

ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: DIAGNÓSTICO EM UMA RODOVIA A PARTIR DE AVALIAÇÃO VISUAL NO PERÍMETRO URBANO DE UMA CIDADE NO INTERIOR DO PARANÁ

CASE STUDY OF PATHOLOGIES IN FLEXIBLE FLOORING: DIAGNOSIS ON A ROADWAY, FROM VISUAL EVALUATION IN THE URBAN PERIMETER OF A CITY IN THE INTERIOR OF PARANÁ

IGOR COSTA DE TOLEDO¹, ANA LÍDIA DA SILVA CASCALES CORREA^{2*}, GABRIEL XAVIER JORGE³

1. Engenheiro Civil pela UniCesumar, Maringá-PR; 2. Professora da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional-FEITEP, Maringá-PR; 3. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional-FEITEP, Maringá-PR.

* Avenida Paranavaí, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87070-130. prof.analidia@feitep.edu.br

Recebido em 28/06/2022. Aceito para publicação em 04/07/2022

RESUMO

O termo pavimentação é datado no Brasil em meados de 1860 com a primeira estrada registrada. Como recorte da grande área de Engenharia Civil, a pavimentação salienta a importância da ótima gestão e aplicação de metodologias adequadas para a infraestrutura e desenvolvimento econômico de um país. Com foco no estudo das camadas do pavimento, tem-se o subleito, sub-base, base e revestimento, sendo definidas como as camadas. Por ser o modal rodoviário o mais utilizado no país, é de extrema relevância o estudo de patologias a fim de gerar possibilidades de aumento da vida útil destes pavimentos. O estudo de caso em se tratando das camadas do pavimento ainda oferece discernimento para construções e obras futuras, com embasamento teórico e observação da prática errônea dos processos e procedimentos que podem ser aferidos, garantindo então a extensão da vida útil do pavimento. Esta pesquisa busca propor que nas construções futuras haja fiscalização conforme normativas e parâmetros técnicos no intuito de não ocorrência das patologias de ‘borrachudo’. Realizou-se o estudo de caso em uma estrada em construção, e para o trecho escolhido, usou-se levantamentos fotográficos, elaboração de mapas e memoriais. Como resultado, observou-se que a patologia é oriunda da falta de treinamento do profissional o que favorece a ocorrência de problemas de tal tipo e a falta de controle da umidade no solo, como principais fatores. Conclui-se que para obras de pavimentação, com solo-cimento, devem ser realizados a fiscalização por profissional habilitado, para que não haja nenhum tipo de patologia em questão, além de controle absoluto dos materiais a serem empregados na execução, a fim de oferecer vida útil ao pavimento.

PALAVRAS-CHAVE: Mão de obra, terraplanagem, patologias.

ABSTRACT

The term paving is dated in Brazil in the mid-1860s with the first recorded road. As part of the large area of Civil Engineering, paving emphasizes the importance of optimal

management and application of appropriate methodologies for the infrastructure and economic development of a country. Focusing on the study of the pavement layers, we have the subgrade, subbase, base and coating, being defined as the layers. As the road modal is the most used in the country, it is extremely important to study pathologies generate possibilities to increase the useful life of these pavements. The case study in the case of the pavement layers still offers insight for future constructions and works, with theoretical basis and observation of the erroneous practice of the processes and procedures that can be measured, thus guaranteeing the extension of the useful life of the pavement. This research seeks to propose that in future constructions there is inspection according to regulations and technical parameters to avoid the occurrence of 'Rubbery' pathologies. The case study was carried out on a road under construction, and for the chosen section, photographic surveys, maps and memorials were used. As a result, it was observed that the pathology comes from the lack of professional training, which favors the occurrence of problems of this type and the lack of control of moisture in the soil, as main factors. It is concluded that for paving works, with soil-cement, inspection must be carried out by a qualified professional, so that there is no type of pathology in question, in addition to absolute control of the materials to be used in the execution.

KEYWORDS: Manpower, earthworks, pathologies.

1. INTRODUÇÃO

A pavimentação no Brasil possui dados históricos datados do século XVI, mas em 1861 se tem a primeira estrada de rodagem do Brasil, a Estrada União Indústria, 1861¹.

Segundo a CNT (Confederação Nacional do Transporte)², em estudo realizado no ano de 2018, somente 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada, mesmo com o crescimento acelerado da frota de veículos.

