



PUCRS



O Novo Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis
no Brasil - Um Workshop para todos sobre sua importância no
contexto nacional

PUCRS - FENG - Triunfo | CONCEPA - ANTT

RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA - CONCEPA/ANTT

Curso Sobre O Novo Método De Dimensionamento De Pavimentos Flexíveis No Brasil –
Um Curso Para Alunos De Graduação Sobre Sua Importância No Contexto Nacional



PROJETO DE PESQUISA:

O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL – UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO NACIONAL

INSTITUIÇÃO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR PROPONENTE:

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL

UNIDADE PROPOSTORA:

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE DE ENGENHARIA (FENG)
através da EDUCON - PUCRS

COORDENADORES DO PROJETO:

PROF. PhD LÉLIO ANTÔNIO TEIXEIRA BRITO

PROF. DR. DANIEL HASTENPFLUG

PROF^a MSc LYSIANE PACHECO

PROF^o CLEBER FLORIANO

EQUIPE EXECUTORA:

PROF. PhD LÉLIO ANTÔNIO TEIXEIRA BRITO

PROF^a MSc LYSIANE PACHECO

PROF^o CLEBER FLORIANO

EQUIPE DE APOIO:

ENG^a Esp. KELI MALLMANN (CONCEPA)

ENG^o EDUARDO MEIRELLES (CONCEPA)

ENG^o FELIPE LUZZI (CONCEPA)

ENG. MSc. FÁBIO HIRSCH (CONCEPA)

ENG. MSc. THIAGO VITORELLO (CONCEPA)

Acad. ANDRÉA MEINHART

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS.....	5
3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	6
4. ORGANIZAÇÃO DO EVENTO	6
4.1. Organização da programação do evento & material de divulgação ..	6
4.2. Convites aos convidados palestrantes & professores para minicurso	7
4.3. Realização do Workshop	9
4.4. Realização dos minicursos	11
4.5. Preparação do questionário pós-evento	12
5. CONCLUSÕES	13

1. INTRODUÇÃO

O método Brasileiro de dimensionamento de pavimentos flexíveis tem como origem o ensaio de CBR (*California Bearing Ratio*, ou Índice de Suporte Califórnia – ISC), desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE – *United States Army Corps of Engineers*), com base no trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, proposto em 1962 por W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Alvin. O estudo apresenta definição de eixo padrão como um ESRD de 8,2tf (18.000 lb), no qual foram elaboradas curvas de dimensionamento dos pavimentos, levando em consideração a quantidades de eixos-padrões (N) e o fator de equivalência de operações (FEO).

No Brasil, adota-se o dimensionamento conhecido como “Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER” (DNIT, 2006), introduzido pelo Eng. Murillo Lopes de Souza, tal qual, usa como base para o dimensionamento de pavimentos flexíveis, o método apresentado pela USACE e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO.

Diversos países se valeram de conhecimentos técnico-científico sobre o comportamento de materiais novos para avançar nas suas metodologias de pavimentação, usando conceitos mais atuais relativo ao comportamento dos materiais, do tráfego e da performance do pavimento ao longo de sua vida útil.

Em 2002, o Guia da AASHTO apresentou uma grande novidade nos EUA; um novo método de dimensionamento, onde até então levava em consideração a concepção de que em todo pavimento pode ser aplicado vários tipos de restaurações. Todavia, o novo guia leva em conta importantes variáveis, tais como: análise de diferentes materiais; influência dos veículos na vida útil do pavimento; influência do clima; capacidade de carga dos materiais e permite adotar modelos de desempenho dos pavimentos. Como exemplo, onde poderiam colocar em prática tais serviços, a Federal Highway Administration (FHWA) desenvolveu um programa chamado *Long-Term Pavement Performance Program* (LTPP) com a finalidade de avaliar o desempenho de serviço do pavimento ao longo do tempo.

No momento, o Brasil também vem realizando um programa de monitoramento de rodovias em serviço, denominado “Rede Temática de Asfalto. O Programa tem como objetivo monitorar trechos experimentais, implantados pelo Brasil, com o intuito de criar um banco de dados, para ser empregado no desenvolvimento de um novo método de dimensionamento brasileiro mecanístico empírico.

Neste sentido, espera-se em 2017 (Motta, 2016) um novo método de dimensionamento capaz de avaliar trincamentos por fadiga dos revestimentos asfálticos, visto que o método de dimensionamento adotado no Brasil, avalia apenas a deformação permanente do subleito e camadas granulares do pavimento.

Isto será um marco na pavimentação nacional que ainda está restrito ao ambiente acadêmico e sua divulgação é necessária para a formação de novos engenheiros e início de uma corrente de apreciação e discussão do método para a mais rápida evolução das normas hoje vigentes que datam de várias décadas e urgem de atualização.

2. OBJETIVOS

Os objetivos desta proposta de pesquisa RDT foi promover a capacitação técnica de alunos de graduação, jovens engenheiros, técnicos rodoviários, especialistas, engenheiros projetistas tanto do âmbito público quanto privado, através de um Workshop com profissionais de reconhecida contribuição ao novo método para

familiarizar, esclarecer dúvidas e doutrinar seu uso racional no âmbito nacional. Para tanto, os seguintes objetivos gerais foram propostos:

1. Montar um workshop de dois dias que contemple através de palestras, minicursos e mesas de debate a explanação da evolução do novo método, suas características, limitações e avanços esperados.
2. Convidar para participação órgãos do poder público e privado para participação, como EGR, DAER, DNIT, ANTT, Concessionária, Universidades, empresas projetistas, profissionais liberais, alunos de graduação e pós-graduação.
3. Chamar palestrantes que tenham tido direta interferência na montagem do novo método como Prof^a Laura Motta, Prof^o Jorge Ceratti, Prof^o Jorge Soares, Prof^o Luciano Specht, Dra. Luciana Nogueira e outros profissionais.
4. Realizar dois minicursos sobre o dimensionamento de pavimentos rodoviários voltados principalmente a alunos de graduação.

3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O crescimento nos investimentos das Concessionárias Rodoviárias em Recursos de Desenvolvimento Tecnológico nos últimos anos vem sendo grande fomentador de pesquisas nas Universidades. Várias pesquisas hoje realizadas pela iniciativa privada vêm se colocando na vanguarda da tecnologia no cenário brasileiro em detrimento desta disponibilização realizada pelo Ministério dos Transportes através da Agência Nacional de Transportes Terrestres.

No atual momento brasileiro que vive uma recessão de investimento em infraestrutura por parte do poder público face as recentes dificuldades vividas pelo país e de amplo e notório conhecimento no país, vive-se uma estação voltada à qualificação de profissionais que não estão encontram facilmente sua colocação no mercado. A universidade no curso de sua responsabilidade deve promover o espaço para a atualização e aproveitar o momento para digerir novos temas e propulsionar o avanço técnico.

É neste cenário que a proposta em questão de acordo com o disposto na própria resolução N° 483-2004 da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, visa a melhoria da eficiência, produtividade, qualidade e segurança dos serviços de exploração das rodovias, através da difusão do conhecimento científico e tecnológico, permitindo, desta forma, a modernização das concessões de rodovias federais através da ampla divulgação e doutrinamento de novas técnicas disponíveis no âmbito regional do Rio Grande do Sul.

4. ORGANIZAÇÃO DO EVENTO

4.1. Organização da programação do evento & material de divulgação

O evento foi realizado no Campus da PUCRS em Porto Alegre entre os dias 19 e 20 de junho de 2017. No dia 19, no Teatro do Prédio 40, ocorreu a Sessão Plenária que contou com 5 palestrantes conforme inicialmente previsto, segundo a programação na Figura 1.



Figura 1 – Flyer para divulgação do evento com a programação

Para a divulgação do evento, contou-se grandemente com as ferramentas de mídia social Facebook, Instagram e Tweeter, e também foi realizada a divulgação através de contatos diretos via e-mail com a finalidade de que se obtivesse a mais ampla representativa no evento, o que foi de fato atingido. A Figura 2 e a Figura 3 ilustram os banners produzidos para o evento.

