



**pete<sup>r</sup>**

Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



## RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA RDT - CONCEPA / ANTT

PROGRAMA DE ESPECIAL DE TREINAMENTO EM  
ENGENHARIA RODOVIÁRIA – PETER – FASE 2

Relatório Final



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

JANEIRO | 2018

RELATÓRIO FINAL - CONCEPA/ANTT  
**PROGRAMA ESPECIAL DE TREINAMENTO EM ENGENHARIA RODOVIÁRIA –  
PETER FASE 2**



**RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA:**

PROGRAMA DE ESPECIAL DE TREINAMENTO EM ENGENHARIA RODOVIÁRIA –

PETER FASE 2

**INSTITUIÇÃO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR PROPONENTE:**

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

**UNIDADE PROPONENTE:**

LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO – LAPAV/UFRGS

**COORDENADOR DO PROJETO:**

PROF. DR. JORGE AUGUSTO PEREIRA CERATTI

**EQUIPE EXECUTORA:**

PROF. PhD LÉLIO ANTÔNIO TEIXEIRA BRITO

PROF. DSc. JORGE AUGUSTO PEREIRA CERATTI

PROF. DR. WASHINGTON PÉRES NÚÑEZ

**EQUIPE DE APOIO:**

ENG<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> MARLOVA JOHNSTON (UFRGS)

ENG<sup>a</sup> MSc. GRACIELI BORDIN COLPO (UFRGS)

ENG<sup>a</sup> CAMILA KERN (UFRGS)

ENG. MSc. FÁBIO HIRSCH (CONCEPA)

ENG. MSc. THIAGO VITORELLO (CONCEPA)

ENG. KELLI MALLMANN (CONCEPA)

ENG. EDUARDO MEIRELLES (CONCEPA)

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 PRIMEIRO TRIMESTRE .....</b>	<b>15</b>
2.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	15
2.2 SELEÇÃO DE NOVOS BOLSISTAS .....	16
2.3 DIVULGAÇÃO DO PROGRAMA.....	19
2.4 ATIVIDADES TRIMESTRAIS .....	21
2.4.1 Atividades Laboratoriais .....	21
2.4.2 Levantamentos de Campo.....	23
2.4.3 Cafezinho Rodoviário - Curso <i>software</i> ABAQUS .....	23
2.4.4 Cafezinho Rodoviário - Curso <i>software</i> 3DMOVE .....	25
2.4.5 Visita à TRIUNFO   CONCEPA .....	27
2.5 ATIVIDADES ADICIONAIS .....	29
2.5.1 Troféu Baiano de Peneiramento .....	29
2.5.2 Visita dos alunos de Engenharia Civil da ULBRA ao LAPAV.....	29
2.5.3 Cerimônia de Elevação de Graus.....	30
2.5.4 TV Câmara visita o LAPAV.....	31
2.6 MELHORIAS IMPLANTADAS NO LABORATÓRIO E NOVAS PROPOSTAS .....	32
2.7 CONCLUSÕES DO PRIMEIRO TRIMESTRE .....	33
<b>3 SEGUNDO TRIMESTRE .....</b>	<b>34</b>
3.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	34
3.2 DIVULGAÇÃO DO PROGRAMA.....	34
3.3 ATIVIDADES TRIMESTRAIS .....	35
3.3.1 Atividades Laboratoriais .....	35
3.3.2 Levantamentos de Campo.....	38
3.3.3 Cafezinho Rodoviário - Curso <i>software</i> EXCEL .....	41
3.3.4 Cafezinho Rodoviário – Apresentação de Dissertação.....	42
3.3.5 Participação do PETER no UFRGS - PORTAS ABERTAS .....	43
3.3.6 Participação do PETER no Concurso CONCEPA .....	44
3.3.7 Participação do PETER no CRICTE.....	46
3.3.8 Cafezinho Rodoviário – Curso de Agregados .....	47
3.4 ATIVIDADES ADICIONAIS .....	48

3.4.1	Troféu Baiano de Peneiramento .....	49
3.4.2	Visita do Professor Andrew Dawson da Universidade de Nottingham.....	50
3.4.3	PAINEL EXTERNO PARA ALUNOS - PAVEMENTS FOR ENERGY HARVESTING AND DEPENDABLE LOW-VOLUME ROADS .....	52
3.4.4	Visita dos participantes do Workshop “Pavements for energy harvesting and dependable low-volume roads” ao LAPAV .....	54
3.4.5	Retorno da Ficha de atividades semanais .....	54
3.4.6	Festa Junina LAPAV.....	55
3.5	CONCLUSÕES DO SEGUNDO TRIMESTRE .....	56
<b>4</b>	<b>TERCEIRO TRIMESTRE .....</b>	<b>58</b>
4.1	COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	58
4.2	SELEÇÃO DE NOVOS BOLSISTAS .....	59
4.3	AQUISIÇÃO DE MATERIAIS .....	61
4.4	ATIVIDADES TRIMESTRAIS .....	63
4.4.1	Atividades Laboratoriais .....	63
4.4.2	Cafezinho Rodoviário – Salão de Iniciação Científica .....	64
4.4.3	Participação do PETER no Salão de Iniciação Científica da UFRGS .....	66
4.4.4	Workshop RDT ANTT - Brasília .....	67
4.4.5	Visita a UnB – Brasília .....	69
4.4.6	Divulgação do Programa PETER a turma de Introdução a Engenharia Civil .....	70
4.4.7	Cerimônia de Elevação de Grau e inserção dos novos integrantes PETER .....	71
4.4.8	Curso de Viscoelasticidade .....	71
4.5	ATIVIDADES ADICIONAIS .....	74
4.5.1	Visita dos alunos de Engenharia Civil da FEEVALE ao LAPAV .....	74
4.5.2	Visita alunos de Engenharia Civil da ULBRA ao LAPAV.....	75
4.5.3	Visita DAER, DNIT e CONCESSIONÁRIAS.....	76
4.5.4	Visita turma de Introdução a Engenharia Civil UFRGS .....	78
4.5.5	Despedida de Lapaviano.....	79
4.6	CONCLUSÕES DO TERCEIRO TRIMESTRE .....	79
<b>5</b>	<b>QUARTO TRIMESTRE .....</b>	<b>81</b>
5.1	COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	81
5.2	ATIVIDADES TRIMESTRAIS .....	82

5.2.1	Atividades Laboratoriais .....	82
5.2.2	V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários .....	83
5.2.3	Levantamento de Campo – BR-290/RS (Freeway) .....	85
5.2.4	Levantamento de campo – BR-448/RS.....	86
5.2.5	Levantamento de Campo – BR-116/RS .....	88
5.2.6	Cafezinho Rodoviário – Preparação para o V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários.....	89
5.2.7	Artigo Científico publicado na Revista Fundações e Obras Geotécnicas .....	90
5.3	ATIVIDADES ADICIONAIS .....	91
5.3.1	Visita dos alunos de Engenharia Civil da UNIPAMPA ao LAPAV .....	91
5.3.2	Visita da turma de Pavimentação e Terraplenagem da Engenharia Civil – UFRGS. 92	92
5.3.3	Almoço de Final de Ano.....	93
5.3.4	Entrega do Prêmio Baiano de Peneiramento.....	95
5.4	CONCLUSÕES DO QUARTO TRIMESTRE.....	96
<b>6</b>	<b>QUINTO TRIMESTRE .....</b>	<b>97</b>
6.1	COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	97
6.2	ATIVIDADES TRIMESTRAIS .....	98
6.2.1	Atividades Laboratoriais .....	98
6.2.2	Instalação de Sensores – BR-116/RS .....	99
6.2.3	Levantamento de campo – BR-116/RS.....	100
6.2.4	Defesa de dissertação das Líderes do PETER .....	100
6.2.5	GEORS - Apresentação da aluna do segundo ano do PETER Eduarda Fontoura... 103	103
6.2.6	Cafezinho Rodoviário – Apresentações.....	104
6.3	ATIVIDADES ADICIONAIS .....	106
6.4	CONCLUSÕES DO QUINTO TRIMESTRE .....	108
<b>7</b>	<b>SEXTO BIMESTRE .....</b>	<b>110</b>
7.1	COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	110
7.2	ATIVIDADES BIMESTRAIS .....	111
7.2.1	Atividades Laboratoriais .....	111
7.2.2	Levantamento de campo – BR-116/RS.....	112
7.2.3	Divulgação do PETER e do LAPAV no UFRGS Portas Abertas .....	112
7.2.4	Aulas de aperfeiçoamento para funcionários do DAER .....	115

7.2.5	Cafezinho Rodoviário – Divulgação pesquisas .....	116
7.3	ATIVIDADES ADICIONAIS .....	117
7.4	CONCLUSÕES DO SEXTO BIMESTRE .....	122
<b>8</b>	<b>SÉTIMO TRIMESTRE .....</b>	<b>124</b>
8.1	COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	124
8.2	ATIVIDADES TRIMESTRAIS .....	124
8.2.1	Divulgação do programa .....	124
8.2.2	Atividades Laboratoriais .....	126
8.2.3	Levantamento de campo – BR-116/RS.....	127
8.2.4	Cafezinho Rodoviário.....	128
8.2.5	Salão de Iniciação Científica .....	130
8.2.6	Artigos em congresso nacional.....	131
8.2.7	XI Workshop sobre Recursos de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) da ANTT..	132
8.3	ATIVIDADES ADICIONAIS .....	133
8.3.1	Aulas de aperfeiçoamento para funcionários do DAER .....	133
8.3.2	Viagem de estudos do Felipe Pivetta ao NTEC e ENTPE .....	134
8.3.3	Visita dos alunos de Tecnologia de revestimentos asfáltico da Engenharia Civil da UFRGS	135
8.3.4	Participação no Curso de Viscoelasticidade com professor Amit Bhasin .....	136
8.3.5	Qualificação de mestrado.....	137
8.4	CONCLUSÕES DO SÉTIMO TRIMESTRE .....	138
<b>9</b>	<b>OITAVO TRIMESTRE.....</b>	<b>139</b>
9.1	COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV.....	139
9.2	ATIVIDADES TRIMESTRAIS .....	140
9.2.1	Chamada para nova seleção.....	140
9.2.2	Atividades Laboratoriais .....	141
9.2.3	Levantamento de campo – BR-116/RS.....	143
9.2.4	Cafezinho Rodoviário.....	143
9.2.5	Salão de Iniciação Científica .....	147
9.2.6	Artigos em congresso nacional.....	148
9.3	ATIVIDADES ADICIONAIS .....	150
9.3.1	XXVIII CRICTE .....	150

