

**ANÁLISE DE TRÁFEGO E DESEMPENHO DO REVESTIMENTO
ASFÁLTICO PRÉ-MISTURADO A FRIO EM RELAÇÃO AO CONCRETO
ASFÁLTICO USINADO À QUENTE NA CIDADE DE BAGÉ, RS**

**ANALYSIS OF TRAFFIC AND PERFORMANCE OF PRESSURE
MIXED ASFALIC COATING IN RELATION TO THE ASFALIC
CONCRETE USED TO THE HOT IN THE CITY OF BAGÉ, RS**

RESUMO

Dentre as mais variadas áreas que a Engenharia Civil abrange, neste trabalho foi analisado duas vias da cidade de Bagé, RS, de modo a compará-las entre si, sendo uma constituída de revestimento pré-misturado a frio e a outra com concreto asfáltico usinado a quente. Essa comparação deu através de três fatores: análise do tráfego que determina a espessura do pavimento, cálculo do índice de gravidade global que determina o estado estrutural que a via se encontra e também uma análise de custos entre os dois tipos de pavimentos. Foram feitas contagens de quatro horários diferentes para determinar o fluxo diário, que determina a espessura mínima a ser utilizada de camada asfáltica. A contagem do tráfego determinou uma espessura adequada, e até mesmo superior em relação ao que foi utilizado para a composição da via, o que determinaria em um asfalto de boa qualidade, já que o mesmo foi composto há pouco tempo.

Através dos resultados de tráfego, determinante do número "N", pode-se se concluir que o asfalto, apesar de estar com espessura adequada em relação aos cálculos realizados, se encontra em más condições, isto devido à base e sub-base, já que não há conhecimento da estrutura já existente ou também ao emprego de peso excessivo por carga de eixo dos veículos, o que acaba por deteriorar o pavimento, apresentando todos os defeitos encontrados na análise em campo.

Palavras-chave: asfalto; tráfego; pavimentação.

ABSTRACT

Among the most varied areas that the Civil Engineering covers, in this work was analyzed two ways of the city of Bagé, RS, in order to compare them, being one of pre-mixed cold coating and the other with machined asphalt concrete the hot. This comparison was based on three factors: traffic analysis that determines the thickness of the pavement, calculation of the overall gravity index that determines the structural state of the road and also a cost analysis between the two types of pavements. Four different timings were taken to determine the daily flow, which determines the minimum thickness to be used for the asphalt layer. The traffic counting determined a suitable thickness, and even higher than the one used for the composition of the road, which would determine in a good quality asphalt, since it was composed only recently. It is possible to conclude that the asphalt, despite being of adequate thickness in relation to the calculations, is in poor condition, due to the base and sub-base, due to the traffic results, determinant of the number "N". that there is no knowledge of the existing structure or also the use of excessive weight per axle load of the vehicles, which eventually deteriorates the pavement, presenting all the defects found in the field analysis.

Keywords: asphalt; traffic; paving.

INTRODUÇÃO

Pavimentação é o último processo de melhoria de uma estrada, sendo realizada logo após a terraplanagem. Com um estudo aprofundado e um conhecimento mais abrangente do tipo de material a ser empregado, da forma correta de sua aplicação e atendendo aos parâmetros propostos através dos ensaios, podemos ter uma grande melhoria na qualidade das estradas. Sendo assim, atenderá as necessidades básicas de todo o cidadão de ir e vir, de se locomover com mais rapidez, tranquilidade e, principalmente com mais segurança, facilitando o tráfego e evitando transtornos, pensando sempre na qualidade, eficiência da mobilidade urbana.

A qualidade das rodovias brasileiras é de certa forma bem precária e isso se dá por vários motivos, como a falta de manutenção, a mão de obra precária, pela sobrecarga de veículos, que por sua vez acabam desrespeitando o limite de peso que a rodovia suporta, provocando patologias na via, que acarretam no comprometimento parcial ou total da mesma, necessitando de reparos contínuos.

Conhecer o material com que se está trabalhando e a maneira como ele se comporta de acordo com o tráfego que a via comporta é de suma importância para que a qualidade das vias seja mais eficiente.

Um bom revestimento asfáltico, contribui para uma qualidade melhor de tráfego, conseqüentemente aumenta a segurança para motoristas e pedestres. Sendo assim, justifica-se que para a escolha certa do tipo de pavimento necessário para determinada via, requer um bom conhecimento teórico e prático do material a ser utilizado, dependendo do tráfego da via, que é algo muito importante a ser levado em conta.