4.2. Convites aos convidados palestrantes & professores para minicurso

Conforme havia sido previsto inicialmente no plano de trabalho, a maior parte dos pesquisadores envolvidos na concepção do novo método de dimensionamento aceitaram o convite para participação no evento, que foi agraciado com excelente representação do esforço feito pela Rede Temática de Asfalto – grande propulsora desta nova metodologia em desenvolvimento e em fase de implantação pelo DNIT. Participaram da sessão plenária, com palestras ou através da mesa redonda realizada ao final da programação do dia 19/06:

- Prof^a Laura Motta – COPPE-UFRJ
- Prof^o Jorge Ceratti – UFRGS
- Prof^o Jorge Soares – UFC
- Prof^o Luciano Specht – UFSM
- Prof^o Glicério Trichés – UFSC
- Dr^a Prepredigna Silva – IPR-DNIT
- Dr. Luís Nascimento – CENPES Petrobras
- Dr^a Mirian Quebaud – GEROR – ANTT



Figura 2 – Banner da mesa principal do evento



O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL

UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO NACIONAL

inscrições
Até 19 de Junho de 2017 (gratuitas)
em educon.pucrs.br



período do evento
Dia 19/06 (Segunda) - Sessão Plenária (público geral)
Dia 20/06 (Terça) - Minicursos (estudantes)

onde
Sessão Plenária - Teatro Prédio 40
Minicursos - Prédio 30 - Sala 302 - Bloco B

APOIO



PUCRS

Figura 3 – Banner de cavalete para divulgação e orientação durante o evento

Para que o evento fosse atrativo e contasse com a maior representativa possível, foram estendidos convites a diversas Universidades, Empresas Privadas e Públicas, órgãos públicos, representantes de mídia, entre outros. Abaixo são elencadas algumas das entidades convidadas:

- DAER-RS
- DNIT – IPR
- DNIT-RS
- Prefeitura de Porto Alegre – SMOV
- Empresa Gaúcha de Rodovias – EGR
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
- Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
- Universidade Federal de Pelotas – UFPEL
- Fundação Universitária de Rio Grande – FURG
- Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
- UNISINOS
- ULBRA – RS
- IPA – Porto Alegre
- Unilasalle Canoas
- UNIJUÍ
- UNISC
- Triunfo Concepa
- Ecosul
- STE Engenharia
- Ecoplan Engenharia
- Magna Engenharia

4.3. Realização do Workshop

A sessão plenária do Workshop, realizada no dia 19/06, contou com público variado, atraindo muitos estudantes, professores de universidades do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, projetistas, engenheiros de empresas construtoras e grande representatividade dos órgãos rodoviários como DAER, ANTT e representantes do DNIT.

Abaixo registra-se o título das apresentações realizadas e seus respectivos apresentadores:

- Prof. Laura Mota – COPPE/UFRJ – O histórico dos métodos de dimensionamento brasileiros e sua evolução para o mecanístico-empírico (ME).
- Prof. Prepredigna Silva – IPR/DNIT – Atualização de normas e implantação do novo método de dimensionamento de pavimentos no DNIT.
- Dra. Mirian Quebaud – GEROR/ANTT – Pesquisas desenvolvidas no âmbito dos recursos de desenvolvimento tecnológico (RDT) voltados à tecnologia de pavimentos.
- Prof. Jorge Soares – DET/UFC – O desafio dos modelos de desempenho num método ME nacional de dimensionamento de pavimentos asfálticos.
- Dr. Luís Nascimento – CENPES/PETROBRAS – Aplicação da teoria do dano contínuo viscoelástico (VECD) na análise de pavimentos asfálticos e a continuidade do desenvolvimento do novo método brasileiro de dimensionamento.

O evento contou com ampla divulgação e inscrições gratuitas através do sistema EDUCON – PUCRS, Figura 4 abaixo. Registra-se na Figura 5 foto da mesa dos palestrantes e coordenadores no dia 19/06/2017.

Também foi realizada cobertura jornalística do evento feito pela Revista Estradas – revista técnica editada pelos funcionários do DAER-RS que divulgou o resultado do evento em seu blog - Figura 6.

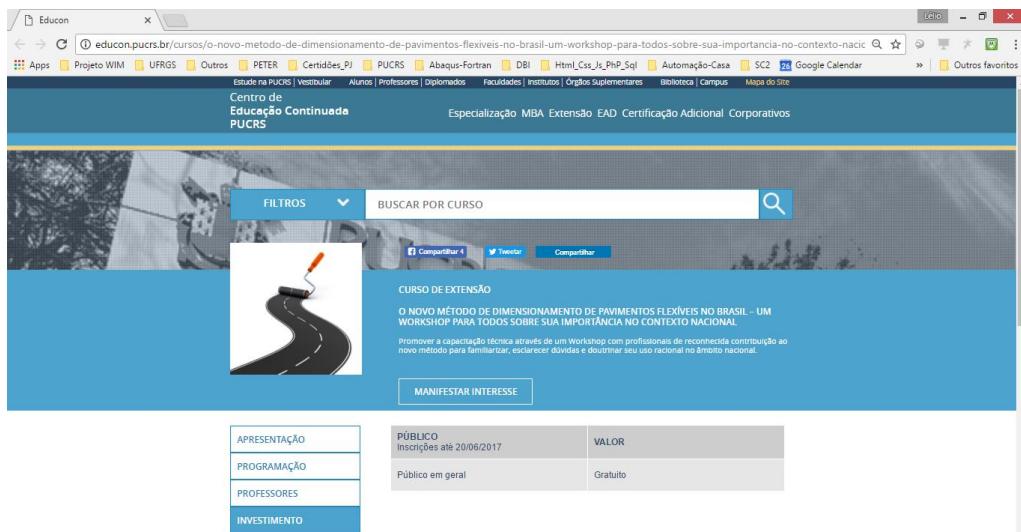


Figura 4 – Portal de inscrições aberta a todos através do sistema EDUCON-PUCRS



Figura 5 – Sessão Plenária com a mesa dos palestrantes e coordenadores no dia 19/06/2017



Figura 6 – Cobertura do evento realizada pela Revista Estradas - SUDAER

4.4. Realização dos minicursos

No dia 20 ocorreu dois minicursos ministrados pelos Professores Luciano Specht, da UFSM e Lélio Brito, da PUCRS, Figura 7. Foram objeto dos minicursos os seguintes temas:

Minicurso Turma A – dia 20/06/2017 – 08:30 as 12:00

- Análise mecanísticas no dimensionamento de pavimentos flexíveis
- Modelos de previsão de desempenho de pavimentos
- Introdução ao uso do software SISPAVBR
- Uma breve introdução à viscoelasticidade na modelagem de materiais asfálticos

Minicurso Turma B – dia 20/06/2017 - 13:30 as 17:00

- Análise mecanísticas no dimensionamento de pavimentos flexíveis
- Modelos de previsão de desempenho de pavimentos
- Introdução ao uso do software SISPAVBR
- Uma breve introdução à viscoelasticidade na modelagem de materiais asfálticos

Os minicursos foram realizados no Prédio 30, sala 302 da PUCRS e tiveram sala cheia em ambos os turnos com elucidativos debates sobre a nova metodologia de dimensionamento mecanicista e emprego da ferramenta SISPAVBR, ainda em desenvolvimento. Os slides do minicurso estão apresentados no Anexo A.



Figura 7 – Minicurso com o Prof. Luciano Specht & Lélio Brito no dia 20/06/2017

4.5. Preparação do questionário pós-evento

Como forma de avaliar o evento realizado foi montado na plataforma SurveyMonkey um questionário pós-evento ainda em consulta no qual se espera um feedback sobre a temática realizada, o interesse da comunidade rodoviária sobre mais eventos como este e também para melhoria da organização realizada através de aspectos chave da montagem do Workshop. O questionário ficará aberto até o dia 20/07/2017, para que se tenha o mais amplo retorno possível. A Figura 8 ilustra a tela inicial do questionário e o Anexo B a íntegra das questões disponível no seguinte endereço: <https://pt.surveymonkey.com/r/KFZ6VC6>. A Figura 9 ilustra um resultado parcial da consulta em andamento.

