



ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PAVIMENTO RÍGIDO DA RODOVIA BR-163/PR

Carlos Henrique Tebaldi¹; Maycon André de Almeida²; Luis Felipe Domingues Bernardo³.

¹Discente, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, carlostebaldi97@gmail.com;

²Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento, Prof. Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, mayconalmeida@creapr.org.br;

³Engenheiro civil especialista em estruturas de concreto, fundações e mistas, luisfelipedb@gmail.com.

RESUMO: O meio rodoviário é o principal modal de transporte do país, contudo, muitas dessas rodovias apresentam algum tipo de alteração de sua forma inicial, por isso, o presente trabalho teve como objetivo geral realizar uma análise visual quantitativa, limitado ao estudo das manifestações patológicas, descrevendo as possíveis causas e métodos corretivos para o pavimento rígido afetado. Realizou-se uma verificação da rodovia BR-163/PR que está em processo de duplicação, subtrecho selecionado entre os municípios de Cascavel/PR a Santa Tereza do Oeste/PR, no qual ocorreu inspeção *in loco* em 8 km de pavimento em concreto e, que posteriormente foram planilhados, analisados e demonstrados graficamente. Verificou-se que do total de placas analisadas 32% apresentaram alguma anomalia, destes problemas os que possuem maior predominância foram a retração plástica e selagem das juntas, que somados chegam à 58%, os outros 42% restantes são fragmentados entre fissuras lineares (longitudinais, verticais e diagonais), esborcinamento ou quebra de canto e esborcinamento de juntas, pequenos e grandes reparos. Os defeitos estão associados principalmente ao emprego de técnicas executivas e materiais inadequados que podem ocorrer com diferentes frequências, tendendo a se agravar com o decorrer do tempo. Com isso, após analisar as possíveis causas foram propostos alguns métodos reparativos correspondentes à cada problema localizado.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento rígido; Manifestações patológicas; Reparos em pavimentos.

1 INTRODUÇÃO

O meio rodoviário é o mais importante modal de transportes do Brasil, principal responsável pelo fluxo de bens e pessoas. No entanto, apresenta uma baixa qualidade de infraestrutura, possuindo apenas 12,4% da malha pavimentada e destes somente 7,3% são em pistas duplicadas, segundo os dados da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018).

Dependendo da propriedade do revestimento utilizado no pavimento rodoviário há uma classificação diferente, podendo ser rígido, semirrígido ou invertido e flexível. O rígido ou de concreto é composto por cimento Portland podendo ser armado (PCA) ou simples (PCS) e a camada de revestimento também funciona como estrutura. O pavimento semirrígido possui uma camada cimentícia abaixo de um revestimento flexível e chama-se invertido quando se situa na camada inferior. Já o flexível é conhecido como pavimento asfáltico, aquele que após a aplicação de um carregamento sofre deformação em todas as camadas.

Balbo (2005), define que os pavimentos de concreto simples (PCS) – portanto, não armados – são constituídos de placas de concreto moldadas in loco, e delineados por serragem de juntas transversais e longitudinais (para controle da retração). Essas placas encontram-se assentes sobre um sistema de apoio constituído da base (esta, eventualmente, sobre uma sub-base) e do subleito. Tem as características estruturais e construtivas de concreto de alta resistência em relação a concretos estruturais para edifícios, que combate os esforços de tração na flexão gerados na estrutura, por não possuir armaduras para isso.

Durabilidade e resistência são os principais trunfos do pavimento rígido. Apesar do investimento inicial para implantação ser mais alto que do pavimento flexível, a menor necessidade de manutenção pode, assim, diminuir este ônus, se executado de acordo com as especificações técnicas. Segundo Severi (1991), os pavimentos de concreto, quando dimensionados e construídos corretamente, suportam um grande número de solicitações de tráfego sem requerer atividades de manutenção pesada, ou seja, intervenção de com grau de intensidade maior que resulta na substituição parcial ou completa de uma placa de concreto.

As manifestações patológicas que ocorrem nos pavimentos de concreto podem ter origem funcional ou estrutural. As funcionais estão ligadas à irregularidade presente na superfície do pavimento podendo afetar as condições de segurança e conforto ao rolamento (BALBO, 2007), enquanto as de origem estruturais estão relacionadas aos defeitos como fissuras e descontinuidade nos materiais que podem causar danos prejudiciais a integridade estrutural do pavimento (FELIX, 2008).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo geral realizar uma análise visual quantitativo, limitado ao estudo das manifestações patológicas, descrevendo as possíveis causas e métodos corretivos para o pavimento rígido afetado num segmento de 8 km da duplicação BR-163/PR. Com isso, os objetivos específicos propostos foram realizar a inspeção visual na rodovia para identificar a ocorrência das manifestações patológicas, investigar as possíveis causas das mesmas e propor as soluções para correção dos problemas encontrados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pavimentos rodoviários

Santana (1993), define que pavimento é uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem, cuja função principal é fornecer ao usuário segurança

e conforto, estes devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia com a máxima qualidade e o mínimo custo.

O pavimento deve proporcionar a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular, mais aderente e menos ruidosa, garante-se conforto no deslocamento dos usuários, segurança em condições de umidade e melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais, proporcionando automaticamente aos usuários uma expressiva redução nos custos de operação e manutenção dos veículos, estes diretamente ligados às condições de superfície dos pavimentos (BALBO, 2007).