O objetivo deste trabalho é apresentar um comparativo entre os dois tipos de pavimento sendo o Pré-Misturado a Frio – PMF, e o Concreto Asfáltico Usinado a Quente – CAUQ, analisando o fluxo de veículos entre dois trechos de pavimentação sobre pedra irregular, na cidade de Bagé, situados na Av. General Osório e Av. Tupy Silveira, que apresentam revestimento asfáltico de CAUQ e PMF, respectivamente. Através dessa contagem do fluxo pode ser possível realizar o estudo, por meio do cálculo do número “N”, no qual possibilita, através do seu resultado, obter um valor mínimo de espessura de camada asfáltica que deve ser utilizada. Tendo esse dado, é feito um comparativo da camada necessária com a existente no local, determinando se o que foi utilizado no período de execução está adequado, apontando possíveis falhas, caso encontradas no decorrer deste trabalho.

REFERENCIAL TEÓRICO

Pavimentos Rodoviários

Os pavimentos rodoviários, segundo Jimenez (2006) são constituídos por

um conjunto de camadas horizontais, colocadas sobre uma fundação, que tem como função principal suportar as ações induzidas pelos veículos, redistribuindo as tensões transmitidas à fundação, proporcionando uma superfície segura e confortável para a circulação dos veículos.

De acordo com Bernucci et al. (2006), “o pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis.”

Para Brasil (2006, a), “o pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.” Isso é evidenciado por Balbo (2007), que descreve que “uma dada carga atuante sobre um

pavimento flexível impõe nessa estrutura um campo de tensões muito concentrado, nas proximidades do ponto de aplicação dessa carga.

“O pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado” (BRASIL, 2006a).

Balbo (2007) ressalta que nos pavimentos rígidos, “verifica-se um campo de tensões mais disperso, com os efeitos da carga distribuídos de maneira semelhante em toda dimensão da placa, o que proporciona menores magnitudes de esforços verticais (pressões) sobre o subleito. ”

Classificação dos revestimentos: misturas usinadas

O asfalto, que por sua vez é chamado de material betuminoso, isso

porque contém betume, um material hidrocarboneto solúvel em dissulfeto de carbono. O alcatrão obtido a partir da destilação destrutiva do carvão macio também contém betume. Tanto asfalto de petróleo como alcatrão de carvão são referidos como materiais betuminosos (COLORADO ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION, 2006).

De acordo com Brasil (2006a)

nos revestimentos betuminosos por mistura, o agregado é pré-envolvido como o material envolvido, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito em usinas fixas, resultam os “Pré-Misturados Propriamente Ditos” e, quando feito na pista, têm-se os “Pré-Misturados na Pista”.

Tanto a camada de pré-misturado à frio ou pré-misturado à quente podem ter várias finalidades, dentre elas:

pode ser utilizada como camada de revestimento, camada de base ou camada de regularização. O pré-misturado à frio é uma mistura executada à temperatura ambiente em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, fíller e emulsão asfáltica, espalhada e comprimida à frio. O pré-misturado à quente é uma mistura à quente em usina apropriada de agregado mineral graduado e material asfáltico espalhado e comprimido à quente (DER – IP-DE-P00/001, 2006).

Balbo (2007), destaca que “o Concreto Asfáltico Usinado a Quente, designado CAUQ, também costumeiramente designado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), pode ser considerado a mais comum e tradicional mistura asfáltica a quente empregada no País”. Senço (2007), por sua vez complementa que a mistura é realizada “em usina, com rigoroso controle de granulometria, teor de betume, temperaturas do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão, sendo

mesmo o serviço de mais acurado controle dos que compõe as etapas de pavimentação”.

O asfalto utilizado na pavimentação

é um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável à água e pouco reativo. A baixa reatividade química a muitos agentes não evita que esse material possa sofrer, no entanto, um processo de envelhecimento por oxidação lenta pelo contato com o ar e a água (BERNUCCI et al., 2006).

Para Balbo (2007),

O ligante asfáltico aplicado sobre uma superfície de uma base (ou de uma sub-base) de pavimento penetrará em seus extratos superiores, promovendo o enchimento dos vazios nessa região, diminuindo fatalmente as possibilidades de infiltração de águas pela superfície da camada em questão.