Feedback do "O Novo Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis no Brasil – Um Workshop Para Todos Sobre Sua Importância No Contexto Nacional"

* 1. No geral, como você avalia o evento? +

- Excelente
- Bom
- Nem bom, nem ruim
- Ruim
- Péssimo

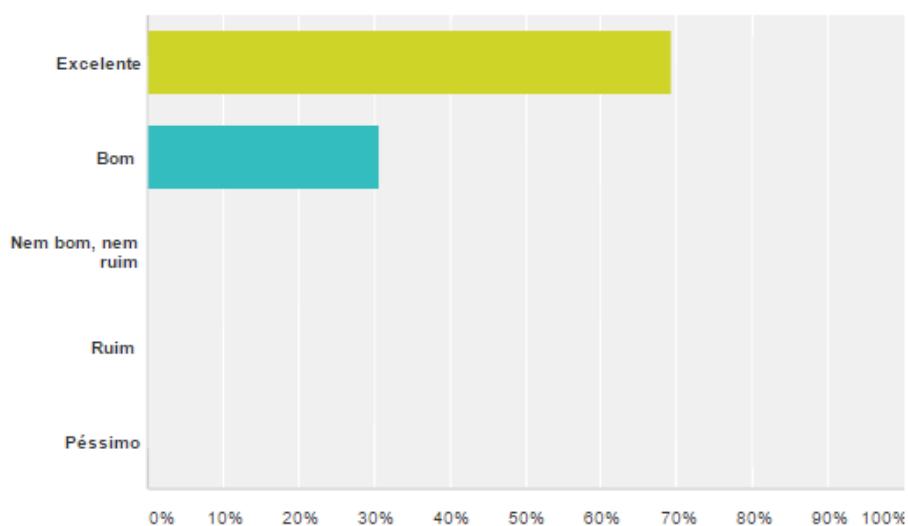
* 2. A temática proposta foi devidamente abordada? +

- Sim, totalmente
- Sim, parcialmente
- Apenas em uma pequena parte
- Não foi abordada

Figura 8 – Tela inicial do questionário pós-evento feito no SurveyMonkey

No geral, como você avalia o evento?

Respondidas: 13 Ignoradas: 0



Opções de resposta	Respostas
Excelente	69,23% 9
Bom	30,77% 4
Nem bom, nem ruim	0,00% 0
Ruim	0,00% 0
Péssimo	0,00% 0
Total	13

Figura 9 – Resultados parciais até o dia 28/06/2017 da pesquisa pós-evento

5. CONCLUSÕES

O resultado de maior relevância alcançado foi a capacitação de pessoal com conhecimento no campo da Engenharia Rodoviária, através do workshop realizado. A experiência com uso deste formato de evento vem se consolidando como de grande valia na divulgação de novas técnicas, networking de alunos e empresas, motivação para desenvolvimento da área rodoviária e um momento de brainstorming para novas trabalhos de pesquisa.

Tais objetivos foram alcançados com a realização da Sessão Plenária, que além das palestras também contou com uma mesa redonda ao final do evento onde profissionais envolvidos no uso do método puderam externar suas preocupações em adição às sessões de perguntas, grandemente enriquecedoras no evento. Os minicursos também alcançaram seus objetivos levando um direto contato à metodologia mecanicista de dimensionamento de pavimentos e também na nova ferramenta SISPAVBR. De uma forma direta, em toda a capacitação o maior produto formado é de fato o conhecimento adquirido por todos os envolvidos no projeto.

O evento contou com 269 inscritos e 194 presentes na sessão plenária, e 66 inscritos na Turma da manhã do minicurso e 54 na turma da tarde. O Anexo C inclui a lista dos participantes e presentes em ambas as etapas do evento.

O evento acabou por trazer um grande volume de feedbacks informais altamente positivo do que se considera um projeto exitoso em seus vários aspectos propostos.

Anexo A – Apresentação realizada durante os minicursos

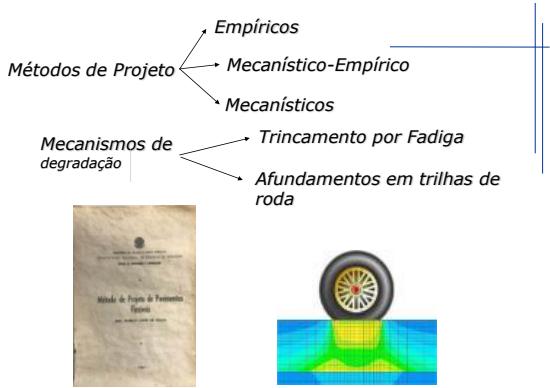


CONSIDERAÇÕES SOBRE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL



Prof. Dr. LUCIANO PIVOTO SPECHT
UFSM

Prof. Dr. LÉLIO A. T. BRITO
PUCRS



Método Oficial – Versão 1981- IPR 2006

Por outro lado, de acordo com os materiais constitutivos do pavimento, tem-se uma tabela de Coeficientes de Equivalência Estrutural k , como se segue:

COMPONENTES DO PAVIMENTO	COEFICIENTE K
base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
base ou revestimento de pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
base ou revestimento de pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
base ou revestimento por penetração	1,20
base granular	1,00
sub-base granular	0,77
mehoria do subleito	0,71
solo-cimento com $c_{70,00} > 45 \text{ kgf/cm}^2$	1,70
solo-cimento com $35 \text{ kgf/cm}^2 \leq c_{70,00} < 45 \text{ kgf/cm}^2$	1,40
solo-cimento com $c_{70,00} < 38 \text{ kgf/cm}^2$	1,00

Os coeficientes estruturais são designados por:

revestimento	k_R
base	k_B
sub-base	k_S
melhoria do subleito	k_M

1.4 ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é utilizada tanto para proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, como para evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão.

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N < 10^6$	tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 \leq N \leq 5 \times 10^6$	revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 \leq N < 10^7$	concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 \leq N \leq 5 \times 10^7$	concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

1.5 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O gráfico relaciona, para valores de CBR ou IS, valores de espessura com coeficiente de equivalência estrutural $k = 1$, com número de operações do eixo padrão. Desse modo, sabendo-se o valor de N e o valor de CBR correspondente, determina-se a espessura da camada. A espessura mínima a considerar para camadas granulares é 10 cm. A espessura H_m é a espessura total necessária para um material com CBR ou IS = m; h_n é a espessura da camada do pavimento com CBR ou IS = n etc. Mesmo que o CBR (IS) do material da sub-base seja superior a 20, determina-se a espessura para CBR (IS) = 20, por esta razão, usam-se sempre, os símbolos H_{20} e h_{20} para designar as espessuras de pavimento sobre a sub-base e da sub-base, respectivamente. Os símbolos B e R designam, respectivamente, as espessuras da base e do revestimento. Uma vez determinadas as espessuras H_m , H_n e H_{20} pelo gráfico da figura 2 e R pela tabela de espessura mínima de revestimento betuminoso, as espessuras da base (B), sub-base (h_{20}) e reforço do subleito (h_n), são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$Rk_B + Bk_B > H_{20} \quad (1)$$

$$Rk_B + Bk_B + h_{20}k_S > H_n \quad (2)$$

$$Rk_B + Bk_B + h_{20}k_S + h_n k_M > H_m \quad (3)$$



Para sub-base com CBR ≥ 40 e $N > 10^6$, admite-se substituir na inequação (1), H_{20} por $0,2 \times H_{20}$.

Para $N > 10^7$, recomenda-se substituir, na inequação (1), H_{20} por $1,2 \times H_{20}$.

$$H_m = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

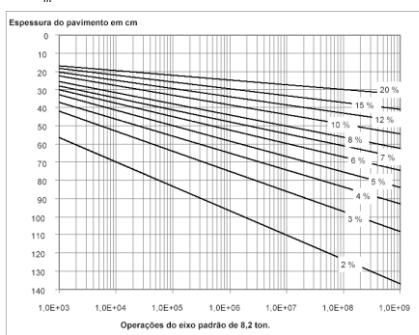


Gráfico de Dimensionamento de Pavimentos do Método do DNER (adaptado)

Avaliação Mecanicista

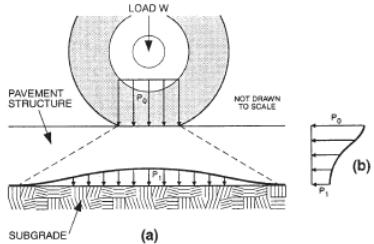
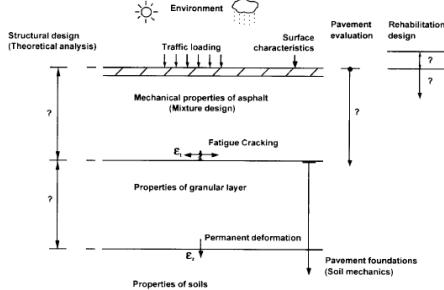


Figure 3-1. Spread of wheel-load through pavement structure.



Rigidez: Módulo de resiliência

Resiliência é a capacidade de um material absorver energia quando deformado elasticamente e então, após o descarregamento, ter a sua energia recuperada. A propriedade associada é o módulo de resiliência.

Hveem (1951) preferiu usar o termo deformação resiliente ao invés de deformação elástica sob o argumento de que as deformações nos pavimentos são muito maiores do que nos sólidos elásticos com que lida o engenheiro (aço, concreto).

Ensaios para medir MR....