O pavimento, segundo Caputo³, é constituído por camadas, sendo o Subleito, Sub-base e Base, e o revestimento. O pavimento pode ser definido, como

sendo uma superestrutura constituída por um sistema de camadas finitas, sobre outra camada considerado infinito, sendo o subleito⁸. O Subleito é o terreno natural que vai ser preparado, com solo do local ou dependendo da necessidade com solo de empréstimo⁹.

Logo após a sub-base e base, que tem como função receber as cargas geradas pelo revestimento, essa camada pode ser granulada ou estabilizada. A última camada de um pavimento é o revestimento, destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento³.

O pavimento pode ser rígido, semirrígidos e flexíveis⁴. Além disso, o pavimento é constituído por materiais que são recursos naturais, são eles: brita graduada, areia, cimento, água, emulsão asfáltica, ligantes, e demais que podem estar presentes na composição. No estudo de caso citado, tem-se a utilização de solo cimento.

O solo cimento é um material composto da mistura de solo, cimento e água nas suas proporções estipuladas por normativa, de forma que ofereça resistência e durabilidade¹⁰.

A camada de base solo-cimento nada mais é que a utilização da camada base solo-cimento, compactadas e submetidas a um processo de cura³. Aliado ao desempenho e escolha dos materiais, vale salientar a sequência de atividades a serem realizadas na execução das obras de pavimentação. A terraplanagem compõe parte deste processo.

A terraplanagem é um serviço necessário que em ocasiões remove terra de locais em excesso (Corte), e se deposita (Aterro), apresentando como seguimento um projeto de terraplanagem⁷.

Nas obras de grandes movimentações de terra, esse tipo de serviço é mecanizado, ou seja, utiliza-se de equipamentos adequados. A sua mecanização permite uma movimentação de grandes volumes de terra em tempos de ciclos curtos e velocidade de operação, resultando custos menores comparado à mão de obra manual³.

As obras de pavimentação devem seguir padrão normativo, com utilização dos materiais, que para o solo-cimento tem-se as exigências do DNIT¹⁰. Tais parâmetros permitem a usabilidade e garantia de que este pavimento após entrega, terá sua vida útil máxima, ou próxima disso, se houverem as manutenções aplicadas, DNIT¹¹.

O pavimento, após entrega e finalização da obra, precisa estar de acordo com as definições normativas e os padrões exigíveis de uso, uma vez que podem causar acidentes oriundos de más condições de dirigibilidade para os condutores.

Considerando os problemas causados por falta de manutenção, mão-de-obra não-qualificada, materiais com quantidade não-exata, fiscalização não-adequada, o pavimento fica sujeito à algumas patologias, sendo as mais comuns: couro de jacaré, panela, trincas, fissuras e borrachudo¹¹.

A patologia adotada “borrachudo” é gerada quando a umidade desse solo, na sua base do pavimento, está acima do ideal, ficando esse solo com aspecto e aparência de borracha e trincas, e essa camada está propensa a maior infiltração de água. O recorte a ser apresentado como estudo de caso foi escolhido a título de apresentar uma solução para patologia diagnosticada frequentemente para o trecho de estudo. Além de apresentar que a patologia citada, demanda custos de reparo, o que torna inviável a correção de tal patologia, sendo então necessário o controle para a não ocorrência desta situação.

Neste aspecto, o presente estudo tem por objetivo realizar um Estudo de Caso, o entendimento da possível causa do fenômeno borrachudo, além das alterações de umidade do solo, para propor medidas mitigatórias a fim de solucionar tal evento, garantindo melhor controle às obras. O presente estudo verificará qual a influência dos materiais a serem utilizados na execução de uma pavimentação, bem como sua possível relação com a fiscalização técnica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do estudo de caso

O presente estudo de caso foi verificado em uma cidade do interior do Paraná. Segundo o IBGE (2010)¹², o local caracteriza-se como uma cidade de pequeno porte, com população censitária de cerca de 7 mil habitantes, conforme pesquisa realizada no ano. O trecho necessitava de uma via pavimentada para o tráfego de caminhões pesados, sentido propriedades rurais e Usina de Álcool. Com isso foi feito uma via pavimentada e escolhido o local de estudo de caso.