9.3.2 XIX CILA .....	150
9.3.3 CAP Móvel .....	151
9.3.4 Visita alunos ULBRA.....	151
9.3.5 Confraternização de final de ano .....	152
9.4 CONCLUSÕES DO OITAVO, E ÚLTIMO, TRIMESTRE .....	153
<b>ANEXO A – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DE SELEÇÃO BOLSISTAS PETER .....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXO B – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DOS BOLSISTAS SELECIONADOS EM DEZEMBRO DE 2015.....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO C – CARTAZ DE HOMENAGEM AOS BOLSISTAS PETER SELECIONADOS .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO D – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DA SELEÇÃO PARA PETER EM ABRIL DE 2016 .....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO E – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DOS BOLSISTAS PETER SELECIONADOS EM ABRIL DE 2016.....</b>	<b>159</b>
<b>ANEXO F – APRESENTAÇÃO – APRESENTAÇÃO “CAFEZINHO RODOVIÁRIO” – CURSO DE 3DMOVE – Dr. Eduardo Peter .....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXO G – APRESENTAÇÃO – APRESENTAÇÃO “CAFEZINHO RODOVIÁRIO” DA PESQUISANDORA THAÍS KLEINERT.....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO H – DOCUMENTAÇÃO COMPROBATÓRIO DE ESTÁGIO NO EXTERIOR DO ALUNO DOUGLAS ENGELKE.....</b>	<b>191</b>
<b>ANEXO I – APRESENTAÇÃO FEITA NO X WORKSHOP “DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NAS CONCESSÕES RODOVIÁRIAS: SOLUÇÕES TÉCNICAS E APLICADAS” .....</b>	<b>192</b>
<b>ANEXO J – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DO V CONCURSO DE ESTUDOS TÉCNICOS RODOVIÁRIOS.....</b>	<b>207</b>
<b>ANEXO K – SLIDES APRESENTADOS NO CAFÉ RODOVIÁRIO – QUINTO TRIMESTRE.....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXO L – SLIDES APRESENTADOS NO CAFÉ RODOVIÁRIO – ÚLTIMO BIMESTRE .....</b>	<b>302</b>
<b>ANEXO M – RESUMO DAS PESQUISAS DOS PETER PARA O SIC-UFRGS.....</b>	<b>322</b>
<b>ANEXO N – APRESENTAÇÕES CAFEZINHO RODOVIÁRIO .....</b>	<b>330</b>
<b>ANEXO O – RESUMOS SIC UFRGS.....</b>	<b>331</b>
<b>ANEXO P – CARTAS DE ACEITAÇÃO ANPET.....</b>	<b>332</b>
<b>ANEXO Q – APRESENTAÇÃO WORKSHOP RDT ANTT .....</b>	<b>333</b>
<b>ANEXO R – APRESENTAÇÃO DE SELEÇÃO DO PETER VIA040.....</b>	<b>334</b>
<b>ANEXO S – CAFEZINHO RODOVÁRIO.....</b>	<b>335</b>
<b>ANEXO T – APRESENTAÇÃO WORKSHOP RDT ANTT.....</b>	<b>336</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos específicos no plano de formação do programa PETER .....	14
Figura 2 – Chamamento de bolsistas em novembro/2015 .....	16
Figura 3 – Conversa com os candidatos a bolsa PETER.....	19
Figura 4 – Frente e verso do Pen-drive .....	20
Figura 5 – Camisa gola polo PETER.....	20
Figura 6 – Camisa pescador PETER.....	21
Figura 7 – Preparação de material a ser utilizado.....	21
Figura 8 – Lavagem do agregado .....	22
Figura 9 – Separação de materiais .....	22
Figura 10 – Auxilio em trabalhos de Mestrado .....	22
Figura 11 – Monitoramento de desempenho da BR-448/RS.....	23
Figura 12 – Chamada para curso de Abaqus – Cafezinho de Instrução.....	24
Figura 13 – Alunos PETER participando do curso <i>software ABAQUS</i> .....	25
Figura 14 – O aprendizado se deu a partir de exercícios de modelagem de pavimentos..	25
Figura 15 – Chamada para curso 3D Move – Cafezinho de Instrução .....	26
Figura 16 – O curso do software 3D MOVE contou com a presença de todos os PETERs..	26
Figura 17 – O ministrante apresentou de forma abrangente a importância da utilização de softwares na pavimentação. ....	27
Figura 18 – Momento de integração.....	28
Figura 19 – Visita a Concessionária CONCEPA .....	28
Figura 20 – Turma de alunos da ULBRA .....	30
Figura 21 – Visita dos alunos de Engenharia Civil da ULBRA .....	30
Figura 22 – Celebração da elevação de graus do PETER .....	31
Figura 23 – Reportagem realizada pela TV Câmara no LAPAV .....	32
Figura 24 – Medidor de Ponto de amolecimento eletrônico.....	32
Figura 25 – Jaleco personalizado LAPAV/PETER .....	35
Figura 26 Moldagem de corpo de prova para ensaio triaxial .....	36
Figura 27 – Utilização de misturas com fresado asfáltico para verificar módulo resiliente	36
Figura 28 – Ensaio de adesividade em andamento.....	37
Figura 29 – Rotina do laboratório (lavagem e peneiramento de agregados).....	37
Figura 30 – Ensaio com misturas asfálticas .....	38
Figura 31 – Atividades iniciais dos novos bolsistas .....	38
Figura 32 – Monitoramento do desempenho da BR-290/RS.....	39
Figura 33 – Equipe PETER/LAPAV que realizou os ensaios de campo .....	39
Figura 34 – Equipe realizando a instalação dos sensores na pista .....	40
Figura 35 – Equipe PETER/LAPAV que auxiliou na instalação dos sensores .....	40
Figura 36 – Chamada para o curso de Excel – Cafezinho de Instrução.....	41
Figura 37 – Mário abordou como facilitar e reorganizar dados obtidos em ensaios de laboratório.....	42
Figura 38 – PETERs presentes no curso do <i>Software Excel</i> .....	42
Figura 39 - Cafezinho Rodoviário sobre Reciclagem de Pavimentos .....	43
Figura 40 – Apresentação a comunidade do programa PETER-LAPAV .....	44
Figura 41 – Bolsistas PETER participando do UFRGS – PORTAS ABERTAS .....	44
Figura 42 – Chamada para a entrega da premiação do IV Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários.....	45

Figura 43 – Premiação recebida pelo ex-PETER Douglas Mocelin .....	45
Figura 44 – Fabio Conterato recebeu Menção Honrosa pela categoria PETER .....	46
Figura 45 – Bolsistas PETER apresentando suas pesquisas.....	46
Figura 46 – Apresentação de trabalhos .....	47
Figura 47 – Chamada para o Curso de Caracterização de Materiais Rochosos para uso na Construção Civil.....	47
Figura 48 – Curso ministrado pelo Prof. Clóvis abordou como é realizada a caracterização de materiais rochosos .....	48
Figura 49 – Visita dos bolsistas a CIENTEC .....	48
Figura 50 – Chamada para o almoço comemorativo e entrega do Troféu Baiano de Peneiramento.....	49
Figura 51 – Juntamente com a entrega do Troféu Baiano houve um almoço comemorativo .....	49
Figura 52 – Cynthia recebeu o prêmio de peneiramento .....	50
Figura 53 – Grupo PETER/LAPAV presente no almoço .....	50
Figura 54 – LAPAV recebeu a visita do professor Andrew Dawson .....	51
Figura 55 – Apresentação dos bolsistas PETER (13/05/2016) .....	51
Figura 56 – Lapavianos com o professor Dawson .....	52
Figura 57 – Professores dissertaram sobre as Universidades em que trabalham (16/05/2016) .....	53
Figura 58 – Alunos PETER participando do evento .....	53
Figura 59 – Visita de professores externos ao LAPAV.....	54
Figura 60 - Os visitantes puderam conhecer os setores de Misturas e Ensaios Especiais..	54
Figura 61 – Ficha de atividades semanais preenchida pelos bolsistas do laboratório .....	55
Figura 62 – Chamada para a Festa Junina do LAPAV .....	55
Figura 63 – Melhores momentos da Festa Junina .....	56
Figura 64 – Divulgação da seleção de alunos primeiranistas.....	60
Figura 65 – Seleção da bolsa de primeiranista.....	61
Figura 66 – Avental de couro utilizado para lavagem de agregado.....	62
Figura 67 – Camisa social PETER (tipo pescador com tela e proteção UV).....	62
Figura 68 – Pendrive do LAPAV – material Promocional .....	63
Figura 69 – Pasta PETER com logo LAPAV 30 anos .....	63
Figura 70 – Atividades laboratoriais diárias dos bolsistas e pesquisadores .....	64
Figura 71 – Chamada para o curso Cafezinho Rodoviário preparatório para o SIC da UFRGS .....	65
Figura 72 – Cafezinho Rodoviário preparatório para o SIC UFRGS .....	66
Figura 73 – Apresentação das pesquisas desenvolvidas no LAPAV .....	66
Figura 74 – Apresentação dos bolsistas PETER no SIC UFRGS .....	66
Figura 75 – Junior Vicensi foi Destaque de Seção no SIC UFRGS .....	67
Figura 76 – Passeio pela Capital Federal .....	68
Figura 77 – Participação X Workshop RDT – ANTT .....	69
Figura 78 – Visita aos laboratórios da UnB .....	70
Figura 79 – Grupo LAPAV/PETER com o Prof. Luiz Guilherme .....	70
Figura 80 – Apresentação do Programa PETER aos alunos da disciplina de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS .....	71