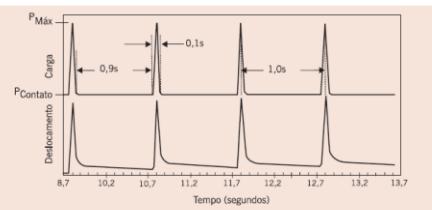
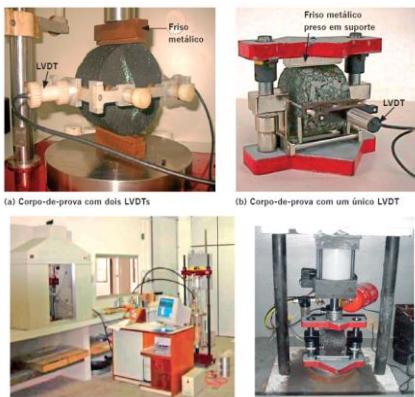


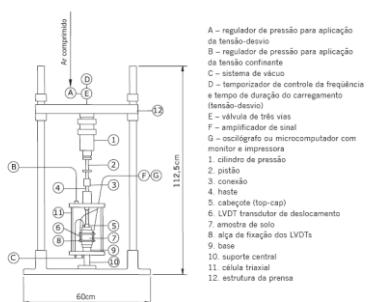
Figura 6.6 Duração dos tempos de carregamento e repouso

$$MR = \frac{P}{\Delta \times H} - (0,9976\mu + 0,2692) \quad (6.4)$$

Onde:

 MR = módulo de resiliência, MPa; P = carga vertical repetida aplicada diretamente no corpo-de-prova, N; Δ = deslocamento elástico ou resiliente registrado para 300, 400 e 500 aplicações da carga (P), mm; H = altura do corpo de prova, mm; μ = coeficiente de Poisson.

Modulo de Resiliência de Solos e Materiais Granulares:



(a) Esquema do primeiro equipamento triaxial de carga repetida do Brasil (Medina, 1997)



(b) Exemplo de um equipamento atual

Figura 7.5 Esquema e exemplo de equipamento de ensaio triaxial de carga repetida

Como é feito o ensaio.....

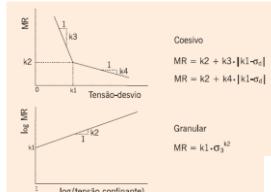


Figura 7.7 Modelos clássicos de comportamento resiliente de solos

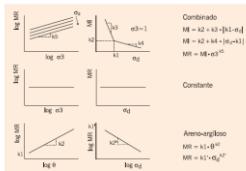


Figura 7.8 Outros comportamentos de solos quanto à resiliência

Modelos Fadiga e Deformação Permanente

- Representação dos Modelos de Fadiga
 - Modelo à Tensão Controlada

$$\frac{\sigma_{ensaio}}{\sigma_{ruptura}} = a + b \cdot \log N$$

- Modelo à Deformação Controlada

$$N = k \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^c$$

Modelos de Fadiga e Deformação Permanente

• Modelos de Fadiga

– Misturas Asfálticas

- Pretorius (1969) apud Barker et. al. (1977):

$$N = 9,7 \times 10^{49} \cdot (1/c_e)^{0,03}$$

- Brown et. al. (1977):

$$N = 8,9 \times 10^{13} \cdot (1/c_e)^{4,90}$$

- Treybig et. al. (1977):

$$N = 9,73 \times 10^{15} \cdot (1/c_e)^{1,16}$$

- Pell et. al. (1972):

$$N = 2,2 \times 10^{49} \cdot (1/c_e)^{1,03}$$

- Epps et. al. apud Pell (1973):

$$N = 6,28 \times 10^7 \cdot (1/c_e)^{14,01}$$

- Verstraeten et. al. (1982):

$$N = 4,85 \times 10^{14} \cdot (1/c_e)^{1,76}$$

- FHWA (1976):

$$N = 1,092 \times 10^6 \cdot (1/c_e)^{3,512}$$

- Pinto (1991) - Brasil:

$$N = 6,64 \times 10^7 \cdot (1/c_e)^{2,93}$$

- Preussler (1983) - Brasil:

$$N = 2,99 \times 10^6 \cdot (1/c_e)^{1,15}$$

- Preussler e Pinto (1984) - Brasil:

$$N = 5,548 \times 10^{16} \cdot D_o^{-5,319} \text{ para espessura do revestimento < 100 mm}$$

$$N = 3,036 \times 10^{13} \times D_o^{-3,922} \text{ para espessura do revestimento 100 mm}$$

M-EPDG:

$$N_f = Ck \left(\frac{1}{\varepsilon_c} \right)^{k_1} \left(\frac{1}{E} \right)^{k_2} \\ = \beta_{f1} k_1 (\varepsilon_c)^{-\beta_{f2} k_1} (E)^{-\beta_{f3} k_2}$$

Onde:

N_f : número de repetições de carga para atingir o limite de vida por fadiga;
 ε_c : deformação de tração na fibra inferior do revestimento;

E : módulo de rigidez do material;

k_1, k_2, k_3 : coeficientes de regressão obtidos em laboratório;

$\beta_{f1}, \beta_{f2}, \beta_{f3}$: parâmetros de calibração;

C : fator de ajuste de campo

$$N = fcl \cdot 1,904 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} \right)^{1,280} \cdot \left(\frac{1}{Mr} \right)^{0,78}$$

Francio (2007)

Modelos de Fadiga e Deformação Permanente

$$ATR = 2,36 + 0,56N_{acum} \quad \text{Vitorello (2008)}$$

$$\varepsilon_p (\%) = \psi_1 \left(\frac{\sigma_x}{\rho_0} \right) \psi_2 \left(\frac{\sigma_{df}}{\rho_0} \right) \psi_3 N \psi_4$$

GUIMARÃES (2009)



ATR é o somatório das deformações plásticas em todas as camadas....necessidade de determinação de parâmetros de cada material

COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS

Estrutura do pavimento utilizada para dimensionamento

Camada	Material	Módulo de Resiliência	Coeficiente de Poisson
Revestimento	CBUQ	Calculado pelo AASHTOWare SisPavBr = 5000 MPa	0,35
Base	BGS	300 MPa	0,40
Sub Base	MS	208 MPa	0,40
Subleito	Solo (variando CBR)	53, 110 e 124 MPa	0,45

CBR's de 5, 10 e 15% → solos A-5, A-3 e A-1-a

RESULTADOS

Dimensionamento DNIT

Espessuras do pavimento

N	2,5x10 ⁶	7,5x10 ⁶	2,5x10 ⁷	7,5x10 ⁷	1,0x10 ⁸
(%) CBR Subleito	5 10 15	5 10 15	5 10 15	5 10 15	5 10 15
E _{rev} (cm)	5 5 5	7,5 7,5 7,5	10 10 10	12,5 12,5 12,5	12,5 12,5 12,5
E _{bas} (cm)	15 15 15	15 15 15	15 15 15	15 15 15	15 15 15
E _{sub} (cm)	34 16 16	34 16 16	32 16 -	32 16 -	32 16 -

VERIFICAÇÃO COM OS SOFTWARES:

- SisPavBR – Versão 2.0.8.2
- SisPavBR – Versão 2.1.6.0
- AASHTOWare

RESULTADOS – SisPavBR 2.0.8.2

50% confiabilidade

N	2,5x10 ⁶
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	6,3 6,9 6,8
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	34 16 16

N	7,5x10 ⁶
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	9,9 10,3 10,1
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	34 16 16

N	2,5x10 ⁷
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	14,1 13,9 13,8
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	32 16 -

N	7,5x10 ⁷
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	18,4 17,7 17,4
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	32 16 -

N	1,0x10 ⁸
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	19,5 18,7 18,5
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	32 16 -

N	1,0x10 ⁸
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	12,3 12,4 12,2
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	34 16 16

RESULTADOS – SisPavBR 2.0.8.2

90% confiabilidade

N	2,5x10 ⁶
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	8,6 9,0 8,8
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	34 16 16

N	7,5x10 ⁶
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	12,3 12,4 12,2
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	34 16 16

N	2,5x10 ⁷
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	16,7 16,3 16,1
E _{bas} (cm)	15 15 15
E _{sub} (cm)	32 16 -