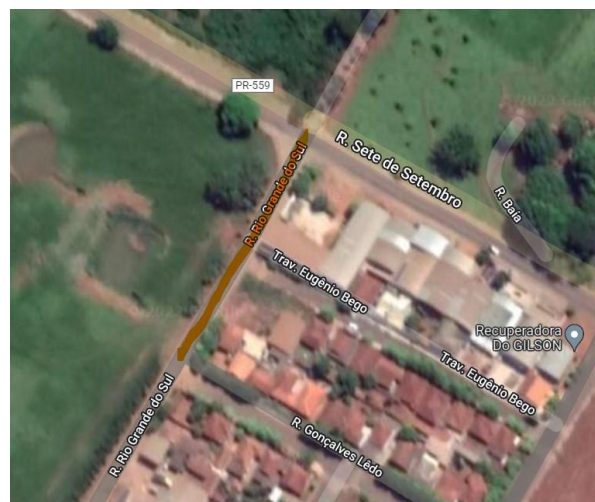


Figura 1. Local do estudo de caso. **Fonte:** Autor (2021).

Devido a demanda do fluxo de caminhões da região, misturando equipamentos agrícolas com veículos da população, ficando assim um trajeto perigoso, se fez o estudo de uma pavimentação no local.

Para o desenvolvimento da pesquisa, estudou-se uma obra de pavimentação em uma via destinada a veículos de cargas pesadas. A Figura 1 mostra o local

da análise. Para o estudo do caso, tiveram-se o auxílio de trenas métricas, levantamento fotográfico e visual do local estudado e os veículos carregados de terra para a análise do solo em si, realizando o ensaio (teste de carga – Norma 055/2004 DNIT).

Foi acompanhado a obra desde a Terraplanagem até o revestimento asfáltico aplicado.

Conforme figura 2, observa-se as camadas de um pavimento.

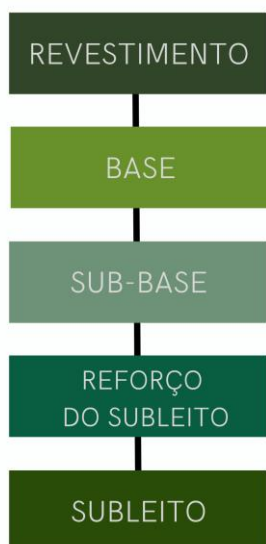


Figura 2. Camadas do pavimento. **Fonte:** Autor (2022).

Em campo verifica-se o estado do solo utilizado para a pavimentação, e in loco observou-se duas camadas de solo com solo cimento (Terra, cimento Portland e água). Os responsáveis técnicos indicaram em projeto as duas camadas de solo, sendo necessário para a via de tráfego pesado, sendo rota de caminhões canavieiros, exigindo assim uma via de alta resistência, um reforço para o revestimento asfáltico. O termo definido como “Borrachudo”, é utilizado quando uma parte do solo feito após a cura, tem uma porção de umidade acima do ideal e apresenta trincados e aspecto “fofo”, não ideal para a camada de pavimento acima, conforme observado na Figura 2.

O método do DNIT 055/2004, deve ser utilizado para a determinação do subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos⁵. Primeiramente é escolhido o ponto do trecho para a realização do ensaio, sendo nos dois bordos e eixo da pista. O ensaio é realizado com carreta ou caminhão com aplicação de força de 78 a 98KN.

O teste de carga, é usado para verificar o solo já finalizado. Conforme o caminhão se desloca pela via de solo, não deve apresentar desagregação de partículas ou rompimento do solo, bem como o aspecto fofo não deve ser parte do processo de observação in loco, e se observado quaisquer dos parâmetros este solo é

considerado reprovado, ou seja, se faz necessário a retirada do material e substituição por outro solo e, deve ser realizado o acabamento. Esse ensaio, conforme Norma, deve ser com caminhão carregado, e acompanhado por um fiscal da obra.

Observa-se na Figura 3, que após o solo cimento finalizado, são realizados o Teste de Carga conforme o que sugere a norma 055/2004 do DNIT. Esse ensaio in loco é necessário e está diretamente ligado ao aparecimento de patologias, ou seja, se houverem alguma das manifestações patológicas, aparecerão para esse ensaio, e poderá ser solucionado antes da aplicação do revestimento no pavimento. O Teste de Carga 055/2004 do DNIT deve ser acompanhado pelo responsável técnico da obra e o executor.



Figura 3. Teste de carga. **Fonte:** Autor (2021).

2.2. Caracterização do estudo de caso

Relizou-se a pesquisa no determinado trecho, a fim de verificar como estudo de caso, uma região de grande tráfego de veículos pesados, e sua importância no município. É uma rota de tráfego diretamente ligada à usina alocada na região. Esse tipo de análise ainda é pouco estudado, tornando relevante a exposição da pesquisa.

A Figura 4 demonstra a aplicação de Cimento Portland na forma de mistura com o solo.