Um estudo divulgado pela CNT (2017), aponta que 57,3% das estradas brasileiras, apresentam condições inadequadas ao tráfego. A reduzida densidade da malha rodoviária é um dos fatores que influenciam a posição do Brasil no ranking de competitividade global do Fórum Econômico Mundial, no quesito qualidade da infraestrutura rodoviária.

O pavimento, se comparado com outras estruturas usuais da engenharia civil, tem vida curta. É na realidade, construído para ser destruído pelo tráfego ao longo de 10, 20 ou no máximo 50 anos. Por esse motivo a compreensão dos processos de deterioração e destruição do pavimento é de vital importância (ODA, 2014).

Segundo Andrade (2005), os pavimentos rígidos são constituídos por placas de Concreto de Cimento Portland (CCP) e quando comparados aos pavimentos flexíveis, possuem rigidez elevada devido ao elevado Módulo de Elasticidade do CCP. Estes pavimentos, eventualmente, podem ser reforçados por telas ou barras de aço, com objetivo de aumentar o espaçamento entre as juntas ou promover reforço estrutural. Na Figura 1 é demonstrado em seção as camadas do pavimento rígido, como é posicionada a barra de transferência e a junta transversal de contração.

Figura 1: Placas de pavimento de concreto simples.



Fonte: Balbo (2007).

Embora o concreto, simples ou armado, seja um material tradicional, de dosagem e controle conhecidos, objeto de normas e especificações já bastante testadas na construção civil, o seu uso na pavimentação de rodovias é pouco frequente. Assim, aos engenheiros rodoviários,

é necessário regredir o assunto até quase suas origens, para melhor compreensão das etapas executivas a serem vencidas até a entrega da pista pavimentada (SENÇO, 1997).

2.2 Manifestações patológicas

Os defeitos mais comuns dos pavimentos rígidos estão normalmente associados ao emprego de técnicas executivas e materiais inadequados, aliados à ausência de uma manutenção rotineira requerida por esse tipo de estrutura; podem ocorrer com diferentes frequências e graus de severidades, que tendem a se agravar com o decorrer do tempo (DNIT, 2010).

O levantamento de defeitos nas placas e nos demais elementos dos pavimentos de concreto é o primeiro passo para a determinação das atividades de manutenção, comumente corretiva, e pode-se, num dado momento, conforme tipos e os montantes de serviços de manutenção, chamá-la simplesmente de restauração (BALBO, 2009).

Explicitamente, os principais fatores causadores da degradação de um pavimento rígido são: deficiência da capacidade de suporte da fundação; drenagem mal projetada ou mal executada; excesso de carga dos veículos comerciais; execução deficiente ou falta de manutenção do material selante das juntas (DNIT, 2010).

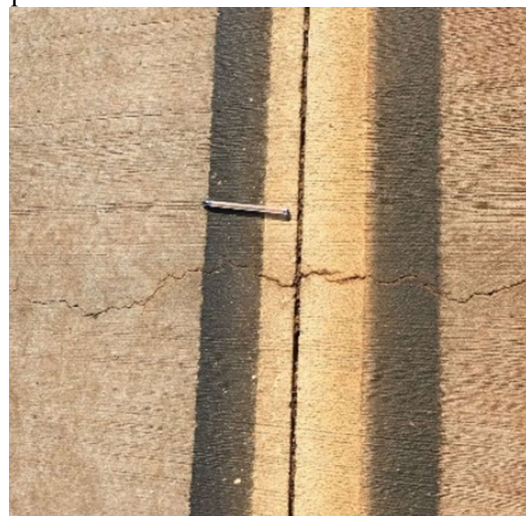
Segundo DNIT (2010), o grau de severidade dos pavimentos é classificado de acordo com seu defeito, dimensão, condição ou com sua influência no conforto, segurança ou escoamento do tráfego, classificados entre baixo, médio e alto. Alto é o defeito que já compromete a segurança de rolamento e provoca interrupções no escoamento do tráfego, devendo ser imediatamente reparado, o médio e baixo não causam prejuízos, apenas desconforto.

2.2.1 Fissuras lineares

São fissuras as que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. De acordo com DNIT (2010), como fissuras lineares enquadram-se em transversais, longitudinais e diagonais.

As fissuras transversais, que ocorrem na direção da largura da placa, perpendicularmente ao eixo longitudinal do pavimento, Figura 2. As causas prováveis são a cura deficiente, atraso na serragem das juntas transversais, profundidade insuficiente do corte da junta e insuficiência de suporte da fundação.

Figura 2: Ilustração da fissura transversal e fissura em pavimento.



Fonte: Autor (2019).

Fissuras longitudinais são as que ocorrem na direção do comprimento da placa, paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento, conforme Figura 3. São provocadas pelo empenamento da placa no sentido transversal, profundidade insuficiente do corte da junta longitudinal, no caso de pavimento com várias faixas de tráfego.

Figura 3: Ilustração da fissura longitudinal e fissura em pavimento.



Fonte: Autor (2019).

Já, as fissuras diagonais, são fissuras inclinadas que interceptam as juntas do pavimento, a uma distância maior que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas, de acordo com as Figura 4. São possivelmente provocadas por deficiência no suporte da fundação, ou são oriundas da formação simultânea de fissuras transversal e longitudinal.

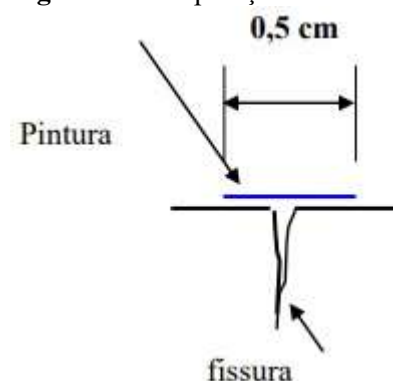
Figura 4: Ilustração da fissura diagonal e fissura em pavimento.