Figura 81 – Premiação ‘Troféu Baiano de Peneiramento’ durante a cerimônia de elevação de grau.....	72
Figura 82 – Chamada para o curso de Viscoelasticidade e Plasticidade de Materiais Asfálticos .....	72
Figura 83 – Curso de Viscoelasticidade e Plasticidade de Materiais Asfálticos .....	73
Figura 84 – Turma de alunos participantes do curso ministrado pelo Prof. Thiago Aragão .....	73
Figura 85 - Turma de alunos da Engenharia Civil da FEEVALE .....	74
Figura 86 – Visita dos alunos da FEEVALE ao LAPAV.....	75
Figura 87 – Turma da disciplina de Rodovias da ULBRA visitou todos os setores do LAPAV .....	75
Figura 88 – Turma de Engenharia Civil da ULBRA.....	76
Figura 89 – Profissionais da área de Pavimentação puderam conhecer um pouco mais dos ensaios realizados no Laboratório .....	77
Figura 90 – Representantes do DNIT, DAER e de Concessionárias em visita ao LAPAV .....	77
Figura 91 – Visita da turma de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS ao LAPAV.....	78
Figura 92 – Despedida do lapaviano Fábio Conterato .....	79
Figura 93 – Preparação de material para mistura asfáltica – auxílio em pesquisas a nível de mestrado e doutorado .....	82
Figura 94 – Extração de corpos de prova em placas de concreto asfáltico .....	83
Figura 95 – Ensaios realizados para o trabalho a ser enviado ao Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários.....	84
Figura 96 – Ensaios realizados na BR-290/RS (Freeway) .....	85
Figura 97 – Equipe PETER/LAPAV que auxiliou na realização dos ensaios .....	86
Figura 98 – Ensaios realizados na BR-448/RS.....	87
Figura 99 – Equipe PETER/LAPAV que participou do levantamento .....	87
Figura 100 – Monitoramento e coleta de dados para pesquisa realizada na BR-116/RS... ..	88
Figura 101 – Chamada para o Cafetinho Rodoviário do LAPAV .....	89
Figura 102 – Café Rodoviário realizado pelos bolsistas PETER .....	90
Figura 103 – Artigo publicado na Revista Fundações e Obras Geotécnicas .....	91
Figura 104 – Turma de alunos da Engenharia Civil da UNIPAMPA .....	92
Figura 105 – Visita realizada pelas turmas de Terraplenagem e Pavimentação dos Professores Ceratti e Washington.....	93
Figura 106 – O almoço de final de ano contou com a presença de 40 pessoas que colaboraram continuamente com o Laboratório de Pavimentação .....	93
Figura 107 – Convite para o Almoço de Final de Ano .....	94
Figura 108 – Reconhecimento de serviços prestados durante 20 anos ao Laboratório de pavimentação .....	94
Figura 109 – Reconhecimento de serviços prestados durante 15 anos ao Laboratório de Pavimentação .....	95
Figura 110 – Entrega do Prêmio Troféu Baiano de Peneiramento a bolsista PETER Eduarda Fontoura .....	96
Figura 111 – Atividades laboratorial .....	99
Figura 112 – Instalação de sensores na BR 116/RS.....	100
Figura 113 – Levantamento de Campo da BR 116/RS .....	100
Figura 114 – Convite para a defesa de mestrado da aluna Larissa Montagner.....	101

Figura 115 – Convite para a defesa de mestrado da aluna Camila Kern .....	101
Figura 116– Defesa de mestrado da aluna Larissa Montagner.....	102
Figura 117 – Defesa de mestrado da aluna Camila Kern .....	103
Figura 118 – Apresentação da aluna Eduarda no GEORS .....	103
Figura 119 – Chamada para o Cafezinho Rodoviário do LAPAV .....	104
Figura 120 - Cafezinho Rodoviário .....	105
Figura 121 – Turma dos novos alunos do mestrado em Engenharia Civil da UFRGS .....	106
Figura 122 – Apresentação do PETER a turma de Introdução a Eng. Civil.....	107
Figura 123 – Visita da FSG .....	108
Figura 124 – Visita dos alunos de Engenharia de Minas - UFRGS.....	108
Figura 125 – Atividades laboratorial .....	111
Figura 126 – Levantamento de Campo da BR 116/RS .....	112
Figura 127 – Participantes do UFRGS Portas Abertas .....	113
Figura 128 – Folder de divulgação do LAPAV.....	114
Figura 129 – Aulas laboratoriais de aperfeiçoamento técnico e prático .....	115
Figura 130 – Chamada para o Cafezinho Rodoviário do LAPAV .....	116
Figura 131 – Café Rodoviário .....	117
Figura 132 – Turmas do primeiro semestre da Engenharia Civil da UFRGS .....	118
Figura 133 – Chamada para a premiação do V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários .....	118
Figura 134 – Vencedores do Concurso.....	119
Figura 135 – Pesquisadores presente no evento .....	120
Figura 136 – Lapavianos presentes no Workshop .....	120
Figura 137 – Chamada para a Festa Junina .....	121
Figura 138 – Lapavianos apreciando a festa Junina .....	122

## **1 INTRODUÇÃO**

O projeto desenvolvido para “Formação de um Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária- PETER” teve grande impacto na Escola de Engenharia da UFRGS. Primeiro programa tutorial específico da UFRGS, o PETER teve seu destaque pela forte propulsão entre os alunos de graduação que despertaram seu interesse e curiosidade pela área dos transportes e pavimentação.

Um dos grandes destaques que os atraem ao programa está na possibilidade de um processo evolutivo de aprendizado que culmina no 5º ano na participação do corpo técnico de engenharia da concessionária Triunfo|Concepa. Aliado à grande seletividade do programa que demanda desempenho acadêmico superior, os alunos buscam o PETER como uma oportunidade de se aperfeiçoamento da sua formação acadêmica.

Face a este excelente desempenho do programa na sua primeira fase no Laboratório de Pavimentação, foi proposta à Triunfo|Concepa uma continuação do Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária PETER, iniciado em 2013. Amparado pelos Recursos de Desenvolvimento Tecnológico – RDT, da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, o PETER Fase 2 foi então aprovado pela ANTT através do Ofício nº2852/2015/SUINF de 30 de dezembro de 2015. Devido a ajustes no cronograma físico-financeiro restou aprovado no dia 24/02/2016 o início das atividades do programa para o mês de fevereiro de 2016, com realização de reunião entre a equipe executora do LAPAV e os representantes da Triunfo|Concepa no dia 29/02/2016.

O principal objetivo do programa é: “Buscar alunos de reconhecido desempenho acadêmico que se interessem pelo ramo da Engenharia Rodoviária, trazendo-os para dentro do Laboratório de Pavimentação, onde farão um programa de aprendizado passando pelas várias áreas do conhecimento deste segmento, culminando em um programa de intercâmbio Universidade - Empresa ao final do estágio, com o intuito de aplicar o conhecimento adquirido”.

Nesta segunda fase do programa, em opção realizada juntamente com a Concessionária Triunfo|CONCEPA sugeriu-se que a estrutura do programa fosse mantida idêntica à primeira fase – apenas com adição dos dois bolsistas primeiranistas a ser realizada a partir de setembro de 2016. A Figura 1 ilustra a evolução esperada dos alunos PETER ao longo de sua trajetória no programa através de sucessivos avanços nos objetivos específicos.

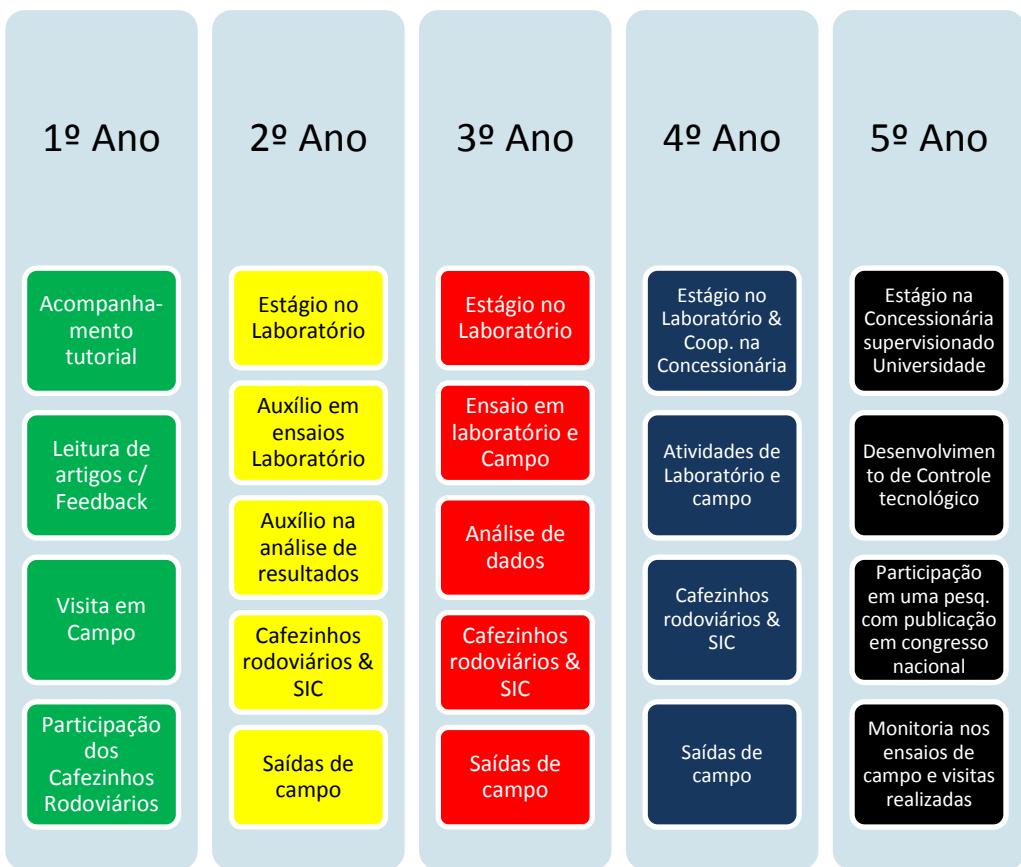


Figura 1 - Objetivos específicos no plano de formação do programa PETER

## 2 PRIMEIRO TRIMESTRE

O primeiro trimestre do Programa PETER – Fase 2, entre os meses de fevereiro a abril de 2016 transcorreu conforme previsto no cronograma sendo de sobremaneira marcado pela reorganização do programa do laboratório de pavimentação.