Após a finalização do processo de solo-cimento é adicionado ao nível o cimento Portland, devidamente calculado na distância que serão lançados no trecho, misturando os dois materiais com uma motoniveladora e um trator rotativa, logo após é utilizado um rolo

compactador pé de carneiro até que o solo se apresente devidamente compactado, e é necessário um caminhão pipa no local pois essa camada de solo deve ser hidratada, para manutenção da umidade.



Figura 4: Aplicação de cimento no Solo. **Fonte:** Autor (2021).

A finalização da camada de solo é concluída pela motoniveladora para dar o corte de acabamento e posterior selagem de pneu com caminhão carregado, apresentando-se pronto para a pintura de ligação.



Figura 5: Troca de solo com patologia. **Fonte:** Autor (2021).

De acordo com a figura abaixo (Figura 5), apresenta-se um trecho do solo-cimento com patologia após aplicação do ligante asfáltico.

A Figura 6, mostra o comportamento do solo com a umidade acima do que é necessário, se fazendo essencial a troca do solo para garantir a usabilidade do trecho.

Com base nos dados de campo torna-se possível analisar as diferenças dos solos, os que obtiveram êxito e os trechos que se observou patologias (borrachudo). Para esses trechos são notórias as diferenças, tanto visual como mecânica (solo tipo borracha, quando a carga passa pelo local tem uma movimentação não recomendável). A patologia, quando observada pelo técnico, deve ser corrigida na terraplanagem, já que no futuro se havendo a aplicação do revestimento asfáltico, surgirão infiltrações e consequente descolamento do asfalto.



Figura 6: Maquinário no auxílio da troca de solo. **Fonte:** Autor (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise feita no presente trabalho, sendo a patologia em solo de um pavimento, é um acontecimento normal no processo de execução de infraestrutura de pavimentos.



Figura 7: Retirada de pavimento com borrachudo. **Fonte:** Autor (2021).

O “borrachudo” em estudo, é o excesso de água no solo, o tornando plástico. Chegou-se a esse tipo de patologia, depois do trecho analisado, que logo após o solo finalizado precisou ser retirado uma porção do

solo, pois não estava em condições ideais para seguir na construção do pavimento. O solo ideal para a colocação do revestimento asfáltico (última camada do pavimento), é de que em todo o trajeto não haja nenhum tipo de plasticidade e trincas aparentes, podendo fazer a imprimação com ligante asfáltico e aplicar o revestimento.

A não troca de solo com esse tipo de patologia, gera um pavimento depois de executado, com problemas, dando infiltrações e podendo até retirar uma maior parte do revestimento asfáltico aplicado, como na Figura 7.

Um exemplo de solo finalizado, com pintura de ligação, conforme Figura 8, esperando a aplicação da camada de revestimento asfáltico, que no caso da obra, CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente).



Figura 8. Solo cimento executado com ligante aplicado. **Fonte:** Autor (2022).

A fiscalização em obras se faz indispensável para evitar problemas dos observados no trabalho em estudo. As patologias observadas remetem ainda mais a necessidade de controle de obras e de mão de obra, a fim de tornar padrão a qualidade e homogeneidade do pavimento a ser executado, garantindo aos usuários a segurança o conforto e a economia. Nesse caso o profissional responsável pela execução observa se os padrões normativos e técnicos foram seguidos, e orienta os colaboradores a fim de diminuir falhas. Conhecido como borrachudo, termo técnico que exprime a patologia gerada pela falta de material adequado na execução e excesso de água no solo a ser usado no pavimento resulta-se na patologia “borrachudo”.

A consequência das patologias em geral ocasionando uma curta vida útil aos pavimentos, por isso vê-se frequentemente a necessidade de recuperação das vias e consequentemente grandes perdas monetárias, que poder-se-iam ser evitadas, caso houvesse um melhor e maior controle dos materiais na execução, além da exigência de profissionais preparados.

4. CONCLUSÃO

Mediante a este estudo, permite-se perceber que na execução de um pavimento as camadas que ele contém são muito importantes para sua resistência e durabilidade. Como em todas as áreas da Engenharia no andamento da construção, é indispensável a

presença de um fiscalizador da obra, sendo ele um Engenheiro ou fiscal responsável. Os serviços a serem executados devem seguir os projetos, e possuem uma etapa correta para execução.

Observa-se que a camada base de um pavimento é uma parte muito importante na composição do solo, sendo um causador de patologias futuras caso a execução tenha algum tipo de falha.

