por meio das guias. Observou-se que em muitos pontos da cidade, o assentamento das peças não seguiu as configurações de execução. |
| Juntas sem preenchimento |  | <ul style="list-style-type: none"> • Material inadequado de enchimento das juntas |
| Elevação |  | <p>Pode estar associado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presença de materiais expansivos nas camadas subjacentes; • Remendos mal executados; • Presença de vegetação. |
| Peças trincadas ou quebradas |  | <p>Rochas que originaram as peças do pavimento inadequadas, quanto ao ensaio de abrasão, que deve apresentar perda por desgaste inferior a 40%.</p> |
| Superfície escorregadia |  | <p>O polimento das peças do pavimento se dá:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baixa resistência à abrasão associada ao tráfego de veículos. • Vida útil das peças associada a falta de manutenção. |
| Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção |  | <p>Causada pela frenagem e aceleração dos veículos associada a folga entre as peças do pavimento e a falta de intertravamento adequado.</p> |
| Afundamento de trilhas de roda com solavanco lateral |  | <ul style="list-style-type: none"> • Baixa capacidade de suporte das camadas subjacentes, em relação ao tráfego vigente; • Drenagem ineficiente; • Deficiência na execução |

| Patologias | | Causas prováveis |
|--|---|--|
| Afundamento de trilhas de roda sem solavanco lateral |  | Causas semelhante as patologias abatimento e afundamento por trilhas de rodas com solavanco, diferenciando dessa última apenas por não apresentar as elevações laterais. |
| Ondulação |  | Pode ser considerada como uma sucessão de abatimentos, portanto apresenta as mesmas causas da patologia abatimento do pavimento. |

Em resumo todas as patologias relacionadas na Tabela 5 se originam de alguma forma das causas, listadas a seguir, de forma isolada ou conjunta:

- Utilização de materiais inadequados;
- Problemas na execução do pavimento, desde a compactação das camadas, a configuração do calçamento até a execução adequada das juntas;
- Drenagem deficiente ou inexistente;
- Falta de manutenção ou feita de forma errada;
- Problemas de dimensionamento.

Avaliando as prováveis causas, pode se promover as medidas de correção, bastando apenas que se tenha o cuidado de definir exatamente a causa. Por meio de ensaios e investigação de campo. Entender as causas permite planejar melhor as manutenções e restaurações a serem feitas, visando executar mais manutenções preventivas do que corretivas e até mesmo restaurações parciais se necessário. De modo a melhorar o nível de serventia relacionado ao conforto e segurança dos usuários.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação das causas das patologias nos pavimentos, é a principal ferramenta para gerencia los corretamente. Evitando ações desnecessárias, que podem não solucionar efetivamente o problema e ainda contribuir para surgimento de outros defeitos. Dentre as patologias observadas as mais recorrentes foram a falha nas juntas e as panelas, que juntas somaram mais de 70% das patologias verificadas e se originam basicamente por utilização de materiais inadequados e falhas na execução. Posteriormente tem se os abatimentos, afundamentos e ondulações que somam 23% das ocorrências. Se forem consideradas suas causas principais, percebe se que, também, advém de problemas na execução e dimensionamento. Com isso pode se ressaltar a relevância: da qualidade dos materiais empregados, do adequado dimensionamento e execução, mas principalmente da manutenção apropriada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2017) *NBR 7181 – Solo –Análise granulométrica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- ABNT (2010) *NBR 7218 – Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis*- Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

- ABNT (2001) *NBR NM 51 – Agregado graúdo– Ensaio de abrasão “Los Angeles”*- Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- CATÁLOGO ABNT (2019). *NBR 7193: 1982 – Execução de Pavimentos de alvenaria poliédrica*. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=9145>> Acesso em junho de 2019.
- DANIELESKI, M. L. (2004) *Proposta de metodologia para avaliação superficial de Pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre. Tese de mestrado*. UFRGS, Porto Alegre.
- PELLENZ, E. (1983) *Paralelepípedos e Alvenaria Poliédrica: Manual de Utilização*. 1. ed. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo.
- PREFEITURA ASTOLFO DUTRA. (2019) *Edital de Licitação: Processo nº 12/2019. Edital de Tomada de preço nº01/2019*. Astolfo Dutra, MG. Disponível em <<https://astolfodutra.mg.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/TP-01-2019-Cal%C3%A7amento-ALvenaria-Poli%C3%A9drica-Edital.pdf>> Acesso em junho de 2019.
- PREFEITURA DE OURO PRETO. (2019) *Licitação- Edital de Tomada de preço nº06/2018*. Ouro Preto, MG. Disponível:<<https://sgm.ouropreto.mg.gov.br/arquivos/licitacoes/83a8321a3edd9ad16dff5f5aa5c53082.pdf>> Acesso em junho de 2019.
- IPHAN (2002) – *Instituto do Patrimônio Histórico Artístico e Nacional- Enquadramento áreas de preservação* – Portaria 312-10. Ouro Preto.
- SENÇO, W. (2001) *Manual de Técnicas de Pavimentação*. Vol. II. 1. ed. PINI. São Paulo.

Anais 33º ANPET: Versão Preliminar