Fonte: Autor (2019).

Sugere-se como método de recuperação, conforme DNIT (2010) para fissuras lineares que não atravessam toda a espessura da placa de concreto e possuem abertura igual ou menor que 0,4 mm, aplicar uma resina epóxi de baixa viscosidade permitindo que, por absorção capilar seja realizado uma vedação satisfatória. Para a aplicação deste tratamento deve-se lixar, limpar e secar a superfície do concreto ao longo de toda a extensão da fissura. Com um pincel, aplicar sobre a fissura e sobre a faixa que a contém, conforme Figura 5 a resina epóxi bastante fluida, somente considerar como terminado, quando a fissura não absorver mais a resina.

Figura 5: Recuperação de fissuras lineares que não atravessam a espessura da placa.



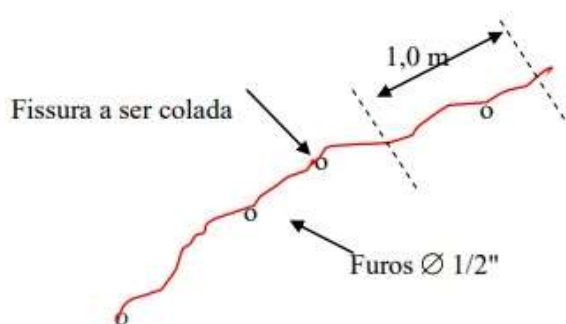
Fonte: DNIT (2010).

Para fissuras lineares que não atravessam toda a espessura da placa de concreto e possuem abertura entre 0,4 mm e 1,0 mm, deve-se fazer uma selagem cortando-se com uma serra de disco cada lado da fissura, numa profundidade de 25 mm, de modo que a distância

entre os cortes seja de, no máximo, 30 mm, quando a fissura for muito irregular, recomenda-se o apicoamento (picagem do concreto para remoção) de suas bordas, ao longo de toda a sua extensão, numa seção retangular, com profundidade máxima de 25 mm e largura máxima de 50 mm. Após removem-se as partes soltas de concreto entre os cortes e aplica-se o material selante apropriado (DNIT, 2010).

Em fissuras que atravessam toda a espessura da placa com abertura igual ou menor que 0,4 mm, ao longo da fissura efetuar furos com broca de vídea com 12 mm de diâmetro (1/2"), na direção perpendicular à superfície do pavimento, até a profundidade de 30 mm com espaçamento em torno de 50 cm. A seguir, os furos devem ser limpos e secos, nestes furos devem ser colocados tubos plásticos transparentes, para a contenção da resina de injeção, deve ser aplicado um adesivo estrutural. Decorrido o período de cura da resina, os tubos de injeção devem ser removidos e preenchidos com a mesma resina da injeção. Na aplicação dos materiais de injeção, devem ser seguidas as orientações do fabricante dos materiais (DNIT, 2010). Deve-se injetar resina, conforme descrito na Figura 6.

Figura 6: Recuperação de fissuras lineares que atravessam a espessura da placa.



Fonte: DNIT (2010).

Conforme DNIT (2010), para fissuras com abertura entre 0,4 mm e 1,0 mm e que atravessam a espessura da placa, deve ser adotado o mesmo procedimento descrito nas fissuras lineares que não atravessam toda a espessura da placa e que apresentam defeitos com a mesma faixa de abertura.

2.2.2 Esborcinamento ou quebra de canto

DNIT (2010) define que o esborcinamento são quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60 cm do canto, de

acordo com a Figura 7. São decorrentes da retirada das fôrmas nestes locais de maneira brusca, ou com o concreto tendo ainda uma resistência baixa. Podem, também, ser devidas a uma utilização imprópria dos veículos pesados, quando eles trafegam fora das trilhas consideradas no projeto.

Figura 7: Esborcinamento ou quebra de canto.



Fonte: Autor (2019).

Para recuperação corta-se o concreto com serra de disco diamantado, até uma profundidade de 1,5 a 2 cm, segundo uma linha paralela à junta, distando de aproximadamente 15 cm, remove-se o concreto entre a junta e o corte até a profundidade necessária, que deve ter 5 cm, no mínimo.

Após, remover as partes de concreto afetadas ou em mau estado, aplica-se uma pintura de ligação (ponte de aderência), com pasta à base de resina epóxica com base acrílica ou uma calda de cimento e adição da mesma resina, numa espessura de 1 a 2 mm (exceto na parede formada pela placa adjacente, onde deve ser colocada uma talisca de madeira, plástico ou isopor, para recompor a junta), preparar pequenas quantidades desta calda adesiva, pois o intervalo de tempo máximo decorrido entre a aplicação desta calda e o lançamento do concreto de encontro a ela deve ser de 20 minutos. Logo em seguida, lança-se o concreto, podem ser empregadas argamassas de grout de alta resistência e não retráteis, além de argamassas de cimento e areia ou argamassas poliméricas adequadas para este tipo de aplicação. O concreto deve ser curado inicialmente com produtos de cura química e, posteriormente, com panos ou

sacos de estopa ou de aniagem, mantidos permanentemente úmidos, até a placa ser aberta ao tráfego (DNIT, 2010).