N	7,5x10 ⁷
MR Subleito (MPa)	53 110 124
E _{rev} (cm)	15 15 15
E _{bas} (cm)	34 16 16
E _{sub} (cm)	34 16 16

$$N = 7,5 \times 10^7$$

$$N = 1,0 \times 10^8$$

INSOLUCIONÁVEIS

RESULTADOS – SisPavBR 2.1.6.0

VIA SECUNDÁRIA

N				$2,5 \times 10^6$			N				$7,5 \times 10^6$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	5	5	5	E _{rev} (cm)	14	12,5	12,5
E _{rev} (cm)	5	5	5	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	34	16	16	E _{sub} (cm)	34	16	16	E _{sub} (cm)	34	16	16
N				$2,5 \times 10^7$			N				$7,5 \times 10^7$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	15,5	14	14,5	E _{rev} (cm)	17	16	15,5
E _{rev} (cm)	15,5	14	14,5	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-
N				$2,5 \times 10^8$			N				$7,5 \times 10^8$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	17,5	17	17	E _{rev} (cm)	17	17	17
E _{rev} (cm)	17,5	17	17	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-

RESULTADOS – SisPavBR 2.1.6.0

VIA PRINCIPAL

N				$2,5 \times 10^6$			N				$7,5 \times 10^6$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	5	5	5	E _{rev} (cm)	14	13	13
E _{rev} (cm)	5	5	5	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	34	16	16	E _{sub} (cm)	34	16	16	E _{sub} (cm)	34	16	16
N				$2,5 \times 10^7$			N				$7,5 \times 10^7$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	16,5	15,5	15,5	E _{rev} (cm)	18,5	18	18
E _{rev} (cm)	16,5	15,5	15,5	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-
N				$1,0 \times 10^8$			N				$1,0 \times 10^8$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	19,5	18,5	18,5	E _{rev} (cm)	19,5	18	18
E _{rev} (cm)	19,5	18,5	18,5	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-

RESULTADOS – SisPavBR 2.1.6.0

VIA INTERESTADUAL

N				$2,5 \times 10^6$			N				$7,5 \times 10^6$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	13	12	12	E _{rev} (cm)	14,5	13,5	13,5
E _{rev} (cm)	13	12	12	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	34	16	16	E _{sub} (cm)	34	16	16	E _{sub} (cm)	34	16	16
N				$2,5 \times 10^7$			N				$7,5 \times 10^7$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	19	17	16,5	E _{rev} (cm)	19,5	19	19
E _{rev} (cm)	19	17	16,5	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-
N				$1,0 \times 10^8$			N				$1,0 \times 10^8$				
MR Subleito (MPa)	53	110	124	MR Subleito (MPa)	53	110	124	E _{rev} (cm)	20	19,5	19,5	E _{rev} (cm)	20	19	19
E _{rev} (cm)	20	19,5	19,5	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{bas} (cm)	15	15	15
E _{bas} (cm)	15	15	15	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-	E _{sub} (cm)	32	16	-

RESULTADOS – AASHTOWare

50% CONFIABILIDADE

N	$2,5 \times 10^6$		
MR Subleito (MPa)	53	110	124
E_{rev} (cm)	15	7,5	7,5
E_{des} (cm)	15	15	15
E_{sub} (cm)	34	16	16

N	$7,5 \times 10^6$		
MR Subleito (MPa)	53	110	124
E_{rev} (cm)	22,5	22,5	20
E_{des} (cm)	15	15	15
E_{sub} (cm)	34	16	16

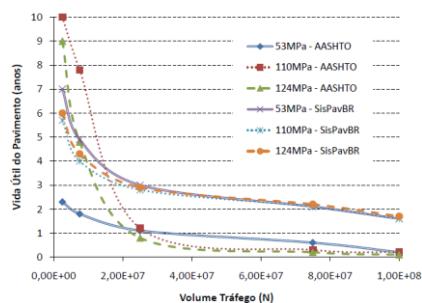
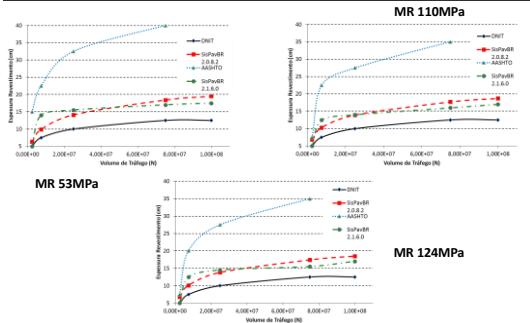
N	$2,5 \times 10^7$		
MR Subleito (MPa)	53	110	124
E_{rev} (cm)	32,5	27,5	27,5
E_{des} (cm)	15	15	15
E_{sub} (cm)	32	16	-

N	$7,5 \times 10^7$		
MR Subleito (MPa)	53	110	124
E_{rev} (cm)	40	35	35
E_{des} (cm)	15	15	15
E_{sub} (cm)	32	16	-

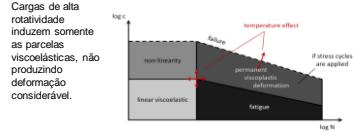
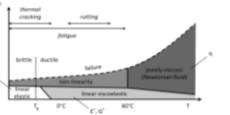
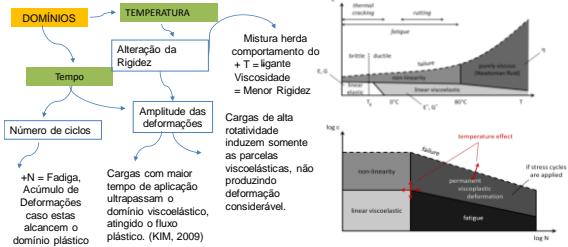
$N = 1,0 \times 10^8$ → INSOLUCIONÁVEL

RESULTADOS

50% CONFIABILIDADE / VIAS SECUNDÁRIAS



Comportamento Mecânico das Misturas Asfálticas



Módulo Complexo

RIGIDEZ

TEORIA DA ELASTICIDADE

A determinação da rigidez das misturas asfálticas é realizada por meio do ensaio de **Módulo de Resiliência (MR)**. Considera um comportamento elástico linear das mesmas, obedecendo a Lei de Hooke.

VISCOELASTICIDADE

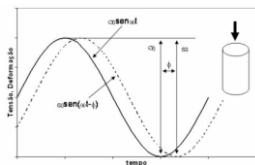
Determinação da rigidez por meio do ensaio de **Módulo Complexo**, que melhor representa o comportamento viscoelástico linear na camada asfáltica;

Módulo Complexo (E^*) é um número complexo, que relaciona tensão e deformação para materiais viscoelásticos sujeitos a carregamento senoidal, aplicado em um certo domínio de frequência e temperatura.

MÓDULO COMPLEXO

$$[E^*(\omega)] = \frac{|\sigma|}{|\epsilon|}$$

$$\varphi = \frac{t_p}{t_p} \times 360$$



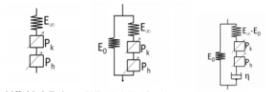
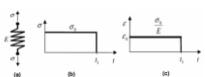
TEORIA DA ELASTICIDADE

VISCOELASTICIDADE

A determinação da rigidez das misturas asfálticas, realizada por meio do ensaio de **Módulo de Resiliência (MR)**, considera um comportamento elástico linear das mesmas, obedecendo a Lei de Hooke.

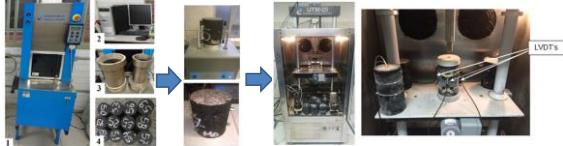
Determinação da rigidez do concreto asfáltico pelo ensaio de **Módulo Complexo**, que melhor representa o comportamento viscoelástico linear na camada asfáltica.