Para cada tipo de pavimento, um ligante asfáltico deve ser empregado, assim, para o pré-misturado a frio,

deve ser empregada emulsão asfáltica catiônica de ruptura média tipos RM-1C e RM-2C ou emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipo RL-1C. Podem ser utilizados ligantes asfálticos emulsionados quando indicados no projeto. Todo o carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante ou distribuidor, o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra (DER – ET-DE-P00/025, 2006).

Do mesmo modo para o Concreto Asfáltico Usinado a Quente,

devem ser empregados cimentos asfálticos de petróleo dos tipos CAP 30-45 CAP 50-70 e CAP 85-100. Todo o carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante ou distribuidor, o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondentes à data de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a fábrica e o canteiro de obra (DER – ET-DE-P00/026, 2006).

Estudo do tráfego

Ao se realizar o estudo do tráfego,

é possível conhecer o número de veículos que circula por uma via em um determinado período, suas velocidades, suas ações mútuas, os locais onde seus condutores desejam estacioná-los, os locais onde se concentram os acidentes de trânsito, etc. Permitem a determinação quantitativa da capacidade das vias e, em consequência, o estabelecimento dos meios construtivos necessários à melhoria da circulação ou das características de seu projeto (BRASIL, 2006b).

Senço (2007), ressalta que

os métodos baseados em volume de tráfego diário ou em cargas de roda já não encontram correspondência com as necessidades e, mesmo, com a realidade. O pavimento deve receber, durante o período de projeto — vida útil —, um certo número de solicitações, findas as quais a função para o qual foi projetado e construído estaria terminada, pelo menos numa primeira etapa, é claro que isso não deve levar à ideia de uma total deficiência da estrutura após o período de projeto citado (SENÇO, 2007).

O número “N”, de acordo com Brasil (2006b) é necessário

ao dimensionamento do pavimento flexível de uma rodovia, é definido pelo número de repetições de um eixo-padrão de 8,2 t (18.000 lb ou 80 kN), durante o período de vida útil do projeto, que teria o mesmo efeito que o tráfego previsto sobre a estrutura do pavimento.

Para a determinação do número “N”, de acordo com Pinto e Pressler (2002), “são considerados fatores relacionados com a composição do tráfego e referidos a cada categoria de veículos, definida em função da carga transportada e do número de eixos dos veículos”.

O fator de veículos, é um fator determinante para o cálculo do número “N” e “consiste no coeficiente que, multiplicado pelo volume total de tráfego comercial que solicita o pavimento durante o período de projeto, fornece o número equivalente de operações do eixo simples padrão no mesmo período” (DER – IP-DE-P00/001, 2006).

O fator climático é outro fator que é necessário para a realização do cálculo, onde Senço (2007) especifica que

para levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano - o que se traduz em variações de capacidade de suporte desses materiais - o número equivalente de operações do eixo tomado como referência ou padrão, que é um parâmetro de tráfego - deve ser multiplicado por um coeficiente (FR) que varia de 0,2 - ocasiões em que prevalecem baixos teores de umidade - a 5,0 - ocasiões em que os materiais estão praticamente saturados.

Para Pinto e Preussler (2002) “o valor de FR adotado é 1,0, de acordo com os resultados de pesquisas desenvolvidas pelo IPR/DNER”.

“O fator de Distribuição Direcional do Tráfego para Rodovias de Pista Simples é igual a 50% para todos os tipos de veículos. Para rodovias de pista dupla, deve-se considerar o tráfego incidente na faixa de tráfego mais solicitada” (UFPR, 2017?).

Assim, Balbo (2007) complementa que

a melhor maneira de quantificar os volumes de veículos que se utilizam da via são contagens em campo, que, no entanto, são apenas viáveis quando a via já existe, e aqui ainda cabem algumas restrições. As contagens são muito empregadas quando se projetam duplicações, melhoramentos, restauração de pavimentos, etc.

De acordo com as notas de aula de UFJF(2017?), o Quadro 1, abaixo representa a espessura mínima de revestimento betuminoso ou camada asfáltica a via deverá ter em relação ao cálculo do número “N”, levando em consideração o tráfego de veículos.