2.2.3 Esborcinamento de juntas

O esborcinamento das juntas se caracteriza pela quebra das bordas da placa de concreto (quebra em cunha) nas juntas, com o comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura de 20 cm da placa, conforme Figura 8.

Figura 8: Esborcinamento de juntas.



Fonte: Autor (2019).

DNIT (2010), cita que pode ter como causas a remoção precipitada das fôrmas, serragem prematura da junta, quando o concreto ainda não apresenta uma resistência adequada, infiltração de materiais incompressíveis na junta, quando ela está muito aberta (em tempo frio), que posteriormente irão comprimir as bordas da junta, quando o tempo se tornar quente e as juntas se fecharem. Para o método reparativo segue o mesmo utilizado no esborcinamento ou quebra de canto.

2.2.4 Falha de selagem nas juntas

É qualquer avaria no selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta, ou que permita a infiltração de água (DNIT, 2010). As principais falhas observadas no

material selante são: má qualidade ou inadequabilidade do material, rompimento por tração ou compressão, extrusão do material, crescimento de vegetação endurecimento (oxidação) do material, perda de aderência às placas de concreto e quantidade deficiente de selante nas juntas, de acordo com a Figura 9.

Figura 9: Falha de selagem nas juntas.



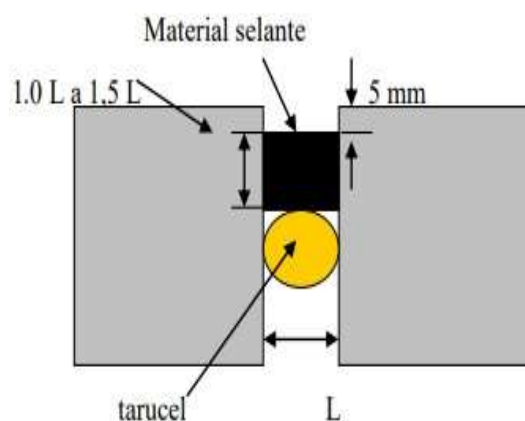
Fonte: Autor (2019).



Fonte: Autor (2019).

Para recuperação de juntas, segundo (DNIT, 2010), utilizar base de silicone, que é especialmente indicado para juntas de grande movimentação e abertura, de cura lenta, base de poliuretano ou asfalto polimerizado e aplicado a quente. Na colocação do selante, deve ser deixado um pequeno espaço vazio na parte superior, cerca de 5 mm conforme Figura 10, para se evitar que, com o fechamento da junta, o material selante aflore e seja danificado pelo tráfego.

Figura 10: Recuperação da selagem nas juntas.

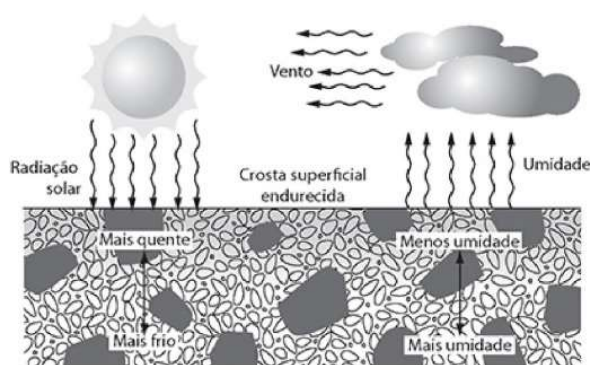


Fonte: DNIT (2010).

2.2.5 Retração Plástica

Encontra-se intimamente associada à evaporação de água na superfície do concreto antes do final da cura. A Figura 11 apresenta o mecanismo da retração plástica no concreto ainda fresco. A ação da radiação solar e da temperatura ambiente na massa faz surgir uma zona superior (na placa de concreto) mais aquecida que seu fundo, e isso, evidentemente, gera um gradiente térmico ao longo da profundidade. A superfície aquecida vai formando rapidamente uma crosta (mais endurecida), e o gradiente térmico causa a mobilização de maior umidade para a superfície, cuja água, por capilaridade e sucção, sobe a partir dos estratos inferiores da massa de concreto.

Figura 11: Mecanismo de ocorrência de retração plástica.



Fonte: Holland (2005).

A temperatura externa da atmosfera, o desequilíbrio entre a umidade da superfície e do ar, a radiação solar imediata e os ventos serão agentes de evaporação dessa água superficial, o que provocará tensões superficiais de contração na pasta de cimento, forçando a ruptura, ou seja, a abertura de fissuras superficiais. Essas fissuras são ditas de retração plástica e têm a tendência de avançar, propagando-se ao longo da placa de concreto.

O concreto tem tendência a fissurar, conforme Figura 12 e as fissuras descontroladas causam, antes de tudo, um razoável prejuízo estético na percepção do usuário. Além disso, as fissuras geram problemas estruturais de difícil solução e a redução da durabilidade, inclusive funcional, dos pavimentos de concreto. (WEISS, 2007).

Figura 12: Retrações plástica.



Fonte: Autor (2019).