Modelagem física-matemática



Módulo Complexo

► ENSAIO: Norma AASHTO T 342



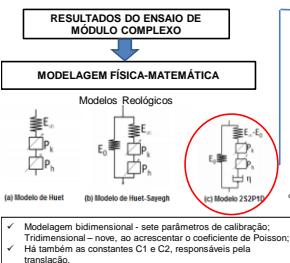
- ✓ Corpos de prova: diâmetro entre 100 e 104 mm, altura entre 147,5 e 152,5 mm e tamanho máximo nominal de 37,5 mm;
- ✓ Volume de Vazios: 5,5 % ± 0,5%

Temperatura de ensaio (°C)	Tempo para equilíbrio da temperatura da sala de ensaio (min) [h]	Tempo para equilíbrio da temperatura da sala de ensaio com a temperatura do teste (min) [h]
-10	Uma hora	Uma hora
0	Uma hora	Uma hora
25	Uma hora	Uma hora
54	3	2

- ✓ Carregamento senoidal axial;
- ✓ Aplicação de carga nas frequências de 25 Hz, 20 Hz, 10 Hz, 5 Hz, 2 Hz, 1 Hz, 0,5 Hz, 0,2 Hz, 0,1 Hz e 0,01 Hz;
- ✓ Temperaturas de ensaio: -10° C, 4° C, 21° C, 37° C e 54° C;
- ✓ Deformação limitada à faixa de 50 a 75 microstrain, no intuito de representar o regime de viscoelasticidade linear;

Módulo Complexo

► RESULTADOS



Modelo 2S2P1D, desenvolvido por Olard e Di Benedetto (2003).

$$\begin{aligned} E^*(\omega) &= E_{00} \frac{E_0 - E_{00}}{1 + \delta(j\omega\tau)^{-k} + (j\omega\tau)^{-h} + (j\omega\beta\tau)^{-1}} \\ v^*(\omega) &= v_{00} + (v_0 - v_{00}) \frac{E^*(\omega) - E_{00}}{E_0 - E_{00}} \end{aligned}$$

Onde:

$\omega = \text{rad/s}$, $\eta = 2\pi f$ (onda é a frequência)

$k, h = \text{exponentes}, 0 < k < 1, h = \text{constante}$

$E_0 = \text{módulo estático}, \alpha = 0$

$E_v = \text{módulo em transição vitrea}, \alpha \rightarrow \infty$

$\eta = \text{viscosidade Newtoniana}, \eta = (E_v - E_0)/\dot{\gamma}$

$\tau = \text{tempo característico, o qual varia com a temperatura } T: \tau(T) = \tau_0(T)$

onde: $\tau_0 = \tau(T_0)$

$v_{00} = \text{coeficiente de Poisson estático}, \alpha = 0$

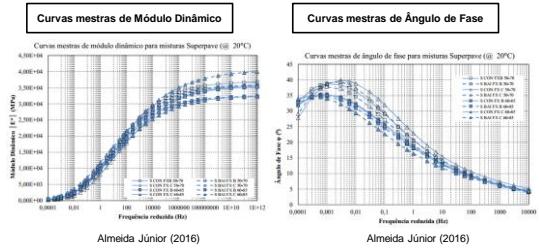
$v_0 = \text{coeficiente de Poisson estático}, \alpha \rightarrow \infty$

$$\log(a_T) = -\frac{C_1(T - T_{ref})}{C_2 + (T - T_{ref})}$$

- ✓ Modelagem bidimensional - sete parâmetros de calibração;
- Tridimensional - nove, ao acrescentar o coeficiente de Poisson;
- ✓ Há também as constantes C_1 e C_2 , responsáveis pela translação.

Módulo Complexo

► EXEMPLOS DE RESULTADOS

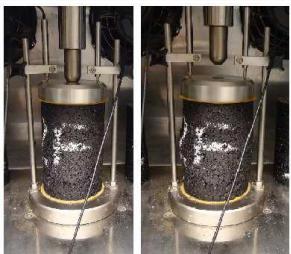


Almeida Júnior (2016)

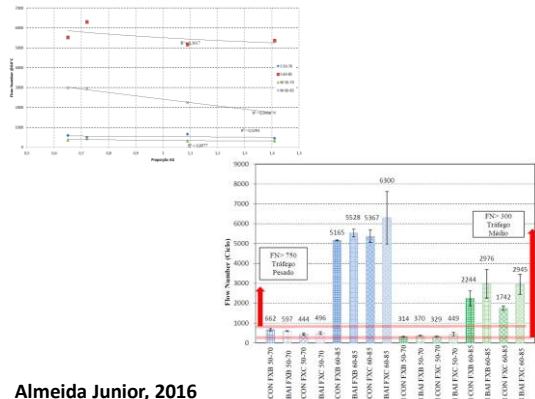
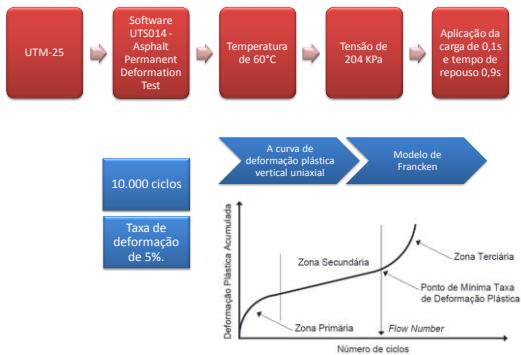
Almeida Júnior (2016)

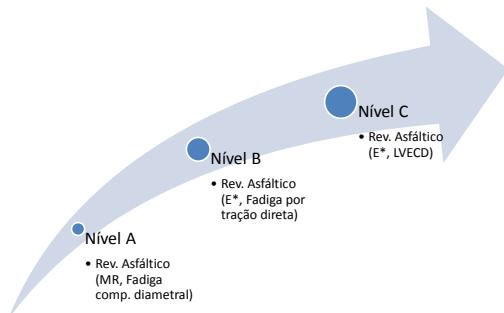
Ensaio Flow Number

O ensaio de Flow Number é descrito no Brasil pela norma ABNT NBR 16505:2016 - Misturas asfálticas - Resistência à deformação permanente utilizando o ensaio uniaxial de carga repetida. Os corpos de prova são moldados com grau de compactação (GC) 97% \pm 0,5%. Devem ser ensaiados três Corpos de prova por mistura, com as dimensões: altura de 150 \pm 2,5mm e diâmetro 102 \pm 2mm.



Ensaio Flow Number





- No método ME-BR, em proposta:
 - ✓ ainda estão sendo validadas as equações já estabelecidas para fadiga do nível A
 - ✓ falta detalhar e completar o nível B
 - ✓ validar o método para camadas cimentadas
 - ✓ desenvolver função transferência para deformação de solos e para trincas por reflexão de camadas cimentadas
 - Este que está sendo disponibilizado inicialmente é o nível A, que utiliza o software denominado SisPavBR, baseado no SisPav desenvolvido por Franco (2007)

Característica do Concreto ástico (CA) e do revestimento	Método do CBR	MEPDG BR
Escolha do Ligante	Inexistente	Função do clima e do tráfego, também estendendo os resultados do Superpane, velocidade.
Dosagem do CA	Marshall	Superpane, considerando aletas em varias condições e análise do empacotamento.
Característica mecânica	Estabilidade, Resistência a tração	Média de resistência ao deslizamento, fator de deformação permanente.
Espessura	Função do tráfego	Função das dimensões da estrutura, características mecânicas do CA e de tráfego.
Desempenho	Não explicitado	Prevista de trincamento e afundamento.

Nível A

- O ensaio de MR é requerido para todas as camadas do pavimento e para o subleito, além do ensaio de deformação permanente.
 - Para camadas quimicamente estabilizadas os módulos elásticos ou resilientes devem ser obtidos, mas considera-se que não contribuirão para o afundamento, dispensando-se o ensaio de deformação permanente.
 - Para as misturas asfálticas e misturas cimentadas também é necessário se definir uma equação de fadiga, que no caso de concreto asfáltico deve ser obtida por ensaio de compressão diametral (tração indireta).
 - Os ensaios de deformação permanente de solos e britas são de desenvolvimento mais recente, mas também já se tem um banco de dados de diversos materiais.
 - A função de transferência para o cálculo do ATR ainda está em desenvolvimento. No entanto, como também é feito em vários países, a previsão da contribuição de cada camada geotécnica para o ATR total é considerada segura quando os materiais selecionados apresentam o comportamento de acomodamento nos ensaios para níveis de tensão elevados.

Nível B

- O ensaio de Módulo de resiliência e o de deformação permanente são requeridos para todas as camadas do pavimento e do subleito, exceto para todas as camadas asfálticas para as quais o módulo dinâmico é requerido e o ensaio de fadiga por tração direta.
 - Para camadas quimicamente estabilizadas os módulos elásticos ou resilientes devem ser obtidos, mas considera-se que não contribuirão para o afundamento, mas equações de fadiga destes são necessárias.