Quadro1: Espessura mínima de revestimento betuminoso em relação ao número “N”.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: <http://files.labtopope.webnode.com>.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de pesquisa referido está classificado em três tipos de pesquisa: exploratória, descritiva e experimental. Assim Gil (2002), especifica que

A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade como o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. A pesquisa experimental [...] consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

A pesquisa trata-se de uma coleta de dados através do fluxo de carros, onde foi feita a contagem dos veículos para posteriormente ter sido realizado o cálculo do número “N”, que determina a espessura mínima a ser utilizada na via. Foi feita a coleta em duas vias urbanas da cidade de Bagé, RS, na Av. Tupy Silveira que apresenta pavimento do tipo PMF, sendo comparada com a Av. General Osório, que possui pavimento tipo CAUQ. Ambas as vias são de pavimentação com camada asfáltica sobre pedra irregular.

Levando em conta que o tráfego não é o mesmo todos os dias, tampouco nos mesmos horários, foram realizadas algumas contagens para cada via, totalizando quatro horários diferentes em dias distintos, a fim de obter uma melhor variação do tráfego.

Desses quatro horários distintos, foi levado em conta que pelo menos um deles

fosse tratado como horário de pico, ou seja, o horário com maior tráfego do dia, de modo a obter uma média mais real do processo construtivo dessa contagem.

A Figura 1 demonstra as duas vias: Av. Tupy Silveira e Av. General Osório, com os trechos que foram objeto do estudo do tráfego para a realização desses resultados, limitadas entre a Rua Venâncio Aires e Rua 24 de Maio.

Figura 1: Trecho utilizado para o estudo de tráfego.



Fonte: Google Maps (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar a contagem em campo, foram feitas 4 contagens em dias e horários diferentes para cada via, com duração de uma hora cada. Posteriormente foi realizada uma média entre esses 4 horários, para se ter um valor médio de veículos passantes para uma hora.

Tendo essa média horária, era necessário se obter uma média diária para que, consequentemente o cálculo do tráfego, através do número "N" pudesse ser realizado. Sabendo-se que o tráfego varia de hora para hora e, que horários entre às 23:00 e 07:00 horas o fluxo de veículos é bem abaixo do normal, resolveu-se considerar um dia contendo dezesseis horas e não vinte e quatro horas, de modo a não extrapolar o valor médio de tráfego diário.

O fator climático regional foi adotado como $FR = 1,0$, como citado anteriormente. O fator direcional foi utilizado $FD = 0,5$ por se tratar de uma via de pista simples. Já o fator de veículos (FV), foi adotado o utilizado pela AASHTO,

correspondente a cada tipo de veículo, adotando a carga do veículo mais uma tolerância.

Para a realização dos cálculos foi utilizado como base a fórmula do Nn, como pode ser vista a seguir, que nada mais é que o produto do número de dias de um ano, pelo tráfego médio diário, pelo fator de veículos, pelo fator climático regional e o fator direcional.

A partir das notas de aula da UFPR (2017?), do Departamento de Transportes que consiste no cálculo do número “Nn” adotado pelo DNER, que consiste no número de repetições do eixo padrão e é determinado utilizando-se a seguinte expressão:

$$Nn = 365 \times TMDA \times FV \times FR \times FD \quad (1)$$

Onde:

365 = número de dias de um ano

TMDA = Tráfego Médio Diário Anual na rodovia

FV = Fator de Veículos

FR = Fator Climático Regional

FD = Fator Direcional

O Quadro 2, apresenta o cálculo do número N(n), para a Av. Tupy Silveira, com base nos dados das médias entre os quatro horários, aplicando o conceito da fórmula acima.

Quadro 2: Cálculo do número “N(n)” para a Av. Tupy Silveira, Bagé-RS. Nov2017.