Respondendo aos questionamentos da pesquisa, sobre a questão de materiais influenciar no estudo apontado, a água é um fator que foi visto como um problema para essa futura patologia, porém não foi analisado em laboratório algum tipo de amostra do solo em questão, para analisar sua umidade, que precisa ser realizado por um técnico laboratorial.

No que se trata a pergunta da relação da fiscalização com a obra, é sim um grande determinante para a execução da obra, que foi apresentado no estudo, em todas as fases da construção.

Para uma futura pesquisa sobre o assunto, o presente estudo serve como auxílio não somente para área de pavimentação, mas em toda área de engenharia.

A retirada completa do solo que apresenta a patologia deve ser rigorosamente acompanhada de responsável técnico, e é iniciado a retirada com auxílio de pá carregadeira, e após, troca-se essa quantidade de solo por outra quantidade preparada com cimento e terra (solo-cimento), além de serem realizados o processo de mistura do solo e a selagem deste, para que por fim, sejam dados o acabamento com a motoniveladora, e se apresentado uma camada homogênea são satisfeitos os procedimentos para continuidade da execução do pavimento e finalização da obra, sem que haja o aparecimento das patologias.

Com isso, prova-se a importância e relevância de tal estudo realizado para o trecho de alto fluxo de veículos com cargas pesadas, e considerados a relevância do pavimento adequado para a região em que se realizou o estudo, possibilitando a região melhor e maior desenvolvimento econômico social e ambiental.

Com asfalto pronto, a economia do local impulsiona, um dos grandes fatores por ser uma região dependente do fluxo alto de caminhões de cana, por existir uma usina de álcool. O desenvolvimento social da população por não tem mais enchentes, lama, e problemas causados pela chuva quando não se tem um pavimento finalizado, podendo também as cidades serem interligadas por uma estrada. Quando se fala de ambiental, é o menor uso de recursos naturais consequente da geração de resíduos.

O estudo de caso teve por objetivo aplicar o entendimento da possível causa observada no fenômeno borrachudo, e se tais causas são ocorrências de excesso de água no solo, ou despreparo técnico dos profissionais envolvidos no processo de compactação do solo na etapa de terraplanagem.

As propostas de medidas mitigatórias para a solução de tal evento que garantam melhor controle as obras são: equipe bem preparada, os recursos naturais

(solo) devem seguir o exigido pela norma do DNIT 058/2004 - ES, cimento Portland, equipamentos necessários para execução em boas condições de uso.

Existe uma direta influência dos materiais usados na execução de um solo-cimento de um pavimento com a fiscalização. O solo deve seguir algumas características, passando na peneira 76mm 100%, na n°4 50 a 100%, n°40 15 a 100% e na n° 200 5 a 35%, além disso com limite de liquidez máximo de 40% e índice plasticidade máximo 18%. O cimento deve seguir as normas NBR5732/80 Cimento Portland Comum e NBR11578 Cimento Portland Composto. Tendo esses dados em mãos o fiscal irá verificar se a obra está de acordo com as Normas.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Construção da Estrada da União e Indústria: Condicionantes Hidro geomorfológicos – Bartholomeu, M.C. (Puc-Rio); Waldherr, F.R. (Puc-Rio) 2012.
- [2] CNT (Confederação Nacional do Transporte) 2018.
- [3] Caputo, Mecânica dos Solos e suas aplicações. Rio de Janeiro, RJ: Ed. LTC, 1983.
- [4] Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros – Bernucci, L. B., Da Motta, L.M.G., Ceratti, J.A.P., Soares, J. B. 2008.
- [5] Norma DNIT 055/2004 ME – Pavimento rígido – Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos – Método de ensaio.
- [6] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Manual de Pavimentação. 3 eds. Rio de Janeiro, 2006.
- [7] Andrade, L.R., 2022. Comparação de comportamento de pavimentos asfálticos com camadas de base granular, tratada com cimento e com estabilizantes asfálticos para tráfego muito pesado. 2017. Usp. São Paulo – São Paulo.
- [8] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Manual de Pavimentação. 3 eds. Rio de Janeiro, 2006.
- [9] Introdução à pavimentação tt 051 – pavimentação Prof. Mário Henrique Furtado Andrade UFPR.
- [10] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Pavimento rígido – Execução de sub-base de solo-cimento – Especificação de serviço. Rio de Janeiro 2004.
- [11] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Manual de conservação da Rodovia. Rio de Janeiro 2005.
- [12] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [. Acesso 28 mar. 2022]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/>