O término da fase 1 do programa havia deixado todos os PETER no aguardo pela retomada na fase 2 e que ocorreu apenas fevereiro de 2016, deixando um hiato de 11 meses entre o término da fase 1 (março de 2015) e a retomada do projeto.

Como a tramitação desta continuação junto à Concessionária desde fevereiro de 2015, o LAPAV manteve os alunos PETER enquadrados nas fases do projeto com recursos de outros projetos. Isto permitiu uma rápida retomada sem necessidade de grandes modificações do quadro a exceção do remanejo de bolsistas aos respectivos anos e também seleção de novos bolsistas para completar o quadro de bolsas em função de alunos que saíram para o programa Ciência sem Fronteiras e outros que se graduaram no período.

Com vistas a esta retomada, a seleção de novos bolsistas para o PETER2 foi realizada em dezembro de 2015 com seleção para bolsistas voluntários, nos moldes de seleção PETER. A seleção está relatada adiante no item 2.2.

No trimestre também foi realizada a divulgação do Laboratório de Pavimentação na TV Câmara, com a entrevista realizada mês de abril.

### 2.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV

O quadro do grupo de alunos PETER para este primeiro trimestre do Fase 2 contou com 1 tutor, 2 líderes e 8 bolsistas e um estagiário de técnico de estradas. O quadro do grupo ficou, portanto, assim composto:

*1º Trimestre de 2016*

Posição	Nome
Tutor	Prof. Lélio Brito
Líder 1	Engª Camila Kern
Líder 2	Engª Larissa M. de Barros
Bolsista 1	Guilherme Lopes
Bolsista 2	Cynthia Milech Blank
Bolsista 3	Junior Vicenzi
Bolsista 4	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 5	Kethelin Klagenberg
Bolsista 6	Daniel Pinheiro Fernandes
Bolsista 7	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 8	Gustavo Firmino
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

## 2.2 SELEÇÃO DE NOVOS BOLSISTAS

Como parte fundamental do desenvolvimento do PETER houve a seleção de novos bolsistas no mês de novembro de 2015, selecionando um aluno segundanista e dois alunos terceiristas; em abril de 2016 houve novo chamamento para seleção de novos alunos do segundo ano. A seleção de novos bolsistas foi necessária, pois dois dos alunos que faziam parte do quadro PETER-LAPAV concluíram a graduação e outros dois alunos optaram por realizar intercâmbio no exterior.

Importante salientar que como havia previsão de iminente aprovação da fase 2 durante o período de verão, o que impossibilitaria uma ampla divulgação para rápido chamamento dos bolsistas, optou-se por fazer tal chamamento durante o mês de novembro/2015, permitindo assim ampliar o chamamento e permitir que os alunos começassem como bolsistas voluntários até que houvesse a aprovação do novo plano.

O LAPAV também segue sua tradição de selecionar bolsistas voluntários como forma de manter aberta oportunidade de pelo menos mais dois bolsistas que tenham interesse na área. Desta forma também chamou novos bolsistas em abril/2016 já que os então bolsistas voluntários puderam passar a categoria PETER, conforme Figura 2.



Figura 2 – Chamamento de bolsistas em novembro/2015

O processo de seleção de novos bolsistas visa motivar e selecionar aqueles com interesse no segmento da engenharia rodoviária e cujo desempenho acadêmico demonstre positivamente potencial de desenvolvimento de profissionais de alta capacitação.

A seleção realizada em dezembro de 2015 foi de grande sucesso e contou com 30 interessados no programa, conforme lista de alunos abaixo. Os alunos fizeram contato através do e-mail [peterlapav@ufrgs.br](mailto:peterlapav@ufrgs.br) com envio dos seus currículos, histórico escolar e comprovante de matrícula, para participar da entrevista de seleção que ocorreu entre os dias 03 e 04 de dezembro de 2015, visando preenchimento de vagas de bolsistas voluntários.

O propósito da seleção foi o de buscar alunos segundanistas e terceiranistas como bolsistas voluntários que tivessem interesse de ingressar no laboratório. O número de interessados surpreendeu positivamente, principalmente pelo elevado nível de currículos que apresentaram; um número expressivo de alunos com grande competência acadêmica interessados no programa que era na grande maioria já de seu conhecimento, tendo em vista as constantes divulgações que ocorreram ao longo de 2013-2015.

Nome	Contato
César Andriola	andriola.cesar@gmail.com
Cynthia Milech Blank	cynthiablank@hotmail.com
Daiana Della Vecchia Magnus	magnus.daiana@gmail.com
Daiane Benites	daaianebebe@gmail.com
Daniel da Silva	eng.daniel1969@gmail.com
Eduarda Fontoura	efontoura08@gmail.com
Felipe do Canto Pivetta	fcpivetta@hotmail.com
Fernando Pfitscher	fernandopfitscher@hotmail.com
Gabriel Schaan Chiele	gabrielschiele@hotmail.com
Giovana Facchini	giovana.facchini@ufrgs.br
Guilherme Lopes	guilhermebebe@gmail.com
Heloisa Vivan	hv.vivan@gmail.com
Igor Barcelos	igrbcls@googlemail.com
Itallo Nebenzahl	itallo1989@hotmail.com
Jocely Cristine Ramires Penno	jojocely@yahoo.com.br
Josué Brito	josuerlima@hotmail.com
Junior Rodrigo Vicenzi	juniorvicenzi02@gmail.com
Kenji Kawauchi	kenji_kawauchi@hotmail.com
Larissa Guerra	larissaguerra7@yahoo.com.br
Larissa Luz	larissaluz.92@outlook.com
Laura Sanseverino	lauramsanseverino@gmail.com
Leandro leal	leandro-santos-leal@hotmail.com

Nome	Contato
Leonardo Endres	leonardo.endres.rs@gmail.com
Lucas Fiegenbaum	lucasfo2@hotmail.com
Mary Luiza	maryluizasz@hotmail.com
Matheus Lutz Ramos	matheuslr8@gmail.com
Michelle Azevedo Santos	michelle.azevedo@ufrgs.br
Ricardo Kontarski	ricardo.kontarski@ufrgs.br
Vanessa Pasinatto	vanepasinatto@gmail.com
Victor Placido	victorplacido@outlook.com.br

Participaram das entrevistas da seleção o Prof. Lélio Brito e a Eng<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlova Johnston que após a entrevista seguiram os critérios previstos no programa de desempenho como principal fator de decisão, apoiados também na entrevista realizada para avaliação do interesse dos alunos. Os bolsistas selecionados foram:

- 1 Junior Rodrigo Vicenzi
- 2 Felipe do Canto Pivetta
- 3 Cynthia Milech Blank

O cartaz de divulgação da seleção de dezembro de 2015 (ANEXO A), o cartaz de divulgação dos resultados (ANEXO B**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e o cartaz de homenagem aos novos lapavianos PETER (ANEXO C**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) se encontram nos anexos deste relatório.

Devido ao grande sucesso e atratividade do programa durante a seleção em dezembro de 2015 e como houve possibilidade de incluir mais dois bolsistas no quadro do LAPAV, optou-se por fazer uma nova seleção em abril de 2016. Esta nova seleção contou com seis candidatos, conforme lista abaixo.

Nome	Contato
Ana Carolina Ruwer	ruweranacarolina@gmail.com
Arthur Vendramin Polezzello	arthurpolezzello@gmail.com
Eduarda Fontoura	efontoura08@gmail.com
Guilherme Beche Lopes	guilhermebeche@hotmail.com
Kátia Kuroda	katiakurodaa@outlook.com
Petrick Eichwald Rosa dos Santos	petrick_@hotmail.com

A entrevista dos alunos ocorreu no dia 06 de maio, onde eles puderam conhecer todos os setores do laboratório e a rotina dos bolsistas.



Figura 3 – Conversa com os candidatos a bolsa PETER

Dos alunos inscritos para integrarem o quadro PETER-LAPAV foram selecionados, conforme lista abaixo. Os bolsistas selecionados foram:

- 1 Guilherme Lopes
- 2 Eduarda Fontoura (Voluntária)
- 3 Petrick dos Santos (Suplente)

O cartaz de divulgação da seleção de abril de 2016 (ANEXO D) e o cartaz de divulgação dos resultados (ANEXO E**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) se encontram nos anexos deste relatório.

A prática de abertura das portas do laboratório aos bolsistas voluntários tem se mostrado como ferramenta importante de “construção de atividades complementares” que pode auxiliar na seleção dos mesmos à entrada do programa PETER, ou mesmo outros programas que os mesmos venham a se candidatar.

### 2.3 DIVULGAÇÃO DO PROGRAMA

Para dar continuidade à divulgação do programa e também preparação às atividades previstas futuras de saída do grupo para eventos, foi realizada a continuação do desenvolvimento da marca através de materiais promocionais. Os itens produzidos foram:

- Pen Drive – Foram adquiridos Pen Drives customizados com os logos PETER e LAPAV para divulgação do programa.
- Camisa gola polo – A nova camisa foi desenvolvida com o propósito de se utilizar em saídas de campo curtas e como uniforme no laboratório quando houvesse visitas externas. A camisa

gola polo foi produzida na cor azul marinho, sendo camisas masculinas e baby looks femininas. Ela possui o bordado PETER na parte frontal e os logos UFRGS e LAPAV bordado nas mangas.

- Camisa social – A camisa que já havia sido incorporada como uniforme foi novamente produzida com o intuito de uniformizar os novos bolsistas PETER. O tecido e bordado utilizado foi o mesmo da camisa confeccionada anteriormente.

Os materiais produzidos estão ilustrados abaixo:



Figura 4 – Frente e verso do Pen-drive



Figura 5 – Camisa gola polo PETER



Figura 6 – Camisa pescador PETER

## 2.4 ATIVIDADES TRIMESTRAIS

### 2.4.1 Atividades Laboratoriais

Durante o período que compreende o presente relatório de acompanhamento foram realizadas atividades de organização, acompanhamento e realização de ensaios realizados no Setor de Misturas asfálticas e também no Setor de Ensaios Especiais. Devido à parte do trimestre englobar os meses iniciais do ano de 2016, o enfoque dado pelos bolsistas foi na preparação e organização do material para pesquisas a serem desenvolvidas ao longo do ano de 2016, conforme pode ser visualizado na Figura 4 e 5.