FR	1.00	CÁLCULO DO NÚMERO "N(n)" PARA A AV. TUPY SILVEIRA (P.M.F.)					
FD	0.50	CLASSE / TIPO	MÉDIA DOS 4 HORÁRIOS	F.V. (VEÍCULO CARGA+ TOLERÂNCIA)	QUANT.(VEÍCULOS CARGA + TOLERÂNCIA)	TMDA	N(n)
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO		690.5	-	11048	-	-
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)		124.25	-	1988	-	-
	MOTOS		111	-	1776	-	-
ÔNIBUS	2C		1.25	2.721	20	54.420	9931.650
	TRIBUS		0	2.721	0	0.000	0.000
VEÍCULOS COMERCIAIS - CAMINHÕES	CAMINHÃO LEVE (608 E F-4000)	2C LEVE	9.25	0.079	148	11.692	2133.790
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C	12.25	4.941	196	968.436	176739.570
		3C	4	3.369	64	215.616	39349.920
		4C	0	3.258	0	0.000	0.000
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1	0	9.320	0	0.000	0.000
		2S2	0.75	7.748	12	92.976	16968.120
		2S3	0	7.637	0	0.000	0.000
		3S2	0	5.114	0	0.000	0.000
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	3S3	0	5.003	0	0.000	0.000
		2C2	0	13.699	0	0.000	0.000
		2C3	0	11.065	0	0.000	0.000
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	3C2	0	11.065	0	0.000	0.000
		3C3	0	8.431	0	0.000	0.000
		3C3	0	8.431	0	0.000	0.000
TREMINHÃO	3C4	0	5.797	0	0.000	0.000	
TOTAL N(n)							245123.050

O Quadro 3, apresenta o cálculo do número N(n), para a Av. General Osório, com base nos dados da médias entre os quatro horários, aplicando o conceito da fórmula acima.

Quadro 3: Cálculo do número “N(n)” para a Av. General Osório, Bagé-RS. Nov2017.

FR	1.00	CÁLCULO DO NÚMERO "N(n)" PARA A AV. GENERAL OSÓRIO (C.A.U.Q.)					
FD	0.50	CLASSE / TIPO	MÉDIA DOS 4 HORÁRIOS	F.V. (VEÍCULO CARGA+ TOLERÂNCIA)	QUANT.(VEÍCULOS CARGA + TOLERÂNCIA)	TMDA	N(n)
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO		842.75	-	13484	-	-
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)		132	-	2112	-	-
	MOTOS		225.5	-	3608	-	-
ÔNIBUS	2C		23.5	2.721	376	1023.096	186715.020
	TRIBUS		0	2.721	0	0.000	0.000
VEÍCULOS COMERCIAIS - CAMINHÕES	CAMINHÃO LEVE (608 E F-4000)	2C LEVE	12.75	0.079	204	16.116	2941.170
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C	14.5	4.941	232	1146.312	209201.940
		3C	4.75	3.369	76	256.044	46728.030
		4C	0.5	3.258	8	26.064	4756.680
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1	0	9.320	0	0.000	0.000
		2S2	1	7.748	16	123.968	22624.160
		2S3	0.5	7.637	8	61.096	11150.020
		3S2	0.25	5.114	4	20.456	3733.220
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	3S3	0.5	5.003	8	40.024	7304.380
		2C2	0	13.699	0	0.000	0.000
		2C3	0	11.065	0	0.000	0.000
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	3C2	0	11.065	0	0.000	0.000
		3C3	0.25	8.431	4	33.724	6154.630
		3C3	0.25	8.431	4	33.724	6154.630
TREMINHÃO	3C4	0	5.797	0	0.000	0.000	
TOTAL N(n)							501309.250

Normalmente o cálculo é feito para uma projeção de um determinado número de anos, desde a construção, onde é feita a contagem do tráfego, até o ano esperado para que esse pavimento esteja nas mesmas condições ou bem próximo do que era. Nesses casos, são acrescidos 10% ao fluxo no primeiro ano logo após a construção, e 2% nos demais anos até o ano esperado.

Nos casos estudados, ambas as vias existem a certo tempo, sendo ambas construídas no ano de 2012. Sendo assim, para efeito de cálculo, o quadro acima demonstrou a quantidade de veículos para o ano de 2017, e para que se chegasse a uma proporção da quantidade de veículos até o ano de 2012, foi realizado um decréscimo de 2% ao ano para que fosse obtida uma estimativa de tráfego naquele ano.

Tendo esse decréscimo para cada ano, foi possível realizar o cálculo do número "N", desde o ano de 2012 até os dias atuais somando-se todos os resultados de cada ano.

Tendo em vista que o cálculo foi utilizado para apenas seis anos, também foi realizada uma estimativa para os próximos quatro anos a fim de obter uma estimativa referente há dez anos, onde se pudesse estimar a espessura que o pavimento deveria se encontrar para que suportasse esse intervalo de tempo.