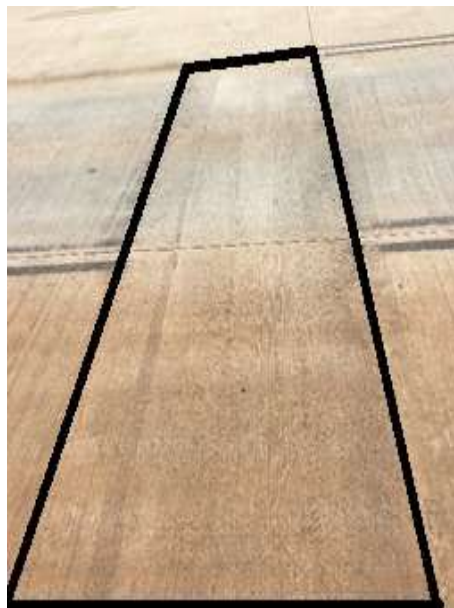
Como possíveis causas, em conformidade com DNIT (2010), podem ser a execução do pavimento em ambiente de muita insolação, ação de ventos e baixa umidade relativa do ar, aditivos empregados no concreto (qualidade ou superdosagem), que podem retardar demasiadamente a pega do concreto, agravando as consequências da retração plástica.

Assim, as seguintes medidas podem ser consideradas como abertamente favoráveis ao controle do fenômeno, segundo Helene (1992), evitando o desempenamento excessivo da superfície de concreto, em regiões muito quentes, quando possível, trabalhar com concretos frios, manter o substrato umedecido, fazer uso de cortina de fumaça em situações especiais, cobrir o concreto lançado com lona plástica entre as diversas fases de construção in loco e fazer o uso de modernos produtos retardadores de evaporação, adicionados ao concreto durante sua usinagem. Estas fissuras, devem ser tratadas conforme indicado na subseção 2.2.1.

2.2.6 Grandes reparos

Entende-se como "grande reparo" uma área do pavimento original maior que 0,45 m², na qual havia uma manifestação patológica e esta foi removida, posteriormente o local foi preenchido com concreto de alta resistência (DNIT,2010), conforme Figura 13.

Figura 13: Grandes reparos.



Fonte: Autor (2019).

2.2.7 Pequenos reparos

Segundo DNIT (2010), pequenos reparos é uma área do pavimento original menor ou igual a $0,45 \text{ m}^2$, que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento de acordo com a Figuras 14, estando assim restauradas.

Figura 14: Pequenos reparos.



Fonte: Autor (2019).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi realizado inicialmente através da revisão bibliográfica, logo após, um levantamento quantitativo em campo, no qual foram computados o número de manifestações patológicas existentes no segmento definido para estudo. Em seguida os dados passaram por um planilhamento no software Excel, definindo assim as quantidades de cada manifestação, apresentando graficamente os resultados com a relação entre causas e reparo dos problemas.

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

O estudo consiste em um levantamento das manifestações patológicas presente na rodovia federal BR-163/PR, localizada entre Cascavel e Marmelândia, o subtrecho analisado situa-se entre Cascavel e Santa Tereza do Oeste, como representado na Figura 15. A pesquisa ocorreu através de inspeção visual *in loco* onde as mesmas foram quantificadas, fotografadas e as possíveis causas identificadas através de revisão bibliográfica, analisando-as e sugerido as possíveis formas de recuperação.

Figura 15: Mapa com a localização da rodovia.



Fonte: Google Maps (2019).

O primeiro passo para a concepção de um projeto rodoviário é o estudo de tráfego que pode ser demonstrado através do Volume Médio Diário Anual (VMDA) que corresponde ao número de veículos que transitam pela rodovia com o objetivo de entender a solicitação estrutural da mesma. No caso do pavimento estudado o VMDA é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Volume médio diário anual de tráfego.

RESUMO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DO TRECHO					
VEÍCULO TIPO	LEVES	ÔNIBUS	CAMINHÕES RÍGIDOS	CAVALOS E CARRETAS	TOTAL
VMDA	2.357	194	952	1908	5411
(%)	43,56%	3,59%	17,59%	35,26%	100%

Fonte: Projeto executivo DNIT (2014).

Com as informações de tráfego (VMDT), foi determinada a solicitação de carga do pavimento, consequentemente o mesmo foi dimensionado com uma camada de sub-base de 10 cm de espessura e revestimento em placa de concreto com 20 cm, resultando em uma previsão de vida útil mínima de 20 anos.

A partir de 2015 iniciou-se o processo de duplicação e em 2017 foi liberado para o tráfego dos usuários um segmento da obra, dessa forma foi delimitado um total de 8 km de pavimento em concreto (km 182,40 ao km 190,40) para estudo e análise, estes foram liberados para o tráfego.

3.2 Caracterização da amostra

O trecho escolhido para a inspeção compreende uma extensão total de 8 km, sendo constituído por placas de concreto, estas possuem um comprimento de 4 metros cada e correspondem a um estaqueamento referente ao km da rodovia. Por se tratar de uma duplicação dividem-se em tráfego leve e pesado, de acordo com a Figura 16 possuindo duas placas de largura, resultando num total de 4000 placas.

Figura 16: Croqui do pavimento rígido.

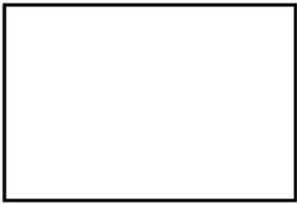
Fonte: Autor (2019).

3.3 Instrumentos e procedimentos para a coleta de dados

Foi realizado a inspeção no trecho todo, que conforme a norma DNIT 060/2004, é a inspeção realizada em todas as amostras de um trecho, da mesma norma utilizou-se o croqui da inspeção, no qual foi inserido registros fotográficos, conforme modelo da Figura 17.

Figura 17: Croqui para inspeção.

Informações complementares - Modelo circular de inspeção

CROQUIS	DESCRIÇÕES / DETALHAMENTO / OBSERVAÇÕES
	PLACA (,) - DEFEITO : _____
	PLACA (,) - DEFEITO : _____

Fonte: DNIT (2004).