CARACTERÍSTICAS DE PROJETO E FATORES NÃO INCLUÍDOS NO MÉTODO

- Atrito, Resistência a derrapagem e ruído
 - Pneus simples (Single) e simples especial (Super-Single) extralargos
 - Durabilidade e desintegração da Mistura asfáltica
 - Expanções de solos
 - Geotrelhas e outros materiais sintéticos de reforço
 - Pavimentos Semirrigidos
 - Programa de preservação do pavimento
 - Construção em estágios

Deformação Permanente

- O cálculo se baseia no cálculo de distorção incremental ou deformação em cada subcamada não ligada.
 - A deformação permanente do revestimento não está incluída neste nível 1.
 - A deformação permanente acumulada é estimada como o somatório das contribuições de cada camada geotécnica, considerando a espessura da subcamada dentro da estrutura do pavimento.
 - A deformação plástica na superfície ou ATR é a soma das deformações plásticas verticais de cada camada

$$\varepsilon_p(\%) = \psi_1 \left(\frac{\sigma_d}{\rho_0} \right)^{\psi_2} \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\rho_0} \right)^{\psi_3} \cdot N^{\psi_4} \quad (1) \quad \delta_{total}^p = \sum_{i=1}^n \varepsilon_p^i \cdot h_i$$

Onde: ε_p (%): deformação permanente específica;

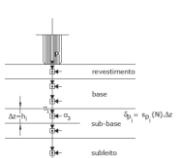
ψ_1, ψ_2, ψ_3 : parâmetros de regressão (parâmetros de deformabilidade permanente);

σ_3 : tensão confinante;

σ_d : tensão desvio;

ρ_0 : tensão de referência (tensão atmosférica a 1 kgf/cm²);

N: número de ciclos de aplicação de carga.



Trincas relacionadas à carga

- No cálculo da área trincada, (os defeitos de couro de jacaré, trincas longitudinais e transversais são agrupadas neste critério), o programa faz análise em vários pontos do revestimento.
- Admite-se que a maioria das fissuras inicia na parte inferior da camada de revestimento asfáltico e se propaga para superfície com tráfego continuado de caminhões, enquanto trincas longitudinais iniciam na superfície, mas quando visíveis na superfície, são englobadas numa só categoria no levantamento visual.
- DA (dano acumulado) é calculado a partir do dano médio (ΔD), empregando a hipótese de Miner. Este dano médio é estimado numa malha distribuída em 110 pontos da camada de revestimento, permitindo ainda, calcular o dano em até duas camadas asfálticas

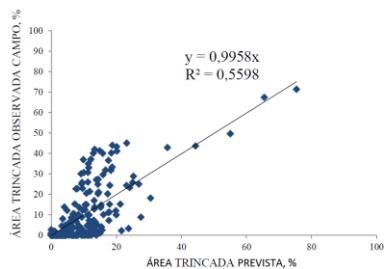
$$N = k_1 \times t_c^{k_2} \times M R^{k_3}$$

Onde: N = nº permissível de aplicações de eixos de carga
 k_1, k_2 e k_3 = constantes
 t_c = deformação de tração
 MR = módulo de resistência

$$\Delta D = \sum \Delta D = \sum \left(\frac{n}{N \cdot t_c} \right)$$

$$D_{reduzido} = D_{médio\ acumulado} \times \text{Função "S"}$$

$A_{T\ prevista} = C1 \times (D_{predito})^{C2}$



Fritzen, 2016

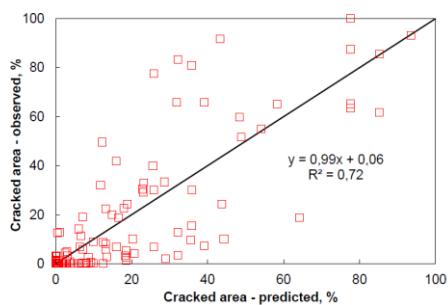
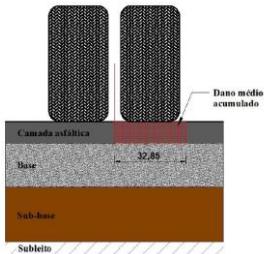


Figura 57 - Resultados da calibração da Função de Transferência definida por Nascimento em 2015, baseada na Função "ST0.35". Fonte: (NASCIMENTO, 2015)



10 pontos distribuídos na direção horizontal a partir do centro do carregamento (considerando o eixo padrão) – ponto 0 cm até 32,85 cm e 11 pontos distribuídos na direção vertical à 0,01 mm da superfície igualmente distribuídos em função da espessura da camada asfáltica

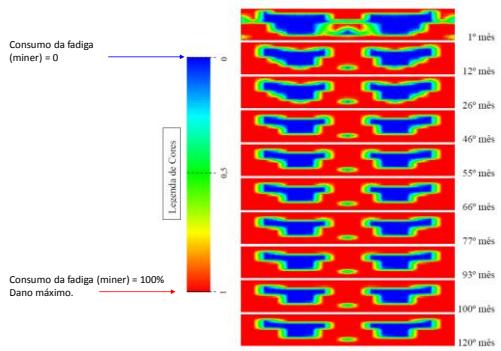


Figura 54 – Exemplo de evolução do dano médio acumulado gerado pelo AEMC – segmento com duas camadas de revestimento asfáltico novas – Projeto Fundão

Tabela 4.1: Critérios de desempenho sugeridos para utilização na concepção e dimensionamento de pavimentos asfálticos.

Tipo de rodovia	Critério (Valor no final da vida útil, no nível de confiabilidade do projeto)		
	AT (%) máximo	ATR (mm) máximo	FN (mínimo)
Autoestrada, tráfego pesado, vias comuns e para obras	10	10	2000
Principais, tráfego médio a pesado	20 a 30	13	750
Secundária, coletora, baixo volume de tráfego	30 a 40	20	300
AT – área trincada			
ATR – afundamento de trilho de roda			
FN - Número de fractura do concreto asfáltico			

Tabela 4.2: Nível de Confiabilidade sugerido por tipo de rodovia

Classificação funcional	Região Urbana	Região Rural
Autoestradas, tráfego pesado	95	92
Arterias principais	90	85
Coletoras	80	75
Locais	70	60

Anexo B – Questionário pós-evento

Feedback do "O Novo Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis no Brasil – Um Workshop Para Todos Sobre Sua Importância No Contexto Nacional"

* 1. No geral, como você avalia o evento? 

- Excelente
- Bom
- Nem bom, nem ruim
- Ruim
- Péssimo

* 2. A temática proposta foi devidamente abordada? 

- Sim, totalmente
- Sim, parcialmente
- Apenas em uma pequena parte
- Não foi abordada

* 3. Quão organizado foi o evento? 

- Extremamente organizado
- Muito organizado
- Mais ou menos organizado
- Pouco organizado
- Nada organizado

* 4. Quão adequada foi a infra-estrutura do evento? 

- Extremamente adequada
- Muito adequada
- Mais ou menos adequada
- Pouco adequada
- Nada adequada

* 5. As palestras ministradas na sessão plenária atenderam sua expectativa? 

- Sim, todas as palestras foram interessantes.
- Sim, porém uma das palestras deixou a desejar.
- Sim, porém mais de uma palestra deixou a desejar.
- Não houve palestras interessantes.

* 6. Quanto ao mini-curso de terça-feira, como você avaliaria? 

- Excelente
- Bom
- Nem bom, nem ruim.
- Ruim
- Pessímo

* 7. Você teria interesse em fazer um curso sobre o novo método de dimensionamento de pavimentos flexíveis? 

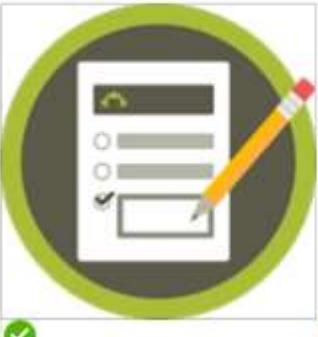
- Sim, gostaria.
- Sim, apenas se for gratuito.
- Sim, e aceitaria pagar por esta formação.
- Não tenho interesse.

* 8. Gostaria de compartilhar algo sobre o evento? Teria alguma recomendação a fazer? 