Nesse caso, o foi utilizado novamente o ano de 2017 como referência, porém desta vez para estimar o fluxo até o ano de 2021, sendo necessário o acréscimo de 2% ao ano no fluxo de veículos, somando-se ao número "N(n)" atual anteriormente calculado, para consequentemente obter o número "N" total de veículos no período de dez anos.

Os Quadros 4 e 5 apresentam o cálculo do número "N", utilizando o parâmetro entre os anos de 2012 a 2021, com o intuito de obter um parâmetro de cálculo para um intervalo de tempo de dez anos, com os respectivos acréscimos e decréscimos de 2% como exemplificado acima.

Quadro 4: Cálculo do número “N (2012-2021)” para a Av. Tupy Silveira, Bagé-RS. Nov2017.

AV. TUPY SILVEIRA (P.M.F.)				
N = Número de repetições do eixo padrão				
	ANO	N (n)	TRAFEGO DECRESCIDO/ ACRESCIDO ANUALMENTE (%)	Nº PASSAGEM DO EIXO PADRÃO / ANO
DECRESCIMO	2017	245123.050		245123.050
	2016		2%	240316.716
	2015		2%	235604.623
	2014		2%	230984.925
	2013		2%	226455.809
	2012		2%	222015.499
N (2012-2017)				1400500.621
ACRESCIMO	2017	245123.050		245123.050
	2018		2%	250025.511
	2019		2%	255026.021
	2020		2%	260126.542
	2021		2%	265329.072
	N (2018-2021)			
N (2012-2021)				2431007.767

Quadro 5: Cálculo do número “N (2012-2021)” para a Av. General Osório, Bagé-RS. Nov2017.

AV. GENERAL OSÓRIO (C.A.U.Q.)				
N = Número de repetições do eixo padrão				
	ANO	N (n)	TRAFEGO DECRESCIDO/ ACRESCIDO ANUALMENTE (%)	Nº PASSAGEM DO EIXO PADRÃO / ANO
DECRESCIMO	2017	501309.250		501309.250
	2016		2%	491479.657
	2015		2%	481842.801
	2014		2%	472394.903
	2013		2%	463132.258
	2012		2%	454051.233
N (2012-2017)				2864210.101
ACRESCIMO	2017	501309.250		501309.250
	2018		2%	511335.435
	2019		2%	521562.144
	2020		2%	531993.387
	2021		2%	542633.254
	N (2018-2021)			
N (2012-2021)				4971734.321

Com base nisso, pode-se obter a espessura mínima adequada para cada via. Assim, pode ser feita a comparação entre a espessura de revestimento betuminoso existente hoje na via e o que seria adequado conforme os cálculos apresentados temos onde:

A espessura utilizada de revestimento asfáltico do tipo PMF na Av. Tupy Silveira foi de 8,0 cm, com mais ou menos 6200 m² de pavimentação e 580000 toneladas em sua totalidade, na época em que foi construída. Com base nos cálculos, tanto o valor

do número “N” obtido no período de 2012 a 2017, quanto o valor obtido no período de 2012 a 2021 estão entre 10^6 e 5×10^6 , o que corresponde a espessura mínima com revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura. Assim a espessura de PMF utilizada estaria de acordo, tendo 3,0cm de camada a mais que o mínimo necessário.

A espessura utilizada de revestimento asfáltico do tipo CAUQ na Av. General Osório foi de 6,0 cm, com mais ou menos 6200 m² de pavimentação e 420000 toneladas em sua totalidade na primeira etapa. Porém a via já necessitou de reparos e a mesma passou por um processo de recapeamento em alguns trechos com 8,0 cm, fazendo com que esse asfalto, em determinadas localidades possuísse em torno de 14,0 cm aproximadamente, fazendo com que, pela regra ela devesse suportar um valor de “N” acima de 5×10^7 .

Porém de acordo com os cálculos, tanto o valor do número “N” obtido no período de 2012 a 2017, quanto o valor obtido no período de 2012 a 2021 estão entre 10^6 e 5×10^6 , o que corresponde a espessura mínima com revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura.

CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentava alguns objetivos que, no decorrer do mesmo, foram sendo sanados, buscando clareza e objetividade para a apresentação dos resultados que correspondiam a cada um deles.

Dentre esses objetivos, o principal deles foi através do método comparativo entre duas ruas pavimentadas na cidade de Bagé, RS, sendo elas a Av. Tupy Silveira e a Av. General Osório, constituindo de pavimento do tipo PMF e CAUQ, respectivamente.