A coleta de dados foi realizada de forma visual em período diurno, aproveitando a luz solar, no próprio local da rodovia, vistoriado entre os meses de julho e agosto de 2019 onde foi realizado registro fotográfico das manifestações patológicas encontradas e inseridos no croqui.

3.4 Análise dos dados

Posteriormente a coleta de dados *in loco* utilizando o croqui de inspeção da Norma DNIT 060/2004 – PRO com registros fotográfico, foi quantificada as manifestações patológicas e os dados tabulados em uma planilha digital específica, com o objetivo de verificar a incidência da manifestação patológica em cada amostra no decorrer de todo trecho inspecionado. Por fim, realizou-se a respectiva análise por meio da revisão bibliográfica relacionando a patologia, suas possíveis causas e os métodos para recuperação da mesma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em análise, foi possível realizar a identificação de algumas manifestações patológicas presentes no pavimento em concreto, admitindo possíveis soluções para cada problema.

4.1 Manifestações patológicas localizadas

Ao inspecionar os 8 km de amostras realizou-se um acervo fotográfico com a localização de cada manifestação patológica localizada, com isso os dados foram dispostos em uma planilha eletrônica sendo possível certificar-se quais são as placas de concreto afetadas. Como a rodovia é uma duplicação, a pista existente é composta por pavimento flexível, já a pista executada recentemente e estudada é constituída por pavimento de concreto simples (PCS). Por se tratar de duas pistas cada lado com sentido inversos, elas possuem o tráfego leve e pesado, com comprimento das placas de concreto de 4,0 m por 3,6 de largura e trecho de 8 km de extensão, chega-se à um total de 4000 placas. Na Tabela 2 é demonstrado a quantidade de placas que apresentaram manifestações patológicas e que estavam sem nenhuma avaria.

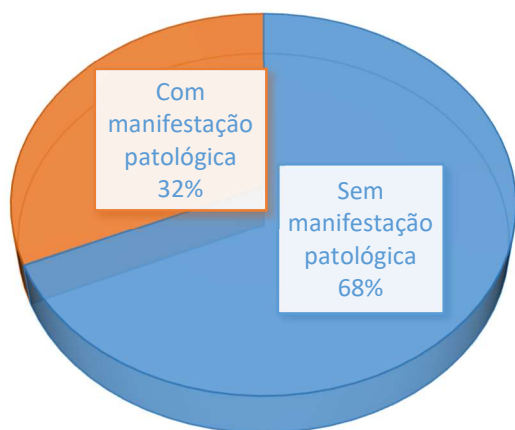
Tabela 2: Croqui para inspeção.

Quant.	Placas de concreto
2735	Sem manifestação patológica
1265	Com manifestação patológica

Fonte: Autor (2019).

Na Figura 18, é possível verificar que 32% das placas de concreto estudadas apresentam algum tipo de manifestação patológica e o restante (68%) que compõem o total, encontram-se em perfeito estado.

Figura 18: Placas de concreto inspecionadas.



Fonte: Autor (2019).

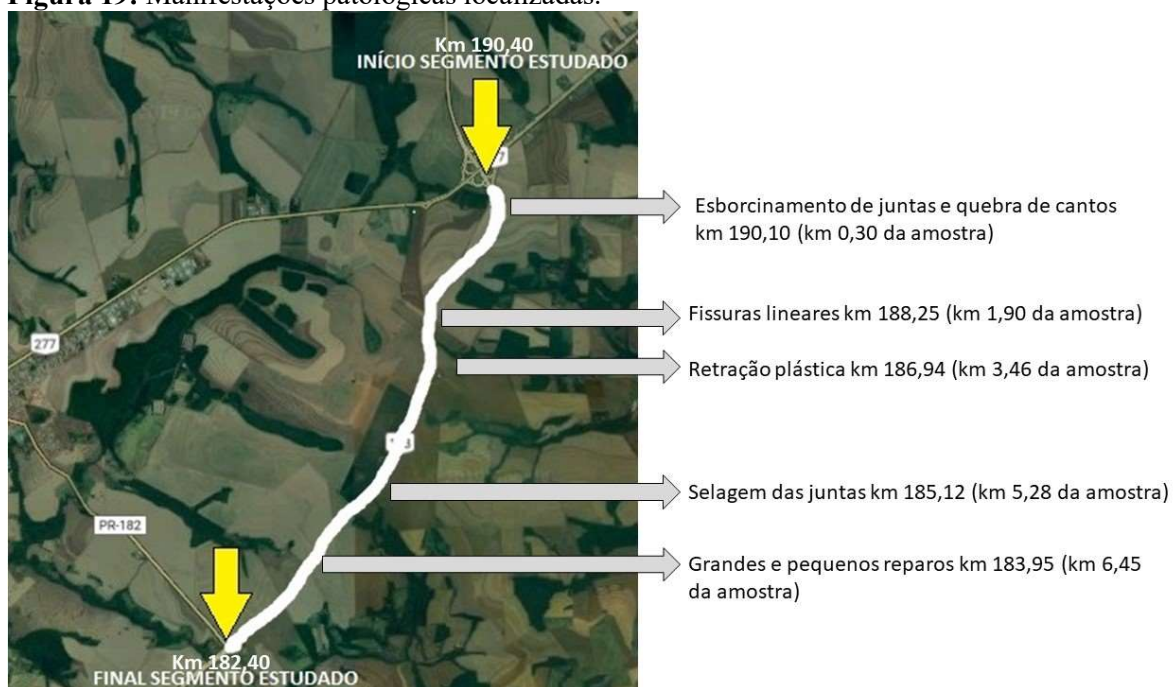
A partir dos resultados preliminares obtidos, foram tabeladas 7 manifestações patológicas localizadas na rodovia, cada qual com a quantificação, estas fazem parte dos 32% das placas de concreto afetadas de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Placas de concreto afetadas.