Figura 7 – Preparação de material a ser utilizado



Figura 8 – Lavagem do agregado

Juntamente com a realização dos ensaios no laboratório, fez-se o acompanhamento, auxílio e orientação de atividades referentes a diversas pesquisas realizadas no Laboratório de Pavimentação, tanto a nível de Iniciação Científica (IC) quanto de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e de Mestrado.



Figura 9 – Separação de materiais



Figura 10 – Auxílio em trabalhos de Mestrado

## 2.4.2 Levantamentos de Campo

Além das atividades laboratoriais, foram realizadas também atividades de campo que consistem no monitoramento de seções experimentais na BR-448/RS (Rodovia do Parque) e que fazem parte do projeto Rede Temática de Asfalto. O monitoramento foi realizado no mês de janeiro com a equipe técnica do LAPAV e de bolsistas do Programa PETER (Figura 9). A inserção dos bolsistas nestas atividades tem o propósito de proporcionar uma exposição ao ambiente externo ao laboratório, com acompanhamento e aprendizado em ensaios realizados em campo.

Na oportunidade foram realizados ensaios para verificar as condições superficiais de textura e atrito do revestimento da rodovia nos trechos monitorados através dos ensaios de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico para determinação de macrotextura e microtextura, respectivamente. Além disso, foram realizados ensaios deflectométricos através do emprego do equipamento FWD (Falling Weight Deflectometer) para verificação das condições estruturais do pavimento e levantamento visual de defeitos.



Figura 11 – Monitoramento de desempenho da BR-448/RS

## 2.4.3 Cafezinho Rodoviário - Curso software ABAQUS

No dia 09 de abril foi realizado o curso do *software* Abaqus ministrado pela ex-lapaviana Lysiane Pacheco. O Curso foi um oferecimento do “Cafezinho Rodoviário” do PETER que aproveitou a época para motivar os alunos com integração de novas tecnologias. Uma forma de apresentar avanços de pesquisas realizadas no laboratório, porém com

integração direta e envolvimento dos participantes que aproveitaram para aprimorar suas capacitações no uso de novas ferramentas.



Figura 12 – Chamada para curso de Abaqus – Cafezinho de Instrução

Lysiane abordou a importância da utilização de um *software* de elementos finitos para análises mecanísticas de pavimentos e mostrou como utilizou o mesmo em sua dissertação de mestrado que abordou a resistência ao cisalhamento em misturas asfálticas.

O curso proporcionou aos alunos uma visão de como conciliar os ensaios realizados em laboratório com a modelagem realizada em *softwares*, onde no laboratório se podem obter resultados de desempenho de cada material e com o *software* pode-se modelar toda uma estrutura com esses resultados.



Figura 13 – Alunos PETER participando do curso *software ABAQUS*



Figura 14 – O aprendizado se deu a partir de exercícios de modelagem de pavimentos

#### 2.4.4 Cafezinho Rodoviário - Curso *software 3DMOVE*

No dia 30 de abril mais um curso foi proporcionado aos lapavianos, desta vez com a utilização do *software 3DMOVE*, ministrado pelo Dr. Eduardo Peter (físico e graduando em Engenharia Civil) - Figura 15. Este *software* utiliza modelos mecanísticos para análise e projeto de pavimentos com uma aproximação de camadas finitas (2D) baseado na mecânica do contínuo. Ele apresenta como principal diferença ao Abaqus a utilização de camadas finitas e não de elementos finitos. Mais uma maneira de agregar a apresentação

de tecnologias aplicadas no laboratório de pavimentação de forma complementar à integração de atividades de extensão para os jovens PETERs.



Figura 15 – Chamada para curso 3D Move – Cafezinho de Instrução

Durante o curso foi abordado à importância da utilização de *softwares* para o dimensionamento e análise de pavimentos, bem como a realização de exercícios, a fim de proporcionar aos alunos uma maior familiarização com esse tipo de programa.

Está apresentado no ANEXO F a apresentação feita pelo Dr. Eduardo aos jovens PETER no estudo sobre dimensionamento de pavimentos, conceitos básicos de viscoelasticidade e o software 3D Move para análise de pavimentos.



Figura 16 – O curso do software 3D MOVE contou com a presença de todos os PETERs



Figura 17 – O ministrante apresentou de forma abrangente a importância da utilização de softwares na pavimentação.

#### 2.4.5 Visita à TRIUNFO | CONCEPA

Durante o primeiro trimestre, mais precisamente no dia 29 de abril, foi organizada uma visita dos integrantes do Laboratório de Pavimentação e bolsistas PETER à Concessionária CONCEPA, como parte das atividades previstas.

Durante a visita foi possível conhecer a sede e seus diversos setores dentro da engenharia da concessionária, principais atividades desenvolvidas pela equipe de engenharia, tanto no que se refere ao desenvolvimento de projetos quanto parte de execução em campo. Além disso, um ponto chave executado pela empresa e apresentado ao grupo que visitava a Sede foi à importância da interação da engenharia com as demais áreas, como por exemplo, a área de comunicação, a qual é importantíssima para comunicar ao usuário da rodovia das obras em andamento e também a antecipação e conhecimento das condições da via e de tráfego.

Outro fator interessante foi o de proporcionar aos bolsistas PETER, que estão dentro do laboratório, o contato com os bolsistas que já estão estagiando dentro da Concessionária. Atualmente os bolsistas PETER do quinto ano Gustavo Firmino e Filipe Reis estão estagiando na CONCEPA, onde conseguem associar os conhecimentos adquiridos no laboratório nos anos anteriores com o estágio profissional.

Após a visita a Sede da CONCEPA os alunos puderam visitar a Sede Social da empresa, onde houve a apresentação de projetos que estão sendo realizados na UFSM por parte do Professor Luciano Specht e os projetos realizados no LAPAV, com apresentação da Doutoranda Gracieli Colpo, dissertando sobre seu trabalho de análise de fadiga e também o professor Lélio Brito, explanando sobre os avanços obtidos com o Projeto PETER.

No final da visita houve um momento de integração, onde foi oferecido um churrasco aos visitantes.



Estudantes do Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária (Peter), da UFRGS, participaram na sexta-feira (29) de uma manhã de confraternização e troca de conhecimentos na sede social da Concepá. Por meio do projeto, os alunos fazem um intercâmbio sala de aula – empresa, e aplicam em um estágio aqui o conhecimento adquirido no Laboratório de Pavimentação da universidade.

Figura 18 – Momento de integração



Figura 19 – Visita a Concessionária CONCEPA

## **2.5 ATIVIDADES ADICIONAIS**

Houve muitas atividades adicionais no primeiro trimestre de 2016, como visitas de outras universidades, reportagens realizadas no LAPAV, entre outros. As mesmas serão apresentadas abaixo.

### **2.5.1 Troféu Baiano de Peneiramento**

O Troféu Baiano de Peneiramento é uma “Gincana” de separação de agregados entre os bolsistas. Esta foi uma forma de motivar os alunos a fracionar materiais granulométricos para as futuras atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no laboratório, já que a separação de agregados se trata de uma tarefa repetitiva e pouco atrativa – ainda que de fundamental importância para a realização de pesquisa.

A premiação desde ano contou com a participação dos três bolsistas PETER que iniciaram suas atividades em dezembro de 2015 e que incansavelmente separaram agregados durante o período de janeiro a abril. A premiação do troféu Baiano deve ocorrer no próximo trimestre, quando será apresentado qual bolsista apresentou melhor desempenho na função.

### **2.5.2 Visita dos alunos de Engenharia Civil da ULBRA ao LAPAV**

No mês de abril também tivemos visitas de outras Universidades no Laboratório de Pavimentação. Desta vez a turma de Rodovias do curso de Engenharia Civil da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA veio nos visitar e conhecer o dia-a-dia do laboratório. A Equipe PETER teve a oportunidade de apresentar aos estudantes as potencialidades e oportunidades de pesquisa na área de Rodovias e Pavimentação, tornando-as atrativas aos alunos, para que despertem interesse em trabalhar na área.

Os estudantes conheceram os setores do Laboratório de Pavimentação (Figura 19), tipo de ensaios realizados e Pesquisas em andamento, bem como a apresentação do programa PETER.



Figura 20 – Turma de alunos da ULBRA



Figura 21 – Visita dos alunos de Engenharia Civil da ULBRA

### 2.5.3 Cerimônia de Elevação de Graus

A nova fase do PETER mereceu celebração no LAPAV no dia 15/04/2016 quando foi oferecido a todos os integrantes do programa um almoço regado a pizza – Figura 22. O propósito do encontro foi fazer uma reunião de apresentação do formato do programa em sua nova fase e principalmente redistribuir as tarefas e relocar os novos bolsistas no seu novo faseamento fazendo a “Elevação de graus”.



Figura 22 – Celebração da elevação de graus do PETER

Foi neste dia que os bolsistas tiveram a oficialização e celebração de suas novas posições ocupadas na escada de evolução do programa PETER.

#### 2.5.4 TV Câmara visita o LAPAV

No dia 15 de abril a TV Câmara visitou o LAPAV com o intuito de realizar uma reportagem mostrando o laboratório e as pesquisas que vem sendo realizadas. Neste dia alguns pesquisadores e bolsistas mostraram suas pesquisas, equipamentos utilizados no laboratório (explicando a função de cada um) e também o simulador de tráfego. Foi um momento bastante gratificante, onde todos puderam apresentar como é a rotina de um laboratório de pavimentação e qual a importância do mesmo.

A reportagem realizada pela TV Câmara se encontra no link:

<https://vimeo.com/166400707>



Figura 23 – Reportagem realizada pela TV Câmara no LAPAV

## 2.6 MELHORIAS IMPLANTADAS NO LABORATÓRIO E NOVAS PROPOSTAS

Neste trimestre o laboratório adquiriu um novo equipamento para o Setor de Misturas (setor 1), o medidor do ponto de amolecimento (anel e bola) – eletrônico. Este equipamento determina automaticamente em que ponto o ligante atinge um determinado grau de amolecimento. Anteriormente o ensaio era realizado manualmente e agora com este novo equipamento as leituras serão automatizadas, o que dificulta o aparecimento de erros durante a execução do ensaio.