Primeiramente, para o cálculo do número “N”, foi necessária a contagem em campo do tráfego da via em quatro horários diferentes, e através disso realizadas as médias horária e diária, posteriormente a média anual para 2017, determinando após uma projeção tanto do passado quanto para o futuro, um valor de tráfego equivalente à 10 anos, entre 2012 e 2021.

Tendo o número de veículos passantes no referente período de tempo, obteve-se um total de $2,43 \times 10^6$ para o PMF, que equivale a um revestimento com espessura de 5 centímetros e, para o CAUQ um total de $4,97 \times 10^6$, correspondendo a uma

espessura de 5 centímetros de revestimento. Através desses valores, toma-se como conclusão de que tanto o PMF quanto o CAUQ possuem uma espessura de revestimento que suportaria o tráfego, já que possuem 8 e 6 centímetros respectivamente, ou seja, uma espessura superior à mínima especificada.

Com a pesquisa em campo e a análise da estrutura dos dois pavimentos, constatou-se que os dois possui uma quantidade significativa de defeitos, sendo consideradas vias de tráfego regular ou ruim.

Tendo em vista isso, dois supostos fatores devem ser levados em consideração para que o asfalto, que hoje possui aproximadamente 6 anos desde a construção, já possui tantas falhas e defeitos: primeiramente, como o revestimento se encontra sobre pedra irregular, e não se pode analisar as estruturas de base e sub-base, talvez seja aí que esteja o problema que está ocasionando as falhas. Também deve levar em consideração que não há um controle do peso dos veículos, muitas vezes possuindo uma sobrecarga, assim, tampouco se sabe se os mesmos estão respeitando o limite de 8,2 toneladas por carga de eixo, sendo assim, esse fator pode contribuir para a deterioração dos asfaltos.

É sabido que o PMF possui uma resistência inferior ao CAUQ, e que geralmente ele é utilizado para vias de tráfego baixo ou para recapeamentos. Isso destaca o porquê do PMF estar mais deteriorado apesar do fluxo da Av. Tupy Silveira ser bem menor que o da Av. General Osório. Vale salientar, como dito anteriormente para o cálculo do número “N”, não se sabe como é o estado e como se comportam a base e sub-base que se encontram abaixo do revestimento, tampouco se sabe se as espessuras de cada um estariam de acordo com que a via solicita para atender o tráfego, podendo ser um fator que culminou nos defeitos encontrados durante o percurso da via.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. - Rio de Janeiro, 2006b.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT). **Manual de pavimentação**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2006a.

COLORADO ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION. **Guideline for the design and use of asphalt pavements for Colorado Roadways**. 2 ed. Colorado, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOOGLE MAPS. **Imagens de satélite**. Disponível em: <https://www.google.ca/maps/>. Acesso em: 28 de novembro de 2017.

JIMÉNEZ, Félix Edmundo Pérez. **Manual de Pavimentação**. 3 ed. Espanha: CEPESA, 2014.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**, 2ª ed., Rio de Janeiro, Copiarte Copiadora e Artes Gráficas Ltda., 2002.

SÃO PAULO. Departamento de Estradas de Rodagem (DER). **Pré-Misturado a Frio: Especificação Técnica – ET-DE-P00/025**. 2006.

SÃO PAULO. Departamento de Estradas de Rodagem (DER). **Pré-Misturado a quente: Especificação Técnica – ET-DE-P00/026**. 2006.

SÃO PAULO. Departamento de Estradas de Rodagem (DER). **Projeto de pavimentação: Instrução de Projeto – IP-DE-P00/001**. 2006.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de Pavimentação**. 2 ed. ampl. São Paulo: PINI, 2007. v.1

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de Pavimentação**. 2 ed. ampl. São Paulo: PINI, 2007. v.2

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. **Pavimentação: Notas de aula**. Disponível em: http://files.labtopope.webnode.com/200000292-910999201f/M%C3%A9todo%20DNIT_%20exemplo%20numérico_UFJF.pdf. Acesso em: 16 de novembro de 2017.

Universidade Federal do Paraná – UFPR. **Número N: Notas de aula**. Disponível em: <http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/dtt/tt056-engenharia-de-traffic>. Acesso em: 12 de novembro de 2017.