Quant.	Manifestações patológicas
407	Retração plástica
329	Selagem das juntas
288	Fissuras lineares
197	Esborcinamento de juntas
31	Esborcinamento ou quebra de canto
10	Grandes reparos
3	Pequenos reparos

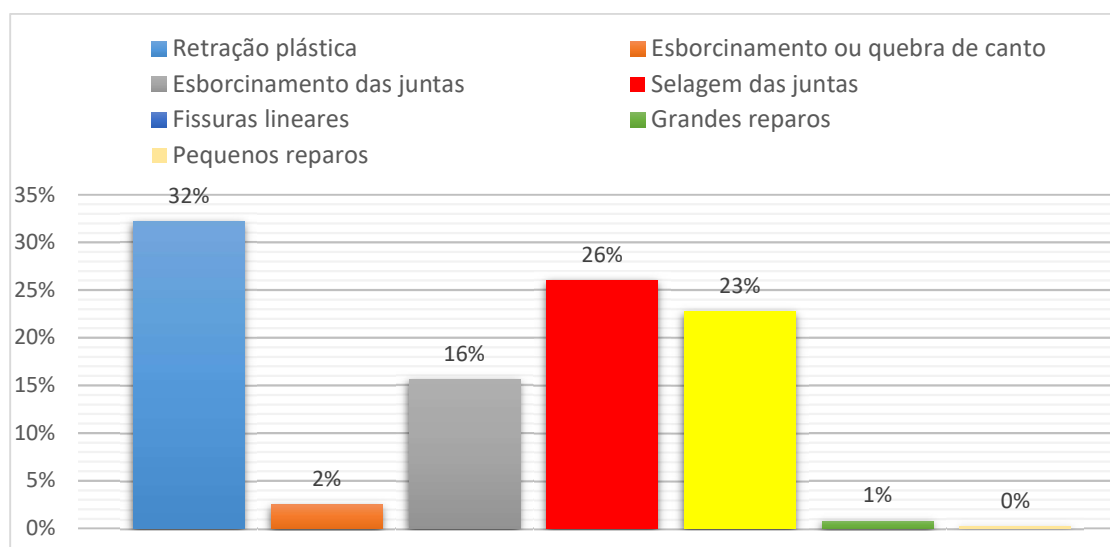
Fonte: Autor (2019).

Na Figura 19, estão demonstrados os locais onde estão os piores casos de cada manifestação patológica encontrada, de acordo com o km da rodovia e das amostras.

Figura 19: Manifestações patológicas localizadas.

Fonte: Autor (2019).

As manifestações patológicas encontradas foram a retração plástica, esborcinamento ou quebra de canto, esborcinamento de juntas, selagem das juntas, fissuras lineares (transversal, longitudinal e diagonal), grandes e pequenos reparos, estas estão demonstradas em percentuais correspondentes à incidência de cada uma na Figura 20.

Figura 20: Manifestações patológicas localizadas.

Fonte: Autor (2019).

A retração plástica é a que possui a maior significância, sendo responsável por 32% de todo problema, esta tem a sua distribuição em alguns trechos, podendo serem causadas pela execução em horários no qual o ambiente apresentava altas temperaturas ou pela dosagem incorreta de aditivos retardadores de cura do concreto. Apesar da retração plástica ser teoricamente inofensiva por se tratar de fissuras pequenas, com o decorrer do tempo pode haver o agravamento das mesmas gerando trincas ou problemas mais graves.

Já, as selagens das juntas apresentaram um percentual de 26%, a segunda mais significativa em questão de quantidades. No entanto, a falha da selagem é decisiva para a durabilidade do pavimento, devido aos selantes existentes no mercado possuírem uma vida útil muito curta em relação à prevista para o pavimento. A destruição do material selante pode ser causada pela má qualidade do material e crescimento de vegetação e perda de aderência às placas de concreto. Com isso, costuma abrir o caminho para as infiltrações, que atingem a fundação do pavimento, criando condições para o surgimento de diversos tipos de defeitos nas camadas de base, sub-base e sub-leito. Para o reparo, deve ser realizado a resselagem do material após verificar se houve algum dano à estrutura.

As fissuras lineares (longitudinais, transversais e diagonais) contemplam 23% dos defeitos encontrados, podem ser causadas pela cura deficiente, profundidade insuficiente do corte da junta e atraso na selagem das juntas transversais e longitudinais. Para o reparo, se a abertura da fissura for < 4 mm faz-se apenas uma selagem com resina de epóxi ou caso se trate de uma abertura maior, é necessário remover uma porção da placa de concreto afetada e refazê-la.

O esborcinamento das juntas somado com o esborcinamento ou quebra de canto resultam num total de 18% das placas afetadas. As principais causas são a remoção precipitada das fôrmas, serragem prematura da junta e infiltração de materiais incompressíveis na junta. Como método reparativo corta-se o local afetado, remove o material, utiliza epóxi para colar e preenche com concreto de alta resistência. Os grandes e pequenos reparos juntos atingem apenas 1%, estas são as placas que já apresentaram algum problema e foram reparadas.