As principais diferenças ao se utilizar o equipamento automatizado para o manual são: conseguir calibrar a temperatura de vários pontos, avaliação automática dos resultados conforme os requisitos da norma, gráfico de taxa de aquecimento da temperatura para verificação da conformidade para cada teste, entre outros.



Figura 24 – Medidor de Ponto de amolecimento eletrônico

A aquisição de novos equipamentos proporcionam um melhor ambiente de trabalho para os bolsistas, técnicos e pesquisadores do laboratório, dando mais exatidão aos ensaios realizados e facilitando as atividades de pesquisa e concepção de projetos

## **2.7 CONCLUSÕES DO PRIMEIRO TRIMESTRE**

O primeiro trimestre de 2016 transcorreu conforme planejado, sendo possível realizar juntamente com a equipe do laboratório um processo de aprimoramento da organização das atividades laboratoriais, tanto do Setor de Misturas, quanto das atividades realizadas nos Setor de Ensaios Especiais e de Pistas Experimentais.

O enfoque dado neste período foi na organização e preparação dos materiais a serem utilizados durante o ano, etapa muito importante para a realização de todas as futuras pesquisas. Além disso, como houve a inclusão de vários novos bolsistas PETER, se teve a necessidade de apresentar aos mesmos as primeiras etapas no processo de construção de uma pesquisa, que é o estudo bibliográfico da área almejada, conhecendo propriedades dos materiais e ensaios que podem ser realizados.

Outro fator que foi planejado pela equipe PETER foi à abertura de novos cursos e eventos que capacitariam os novos bolsistas – foram os Cafezinhos de Instrução. Desta forma se realizou visitas, cursos e cafezinhos rodoviários que ajudariam os alunos na construção do conhecimento na área da engenharia rodoviária. Este conhecimento adquirido será primordial para o andamento dos trabalhos dos próximos trimestres, onde os novos bolsistas PETER estarão auxiliando mais arduamente as pesquisas desenvolvidas no laboratório.

Importante notar ainda que os encontros supervisionados se mantiveram ao longo de todo o período e que novos mecanismos de acompanhamento dos alunos nas pesquisas científicas estão sendo desenvolvidos como forma de melhor supervisionar as atividades realizadas, auxiliando no acompanhamento da evolução dos jovens PETERs.

O trimestre que se iniciou em maio/16 foi objeto de intensas atividades no LAPAV com a vinda de pesquisadores britânicos e que tomou o tempo dos bolsistas que se preparam para um “encontro internacional” que será mais detalhadamente descrito no próximo relatório.

### **3 SEGUNDO TRIMESTRE**

O segundo trimestre do Programa PETER, entre os meses de maio a julho de 2016 transcorreu conforme previsto sendo, sobretudo marcado pelo desenvolvimento de pesquisas pelos bolsistas e participação de eventos para divulgação do programa PETER. Também tivemos diversas visitas no laboratório, o que possibilita aos alunos a troca de experiências com outros profissionais.

Neste período também foram realizados cursos de capacitação através dos cafezinhos rodoviários e a tradicional Festa Junina do laboratório.

#### **3.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV**

O quadro do grupo de alunos PETER para o segundo trimestre da Fase 2 contou com 1 tutor, 2 líderes, 8 bolsistas e um estagiário de técnico de estradas. O quadro do grupo não teve modificações e ficou assim composto:

***2º Trimestre de 2016***

<b>Posição</b>	<b>Nome</b>
Tutor	Prof. Lélio Brito
Líder 1	Engª Camila Kern
Líder 2	Engª Larissa M. de Barros
Bolsista 1	Guilherme Lopes
Bolsista 2	Cynthia Milech Blank
Bolsista 3	Junior Vicenzi
Bolsista 4	Kethelin Eloisa Klagenberg
Bolsista 5	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 6	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 7	Gustavo Firmino
Bolsista 8	Daniel Pinheiro Fernandes
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

Neste segundo trimestre não houve novas seleções de bolsistas, estando programada uma nova seleção a partir de setembro de 2016, com adição dos alunos primeiranistas.

#### **3.2 DIVULGAÇÃO DO PROGRAMA**

Para dar continuidade à divulgação do programa e também preparação às atividades previstas futuras de saída do grupo para eventos, foi realizado a continuação do desenvolvimento da marca através de materiais promocionais. O item produzido para este trimestre foi:

- Jaleco – Foram desenvolvidos novos jalecos para o laboratório, já que a última aquisição ocorreu há mais de 10 anos. O novo jaleco continuou com a mesma tonalidade, mais propicia ao local de trabalho, no tom cinza. Ele possui o bordado LAPAV no bolso da parte frontal, os

logos PETER e UFRGS nas mangas e o logo LAPAV bordado nas costas, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 25 – Jaleco personalizado LAPAV/PETER

### 3.3 ATIVIDADES TRIMESTRAIS

#### 3.3.1 Atividades Laboratoriais

Durante o período que comprehende o presente relatório de acompanhamento foram realizadas atividades de organização, acompanhamento de ensaios realizados no Setor de Misturas asfálticas e também no Setor de Ensaios Especiais. Além de os bolsistas estarem envolvidos diretamente com as pesquisas de mestrandos e doutorandos no laboratório, eles também desenvolveram suas próprias pesquisas para o Salão de Iniciação Científica da UFRGS, recebendo todo o auxílio necessário dos pesquisadores. Suas pesquisas foram desenvolvidas durante o período do presente relatório e serão apresentadas no mês de setembro. Dentre as pesquisas que estão sendo realizadas por eles, podemos citar:

- a) Adição de cal de carbureto no ligante asfáltico para verificar adesividade;
- b) Ensaios para análise de módulo resiliente em misturas com fresado asfáltico (reciclagem);

- c) Analise do comportamento da compactação de misturas quentes e mornas com diferentes tipos de ligantes no compactador Superpave;
- d) Verificação se há variação do teor de ligante em um CP através do ensaio de refluxo e granulometria; entre outros.

A organização dos materiais a serem utilizados nos ensaios, bem como alguns dos ensaios realizados estão apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.



Figura 26 Moldagem de corpo de prova para ensaio triaxial



Figura 27 – Utilização de misturas com fresado asfáltico para verificar módulo resiliente



Figura 28 – Ensaio de adesividade em andamento

Juntamente com a realização dos ensaios para o Salão de Iniciação Científica, fez-se o acompanhamento, auxílio e orientação de atividades referentes a diversas pesquisas realizadas no Laboratório de Pavimentação, tanto a nível Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), quanto de Mestrado e Doutorado.



Figura 29 – Rotina do laboratório (lavagem e peneiramento de agregados)



Figura 30 – Ensaio com misturas asfálticas

Como procedimento padrão para bolsistas iniciantes no laboratório, as atividades a serem realizadas são de caracterização e lavagem de materiais, conforme pode ser visualizado na Figura 7.



Figura 31 – Atividades iniciais dos novos bolsistas

### 3.3.2 Levantamentos de Campo

Além das atividades laboratoriais rotineiras, foram realizadas também atividades de campo que consistem no monitoramento de seções experimentais na BR-290/RS (Freeway) e que fazem parte do projeto Rede Temática de Asfalto. O monitoramento foi realizado no início do mês de julho com a equipe técnica do LAPAV e de bolsistas do Programa PETER (Figura 8).

Na oportunidade foram realizados ensaios para verificar as condições superficiais de textura e atrito do revestimento da rodovia nos trechos monitorados através dos ensaios de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico para determinação de macrotextura e microtextura, respectivamente. Além disso, foram realizados ensaios defletométricos utilizando a viga Benkelman, para verificar as condições estruturais do pavimento, de treliça, para verificação de afundamento de trilha de roda e também foram realizados levantamento visual de defeitos.



Figura 32 – Monitoramento do desempenho da BR-290/RS



Figura 33 – Equipe PETER/LAPAV que realizou os ensaios de campo

Outra atividade realizada fora do laboratório ocorreu no dia 29 de julho, onde foi feita a instalação de sensores no km 298+560 da BR-116/RS e na Ponte sobre o canal Celupa, sentido Guaíba-Porto Alegre. Esta atividade faz parte da pesquisa intitulada "Instrumentação in-situ de uma segmento da BR-116 - Estudo comparativo do efeito laboratório-campo da fadiga" realizada pelo Lapav em parceria com a Concessionária da Rodovia Osório-Porto Alegre S/A - Concepa. Foram instalados sensores e células de pressão no pavimento do trecho escolhido para verificar as cargas e deformações que ocorrem no mesmo, buscando comparar com resultados obtidos em ensaios de laboratório e, assim, estimar os fatores laboratório-campo. Na obra de arte, também, foram realizados teste para instalação de sensores de deformação. O trabalho contou com o auxílio dos bolsistas PETERs, pesquisadores do Lapav e a equipe da Concepa. Detalhes da instalação dos equipamentos e do trabalho realizado podem ser vistos nas Figuras 10 e 11.



Figura 34 – Equipe realizando a instalação dos sensores na pista



Figura 35 – Equipe PETER/LAPAV que auxiliou na instalação dos sensores

A inserção dos bolsistas nestas atividades tem o propósito de proporcionar uma exposição ao ambiente externo ao laboratório, com acompanhamento e aprendizado em ensaios realizados em campo. Neste momento os bolsistas conseguem compreender a importância dos ensaios laboratoriais e ensaios de campo para determinar o desempenho dos pavimentos.

### 3.3.3 Cafezinho Rodoviário - Curso software EXCEL

No dia 04 de junho foi realizado o curso do *software* Excel ministrado pelo ex-lapaviano Mário Castañeda López. Mário abordou a importância da utilização do *software* em pesquisas acadêmicas, pois é bastante preciso e prático, estando ao alcance de todos. Por meio deste software é possível fazer cálculos, desde os mais simples até resoluções mais complexas, tendo recursos capazes de facilitar a criação de planilhas através de fórmulas, funções, equações e listas.