QUESTIONÁRIO DISPONÍVEL EM: <https://pt.surveymonkey.com/r/KFZ6VC6>

 **Lelio Brito** shared a link.

7 mins - SurveyMonkey 



Gostaríamos de sua opinião sobre o Workshop realizado pela PUCRS intitulado "O Novo Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis no Brasil – Um Workshop

PT.SURVEYMONKEY.COM

Anexo C – Lista de Participantes do Evento



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código do Atividade:	2111
Nome do Atividade:	WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código do Atividade:	2111
Nome do Atividade:	WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual

Código do Projeto: 123294

Nome do Projeto: CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO

Código do Atividade: 2111

Nome do Atividade: WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual

Código do Projeto: 123294

Nome do Projeto: CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO

Código do Atividade: 2111

Nome do Atividade: WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código do Atividade:	2111
Nome do Atividade:	WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



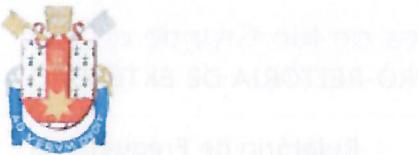
Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código do Atividade:	2111
Nome do Atividade:	WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código do Atividade:	2111
Nome do Atividade:	WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual

Código do Projeto: 123294

Nome do Projeto: CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO

Código do Atividade: 2111

Nome do Atividade: WORKSHOP - SESSÃO PI FENÁBIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código da Atividade:	2111
Nome da Atividade:	WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código do Atividade:	2111
Nome do Atividade:	WORKSHOP - SESSÃO PLENÁRIA

Observação:



Controle de Frequência Manual

Código do Projeto: 123294

Nome do Projeto: CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO

Código do Atividade: 2116

Nome do Atividade: WORKSHOP - SESSÃO

Observação:

TOTAL: 269

194: PRESENTES

75 : AUSENTES



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual

Aluno			Grau	Avaliação Final
ANDRE LUIZ HEBMULLER		X		
ANDRESSA DA SILVA AFONSO		X		
ANDRÉ DE OLIVEIRA TIMM		XX		
BARBARA QUATRIN		X		
BRUNA ROCHA DA SILVA				
CARLOS ROBERTO LEAL DEVILLA				
CASSIANO SCHÜLER FERNANDES COSTA		#		
CÉSARO TRUJILLO CORRÊA		X		
DIEGO DE MELLO AGUIAR		X		
DIONES ULIAM BARBOZA		X		
DOUGLAS CARDOSO ENGELKE		X		
ELLEN KAREN ZATTI		X		
FELIPE SOARES		X		
FILIPE DIÓGENES DE QUADROS		X		
FILIPE DOS SANTOS CEZAR		X		
GABRIEL GRASSIOLI SCHREINERT		X		
GABRIELA HOLSBACH DA ROCHA		X		
GABRIELA VIAPIANA		X		
GIBRAN DE MOURA SLEIMON		X		
GREGORY CENDRA COCENSKI		X		
GUILHERME BECHE LOPES		X		
GUSTAVO COELHO FERMINO		X		
IGOR MALGARIZE				
JADE CAROLINE SEEGER DA ROSA		X		
JEFFERSON ANDREOLLA LAGOAS		X		
JONATÁ DOS SANTOS CAZZUNI		X		
JULIA PARISE		X		

comilla Kern (51)998 34 8587)
matheus Matuella (51)993 0983 02)
mora Pergina (51) 9 98 42 2765

Morla ~~Teijo~~ Sidoli.
Teijo (55) 981044892,



Professor do Silvio Schmitz (51) 981809016
morello coetano exfretos (51) 989098135 Pontifícia

Arthur Bortolotto Rizzo
Alessandro Pibraro da Silveira (51) 999657762

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO

Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual

Código do Projeto: 123294

Nome do Projeto: CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO

Código do Atividade: 2102

Nome do Atividade: MINI CURSO (OPÇÃO B - TURNO TARDE)

Aluno	20/06/2017 13:31 - 17:30	Grau	Avaliação Final
JÉSSICA PULGATI MACHADO			
JÚLIA TEIXEIRA DE FRAGA			
KELVIN BERLATTO MONTINI	X		
LARRY RIVOIRE JUNIOR	X		
LEONARDO BALDISSETTA SALVI	X		
LUCAS FRAPORTI HELLER	X		
LUCAS GARCEZ PAZ	X		
LYSIANE MENEZES PACHECO	X		
MARCELO CORREA VIEIRA	X		
MARIA CRISTINA FERNANDES	X		
MATHEUS CAMPOS POMPERMAYER	X		
MATHEUS MARTINI	X		
MAURÍCIO BIRKAN AZEVEDO	X		
MAURÍCIO TELLECHEA MARTINI	X		
NATHALIA SCHMIDT			
PAULA MUNHOZ DA SILVEIRA			
PEDRO HENRIQUE WÜRFEL BANDEIRA	X		
PIETRA MORAES BORGES	X		
RENAN SILVA THOMAZ	X		
TALITA MARINHO DE SOUZA WACHHOLZ	X		
THAÍS FARIA DA SILVA	X		
VERLEI OLIVEIRA DOS SANTOS	X		
VINICIUS DA SILVA ALVES	X		
VINÍCIUS DA SILVA STRELOW	X		
WILLIAM FEDRIGO	X		

போலோ ரெஸ்டர் (எ) 9966459181
கிராம வருடம்:

Bibiano Cordeiro ~~████████~~ (55) 9 9838 9757

Ricardo von Muhler (51)999991662

Assinatura do Coordenador/Monitorante do Projeto (ou Atividade)

Promoção Prossima augeo (1c) 32805063 Assinatura do Coordenador/Ministrante do Projeto (ou Atividade)

Poerres Silve (511 99898 6970)

Assinatura do Coordenador/Ministrante do Projeto (ou Atividade)



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual	
Código do Projeto:	123294
Nome do Projeto:	CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO
Código do Atividade:	2101
Nome do Atividade:	MINI CURSO (OPÇÃO A - TURNO MANHÃ)

Aluno	20/06/2017 08:01 - 12:00	Grau	Avaliação Final
ALEXANDRE NICHEL	●		
AMANDA CAROLINA CARVALHO BETTIOL	●		
AMANDA RIBEIRO DO COUTO FRIEDRICH	●		
ANA LUIZA RANGEL MARTINS			
ANDRE GHIRALDO MANICA	●		
ANNA PAULA SANDRI ZAPPE	●		
BARBARA EICHLBERGER JUNGBLUT	●		
BRENO CORREA DA SILVA NETO	●		
CAMILA BORGES DUCZINSKI	●		
CAMILA KERN			
CARLOS ANDRE DOS SANTOS MATOS			
CLÉBER FACCIN	●		
CÁSSIOS BATISTA MARRA			
DAIANE BENITES	●		
DANIEL PINHEIRO FERNANDES	●		
DANIELA MOLINA AZEVEDO			
DOUGLAS MARTINS MOCELIN	●		
EDUARDO CONSTANTE BERGMANN	●		
EDUARDO PASCHE	●		
EDUARDO RAMOS BRUM	●		
FERNANDO CRONST			
FERNANDO DEKEPER BOEIRA	●		
FRANCISCO RICARDO DA PAIXÃO LIMA			
GRACIELI BORDIN COLPO	●		
HELENA LUNKES STRIEDER	●		
JEFERSON PIGOZZO	●		
JORGE ABEL BARBERAN			



Relatório de Frequências

Controle de Frequência Manual

Código do Projeto: 123294

Nome do Projeto: CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO

Código do Atividade: 2101

Nome do Atividade: MINI CURSO (OPÇÃO A - TURNO MANHÃ)

Aluno	20/06/2017 08:01 - 12:00	Grau	Avaliação Final
JULIANA MARTINS DEODATO	●		
JÉSSICA KURZ STELMACH	●		
KELI MALLMANN			
LARISSA MONTAGNER DE BARROS	●		
LEONARDO PAIVA FERREIRA			
LUCAS MASSING FARIA	●		
LUCAS SISCATE BOHRER	●		
LUCIANA PICKLER DEMOLINER			
LUISA DOTTO MÜNCHEN	●		
LUIZ PAULO GIROTT JÚNIOR			
LUÍS GUSTAVO SOUZA TELLES			
LÉLIO ANTÔNIO TEIXEIRA BRITO			
MANUELLA DOS SANTOS TAMIOSO	●		
MARCELO CAETANO DE FREITAS			
MARISA DAGMAR TIEFENSEE	●		
MATEUS BRISOLLA BONISSONI			
MÁRCIO DA FONSECA MARTINS			
NAMMUR YAN GEORG BACCA			
NATACHA CAETANO MACHADO			
NATALIA GUTERRES MENSCH	●		
NILANA NEGREIROS MITIDA	●		
PHILIPE KRUCHIN HIRSCHFELD	●		
RAFAEL DA SILVA SCHMITT			
RAFAEL HEINEN DA SILVA	●		
RAMÓN FINGER LILIENTHAL	●		
RAPHAEL BARROSO MOTTA			
RENAN MAY CHAVES	●		



Controle de Frequência Manual

Código do Projeto: 123294

Nome do Projeto: CURSO DE EXTENSÃO: O NOVO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL - UM WORKSHOP PARA TODOS SOBRE SUA IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO

Código do Atividade: 2101

Nome do Atividade: MINI CURSO (OPÇÃO A - TURNO MANHÃ)

Observação:

JEFFERSON ANDREOLLA LAGOAS

LUCIANO BEATRICE

DOUGLAS CARDOSO ENGELKE

MARLOVA GRAZIOTTIN JOHSTON

ARTUR ROSA

GABRIELI LAZZARI VIEIRA

EDUARDO LONDERO DRUZIAN