Vale ressaltar que, os reparos no pavimento de concreto apresentam melhor desempenho quando executados com a temperatura ambiente mais baixa, devido a dilatação do material, pois com o frio há uma retração do concreto, consequentemente aumentando a abertura da fissura para correção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pavimento rígido de concreto em estudo possui uma garantia de 20 anos, com todas as suas funções permitindo a circulação dos veículos com pequenas correções que podem ser necessárias no decorrer desse período. É importante destacar que isso só é possível se o projeto for bem elaborado e detalhado, a execução seguir todos os métodos construtivos adequados e principalmente, com controle de qualidade rigoroso.

Apesar de possuir uma longevidade maior os pavimentos rígidos em relação aos flexíveis, as manifestações patológicas podem aparecer durante a execução ou com o uso do pavimento. No entanto, em alguns casos, erros de projeto, execução ou falta de manutenção, tem contribuído para o surgimento de problemas que reduzem a qualidade da pista e diminuem a vida útil dessas estruturas e têm exigido reparos com pouco tempo de uso, ou até mesmo antes da liberação ao tráfego.

Em relação ao trecho analisado, foi exposto o estudo das manifestações patológicas registradas na rodovia BR-163/PR, através de relato fotográfico, diagnóstico das possíveis causas e sugestão de métodos para o reparo adequado. Observou-se que em sua extensão alguns defeitos são mais frequentes, a retração plástica (32%) sendo mais presente no km 186,94 provavelmente por ter sido executado em horário de maior incidência solar, próximo ao meio-dia. Algumas medidas que podem ser consideradas favoráveis ao controle do fenômeno são evitar o desempenamento excessivo da superfície de concreto, manter o substrato umedecido, execução pavimento rígido no período da noite, cobrir o concreto lançado com lona plástica, usar retardadores de evaporação e também fazer uso de fibras que servem para controlar a fissuração do concreto.

No km 185,12 foi detectada em maior volume a falha na selagem das juntas que em total de placas afetadas correspondem à 26%, podendo ser causada pelo rompimento por tração ou compressão, extrusão do material, crescimento de vegetação endurecimento, perda de aderência e quantidade deficiente de selante nas juntas. Para que essa manifestação patológica seja evitada é necessário principalmente o emprego correto do material junto as placas de concreto.

As fissuras lineares (23%) obtiveram maior predominância nos km 188,25, o esborcinamento de juntas (16%) e quebra de canto (2%) possuem um surgimento acentuado no km 190,10, estes ocorreram por problemas de técnicas construtivas, surgindo de forma prematura, seja pela serragem incorreta das juntas tanto no tempo adequado após a cura do concreto quanto na profundidade empregada. Os grandes e pequenos reparos que compreendem

apenas 1% do total das placas de concreto são os locais que apresentaram algum tipo de avaria, foram reparados no km 183,95 e estão sendo monitorados para verificar se houve êxito na correção.

Como se trata de uma obra em andamento, recomenda-se para o que ainda está sendo executado que todas as especificações de normas e projetos sejam seguidas para que o resultado final seja satisfatório e dispense reparos prematuros, como os que foram observados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

American Concrete Institute. ACI 302.1R- 96 **Guide for concrete floor and slab construction**. Outubro, 1997, Michigan.

ANDRADE, M.H, (2005). **Pavimentação**. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/notas.htm>. Acesso em: 11.mar.2009.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BALBO, J. T. **Pavimentos de concreto**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

BALAGURU, P. **Contribution of fibers to crack reduction of cement composites during the initial and final setting period**. *Journal of Materials*. American Concrete Institute, May-June 1994.

CNT, 2018. **Apenas 12,4% da malha rodoviária é pavimentada no país**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>> Acesso em 11.mar.2019.

CNT, 2018. **Relação investimentos e qualidade rodovias brasileiras**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/estudo-inedito-cnt-mostra-relacao-investimentos-qualidade-rodovias-brasileiras>> Acesso em 15.mar.2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNIT 060/2004 – PRO: Pavimento rígido – Inspeção visual – Procedimento**. Rio de Janeiro: IPR,2004.

_____. **DNIT – IPR 719. Manual de Pavimentação**. 3ª Edição. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **DNIT – IPR 737. Manual de recuperação de pavimentos rígidos**. Rio de Janeiro, 2010.

DUARTE, R.B. **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre, 1998. CIENTEC – Boletim técnico n.25.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção das estruturas de concreto**. 2. ed., 3ª reimpressão (jan. 96). São Paulo: Editora PINI, 1992.

HOLLAND. T. **Silica fume user's manual**. Report FHWA-IF-05-016, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C., 2005.

ODA, S. Notas de Aula. **Disciplina EER 555 Pavimentação B**. Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2014.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96f. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

ROMANO, C. Augusto. **Apostila de tecnologia do concreto**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil. Engenharia de Produção Civil, 2008. Disponível em: < <http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2013/04/Concreto-02.pdf> > Acesso em 19 mar. 2019.

SANTANA, H. **Manual de Pré-Misturados a Frio**. IBP/ Comissão de Asfalto. Rio de Janeiro, RJ, 1993.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. v. 1. Pini, São Paulo, 1997.

SEVERI, A.A. **Estudo dos Gradientes Térmicos em Pavimentos de Concreto de Cimento Portland no Ambiente Tropical**. Dissertação (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: editora Pini: IPT: EPUSP, 1989.

WEISS, W. J. & OZYLDIRIM, C. **Concrete cracking: agency needs, field observations, fundamental material behavior, and modeling**. Washington DC: Transportation Reserach Board, 2007.