Figura 36 – Chamada para o curso de Excel – Cafezinho de Instrução

O ministrante apresentou ferramentas do *software* que utilizou para facilitar a organização dos dados obtidos em ensaios de laboratório utilizados em sua dissertação, já que os resultados estavam dispostos de forma aleatória, em várias planilhas e organizá-los manualmente dispensaria de muito tempo. O curso proporcionou aos alunos uma visão de como conciliar os ensaios realizados em laboratório com a modelagem e organização realizada em *softwares*.

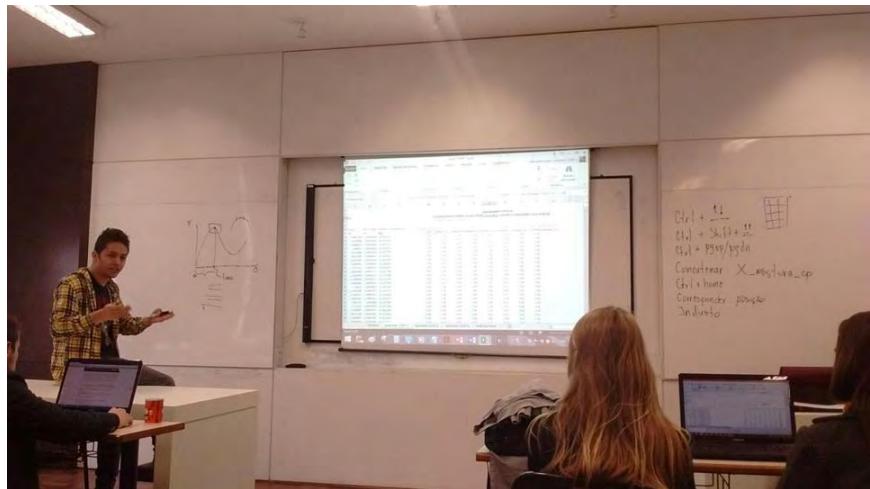


Figura 37 – Mário abordou como facilitar e reorganizar dados obtidos em ensaios de laboratório



Figura 38 – PETERs presentes no curso do *Software Excel*

### 3.3.4 Cafezinho Rodoviário – Apresentação de Dissertação

A realização de Cafezinhos Rodoviários tem por objetivo a divulgação interna das atividades de pesquisa desenvolvidas pelos Lapavianos para que todos tenham conhecimento das diversas atividades desenvolvidas. Este trimestre, foram dois realizados – este é o tipo de cafezinho que “quanto mais melhor”. Dessa forma proporcionou-se uma interação entre os pesquisadores para debate de ideias e crescimento profissional, além de proporcionar uma maior participação dos bolsistas de IC que através destas atividades tomam conhecimento de assuntos em destaque no meio.

No mês de maio a pesquisadora Thaís Kleinert apresentou sua pesquisa de mestrado aos bolsistas PETER intitulada Reciclagem de pavimentos semirrígidos com adição de cimento: contribuição ao desenvolvimento de um método de dosagem. Os alunos puderam

compreender melhor a pesquisa que Thaís vinha realizando no LAPAV e que também auxiliavam sempre que necessário. Na apresentação foi visto a importância de se utilizar a reciclagem de pavimentos e quais os caminhos que estão sendo trilhados no desenvolvimento do novo método de dosagem que permitirá utilizar fresados asfálticos em camadas de base e sub-base. A apresentação feita por Thaís está disponibilizada no ANEXO G deste relatório.

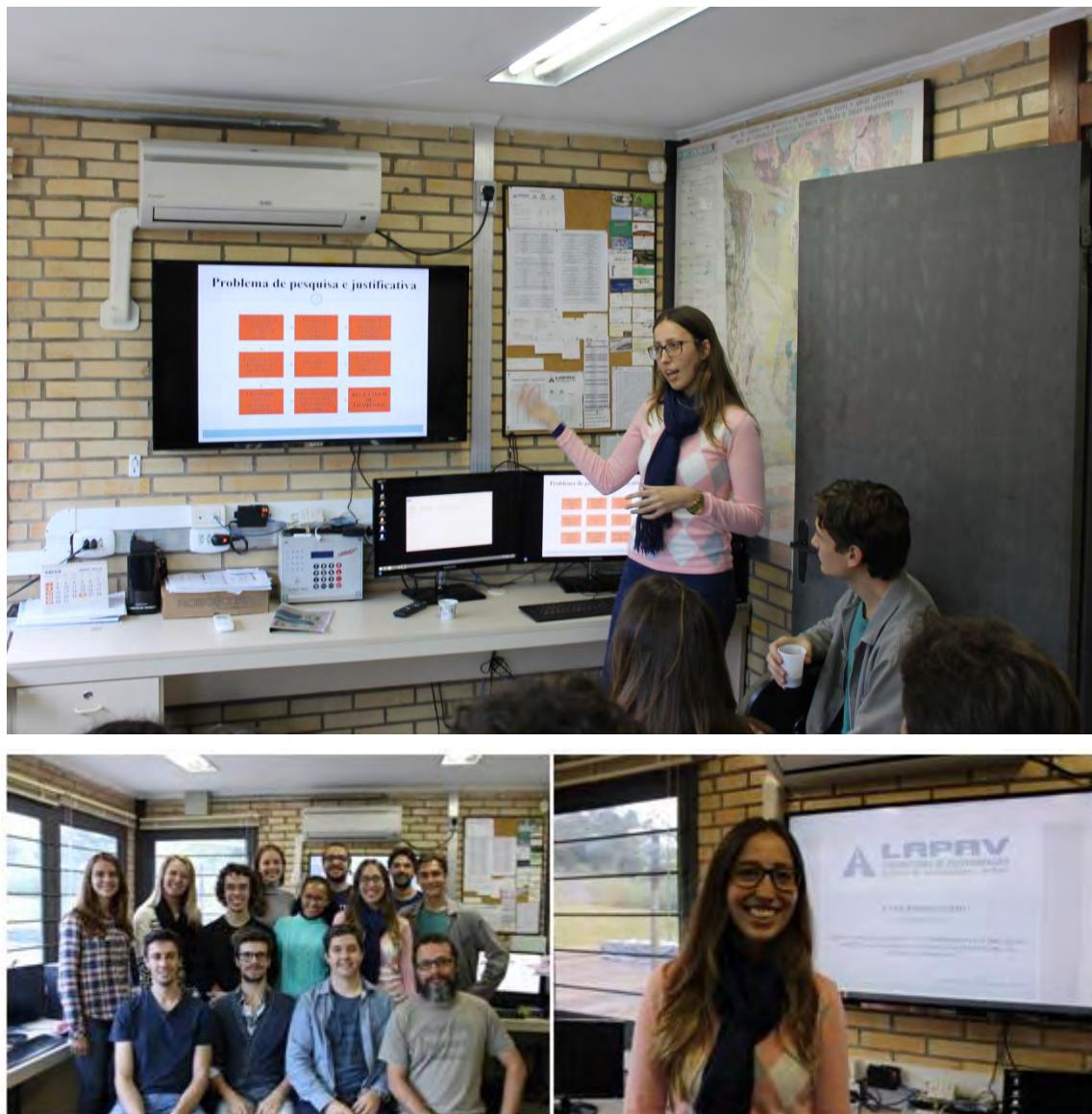


Figura 39 - Cafezinho Rodoviário sobre Reciclagem de Pavimentos

### 3.3.5 Participação do PETER no UFRGS - PORTAS ABERTAS

No dia 14 de maio os bolsistas PETER puderam apresentar dentro do evento UFRGS - Portas Abertas o programa PETER e também o Laboratório de Pavimentação. O programa UFRGS - Portas Abertas integra Universidade e comunidade e mostra aos futuros alunos o que faz em ensino, pesquisa e extensão. Desta forma o PET Civil (Programa de Educação Tutorial

em Engenharia Civil) cedeu espaço ao PETER, para que pudesse apresentar aos futuros alunos de Engenharia Civil da UFRGS um pouco da área de engenharia rodoviária e a vivência dentro de um laboratório de pavimentação.



Figura 40 – Apresentação a comunidade do programa PETER-LAPAV



Figura 41 – Bolsistas PETER participando do UFRGS – PORTAS ABERTAS

### 3.3.6 Participação do PETER no Concurso CONCEPA

No dia 02 de junho, foram anunciados os vencedores do IV Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários, promovido pela Triunfo CONCEPA, pelo Sindicato dos Engenheiros do Rio Grande do Sul e pelos cursos de Engenharia Civil da Unisinos (Universidade do Vale do Rio dos Sinos), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e UFPel (Universidade Federal de Pelotas). O Concurso premia anualmente trabalhos nas seguintes categorias: Trabalho de Conclusão de Curso, Artigo Científico, PETER e Projeto Rodoviário.



Figura 42 – Chamada para a entrega da premiação do IV Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários

Os bolsistas PETER participaram do concurso e obtiveram o devido reconhecimento de suas pesquisas realizadas no Laboratório de Pavimentação. O ex-bolsista PETER Douglas Mocelin, que concluiu sua graduação no final de 2015, recebeu menção honrosa por seu Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado: Avaliação da trabalhabilidade de misturas asfálticas mornas com emprego de aditivo surfactante. Douglas também recebeu o primeiro lugar na categoria PETER, com seu trabalho: Análise da influência de um aditivo surfactante para misturas mornas no processo de compactação de misturas asfálticas produzidas a diferentes temperaturas.



Figura 43 – Premiação recebida pelo ex-PETER Douglas Mocelin

Outro bolsista PETER que recebeu premiação foi Fábio Conterato, que recebeu Menção Honrosa na categoria PETER por seu trabalho: Análise do comportamento mecânico de misturas asfálticas com a adição de fibra de vidro.



Figura 44 – Fabio Conterato recebeu Menção Honrosa pela categoria PETER

### 3.3.7 Participação do PETER no CRICTE

Neste ano ocorreu o XXVII CRICTE, Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, na cidade de Joinville – SC. Este é um congresso bastante renomado no qual todos os anos os bolsistas do Laboratório participam apresentando suas pesquisas. Neste ano tivemos seis bolsistas apresentando seus trabalhos nas áreas de desempenho de pavimentos, reciclagem, entre outros.



Figura 45 – Bolsistas PETER apresentando suas pesquisas



Figura 46 – Apresentação de trabalhos

### 3.3.8 Cafezinho Rodoviário – Curso de Agregados

Se “mais cafezinho melhor”, então este trimestre foi três estrelas. Nos dias 08, 09 e 10 de junho ocorreu o curso de Caracterização de Materiais Rochosos para uso na Construção Civil, ministrado pelo Prof. Clóvis Gonzatti. O curso tinha por objetivo capacitar os alunos para a seleção de áreas, definição das modalidades de ensaios necessários para a caracterização dos materiais rochosos em função do tipo de uso nas obras de engenharia e análise dos resultados com base em diferentes especificações.

**CURSO DE EXTENSÃO**

**Título:** Ensaios de caracterização de materiais rochosos para uso na construção civil

**Objetivos:** capacitar alunos do curso de engenharia civil para a seleção de áreas, definição das modalidades de ensaios necessários para a caracterização dos materiais rochosos em função do tipo de uso nas obras de engenharia civil e análise dos resultados com base nas diferentes especificações técnicas.

Datas: 08 e 10/06 - aulas teóricas (17:00-20:00hs); 11/06 - aulas teóricas (09:00-12:00hs).  
Data a combinar: visita técnica ao laboratório da CIENTEC.

**Duração:** 15h (12h teóricas + 3h práticas)

**Realização:** DEMIPE-UFRGS-LAPAV-PETER

**Público alvo:** bolsistas do LAPAV-PETER e alunos do curso de engenharia civil

**Número de vagas:** 15

**Locais das aulas:** Prédio 43126 - Sala 118 (aulas teóricas)  
Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas da CIENTEC.

**Confirmação de Inscrições:** LAPAV-PETER.

Figura 47 – Chamada para o Curso de Caracterização de Materiais Rochosos para uso na Construção Civil

O curso teve duração de 15 horas, sendo 12 horas de aulas teóricas e 3 horas de aula prática, com visita aos laboratórios da CIENTEC. Com a realização do curso, os bolsistas

PETER puderam compreender melhor as características de cada tipo de rocha e saber definir quando alguma possui resistência inferior ao necessário.



Figura 48 – Curso ministrado pelo Prof. Clóvis abordou como é realizada a caracterização de materiais rochosos



Figura 49 – Visita dos bolsistas a CIENTEC

### 3.4 ATIVIDADES ADICIONAIS

Houve muitas atividades adicionais no segundo trimestre de 2016, como visitas de professores de outros países, entrega do troféu Baiano de peneiramento e a tradicional Festa Junina. As mesmas serão apresentadas abaixo.

### 3.4.1 Troféu Baiano de Peneiramento

O Prêmio Baiano é uma “Gincana” de separação de agregados entre os bolsistas. Esta foi uma forma de motivar os alunos a fracionar materiais granulométricos para as futuras atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no laboratório, já que a separação de agregados se trata de uma tarefa repetitiva e pouco atrativa – ainda que de fundamental importância para a realização de pesquisa.

A premiação desde ano contou com a participação dos três bolsistas PETER que iniciaram suas atividades em dezembro de 2015 e que incansavelmente separaram agregados durante o período de janeiro a abril. A premiação do troféu Baiano ocorreu no dia 05 de agosto, juntamente com o almoço comemorativo de iniciação dos mesmos três bolsistas ao Laboratório, que ainda não havia ocorrido. A chamada para o almoço e entrega da premiação está apresentada na Figura 26.



Figura 50 – Chamada para o almoço comemorativo e entrega do Troféu Baiano de Peneiramento

O prêmio teve como vencedora a bolsista Cynthia Milech Blank, a qual apresentou melhor desempenho na função. A premiação dada nesta edição do Troféu Baiano foi uma caneca personalizada do prêmio, juntamente com um conjunto de materiais Pentel e o Livro “Utilização de Ligantes Asfálticos em Serviços de Pavimentação”, o qual possui vários autores, entre eles o Prof. Jorge Ceratti.



Figura 51 – Juntamente com a entrega do Troféu Baiano houve um almoço comemorativo



Figura 52 – Cynthia recebeu o prêmio de peneiramento



Figura 53 – Grupo PETER/LAPAV presente no almoço

Os dois novos bolsistas, que iniciaram suas atividades em maio, já começaram a contabilizar a quantidade de material a ser lavado e fracionado, para que ao final da “gincana” se tenha um vencedor.

### 3.4.2 Visita do Professor Andrew Dawson da Universidade de Nottingham

Neste primeiro trimestre de 2016, no dia 13 de maio o LAPAV recebeu o Professor Andrew Dawson da University of Nottingham. O prof. Dawson veio ao Brasil para participar do Workshop “Pavements for energy harvesting and dependable low-volume roads” que ocorreu no LAPAV e contou com a parceria da Universidade de Nottingham e UFRGS, através do NTEC & LAPAV. Neste dia o Prof. Dawson conversou com os bolsistas PETER sobre as pesquisas realizadas pela Universidade de Nottingham na área de pavimentação e tirou muitas dúvidas pertinentes a área.



Figura 54 – LAPAV recebeu a visita do professor Andrew Dawson

Aproveitando a visita do Prof. Dawson, os PETER's apresentaram as pesquisas já realizadas e as pesquisas em andamento no LAPAV, bem como uma breve apresentação de cada aluno, explicando sua função dentro do laboratório.



Figura 55 – Apresentação dos bolsistas PETER (13/05/2016)



Figura 56 – Lapavianos com o professor Dawson

### 3.4.3 PAINEL EXTERNO PARA ALUNOS - PAVEMENTS FOR ENERGY HARVESTING AND DEPENDABLE LOW-VOLUME ROADS

Além da visita do professor Andrew Dawson as dependências do laboratório, ele também aceitou o convite do LAPAV para apresentar brevemente um pouco da Universidade de Nottingham aos alunos do curso de Engenharia Civil da UFRGS.

O LAPAV juntamente com a UFRGS promoveu no mês de maio um Painel Externo para todos os alunos interessados na área de pavimentação, que foi apresentado pelo Prof Andrew Dawson (Universidade de Nottingham), pelo professor David Hughes (Queen's University Belfast) e pelo professor Hao Wang (School of Engineering - Rutgers University). Os professores estavam no Brasil para participar do Workshop “Pavements for energy harvesting and dependable low-volume roads” que ocorreu na UFRGS entre os dias 16 e 20 de maio.

Neste Painel Externo os professores puderam apresentar as Universidades em que trabalham, mostrando as linhas de pesquisa de cada uma e as vantagens de se estudar no exterior. Após o Painel Externo os alunos puderam conversar com os professores no coffee-break proporcionado pelos alunos PETER.



Figura 57 – Professores dissertaram sobre as Universidades em que trabalham  
(16/05/2016)



Figura 58 – Alunos PETER participando do evento

### 3.4.4 Visita dos participantes do Workshop “Pavements for energy harvesting and dependable low-volume roads” ao LAPAV

Aproveitando a ocorrência do Workshop Pavements for energy harvesting and dependable low-volume roads na UFRGS, os participantes do mesmo visitaram o Laboratório de Pavimentação no dia 19 de maio. Nesta visita puderam conhecer os setores de misturas e ensaios especiais, bem como o simulador de tráfego do LAPAV. Foi um momento bastante gratificante, já que os participantes puderam compartilhar com os alunos seus conhecimentos da área e conhecer as pesquisas que vêm sendo feitas no LAPAV.



Figura 59 – Visita de professores externos ao LAPAV



Figura 60 - Os visitantes puderam conhecer os setores de Misturas e Ensaios Especiais

### 3.4.5 Retorno da Ficha de atividades semanais

Realizado na primeira edição do programa PETER, a Ficha de Atividades Semanais voltou a fazer parte da rotina de trabalho dos bolsistas. As fichas de atividades auxiliam os alunos a manter uma rotina de laboratório e atuam como forma de melhor controle das atividades realizadas para supervisão dos líderes. O modelo da Ficha de atividades se encontra abaixo.

06.13.2016

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES SEMANAL - PETER

CHAVE DE TAREFAS		SETOR 1	SETOR 2	CAMPO	PETER:				Peter
HORA		SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA	SÁBADO		
08:00		1		1		1			
09:00		1		1		1			
10:00		1		1		1			
11:00		1		1		1			
12:00		1		1		1			
13:00		1		1		1			
14:00		1		1		1			
15:00		1		1		1			
16:00		1		1		1			
17:00		1		1		1			
18:00		1		1		1			

Figura 61 – Ficha de atividades semanais preenchida pelos bolsistas do laboratório

### 3.4.6 Festa Junina LAPAV

Tradicionalmente conhecida, no dia 24 de junho foi realizada a Festa Junina do LAPAV. Neste dia estiveram presentes todos os bolsistas, pesquisadores e professores do laboratório, juntamente com os profissionais da Concessionária Triunfo – Concepa, parceira do PETER/LAPAV, e também ex-lapavianos. Foi um momento bastante de divertido e de descontração. A Festa Junina ainda contou com brincadeiras tradicionais destas festividades.



Figura 62 – Chamada para a Festa Junina do LAPAV



Figura 63 – Melhores momentos da Festa Junina

### 3.5 CONCLUSÕES DO SEGUNDO TRIMESTRE

O segundo trimestre de 2016 transcorreu conforme planejado, onde foi possível realizar muitas atividades de capacitação e realização de novas pesquisas. O enfoque dado neste período foi a volta dos Cafezinhos Rodoviários e atividades extras. Com três Cafezinhos Rodoviários, os PETERs tiveram uma grande carga de novos conhecimentos, puderam organizar as atividades e participar das mesmas. A realização do Workshop “Energy Harvesting” também teve seu ponto alto com a forte participação dos PETERs no evento e integração com pesquisadores estrangeiros.

A realização do evento aberto para alunos da escola de engenharia no dia 16 de Maio de 2016 também foi uma realização do PETER que disponibilizou a todos da Escola de Engenharia a oportunidade de conhecer mais sobre as instituições de ensino no exterior promovendo a motivação para integração entre universidades no exterior através de procura dos programas de pós-graduação.

Desta forma, foram planejados pela equipe PETER a abertura de novos cursos e eventos que capacitariam os novos bolsistas. Os cursos e cafezinhos rodoviários ajudam os alunos na construção do conhecimento na área da engenharia rodoviária. Este conhecimento adquirido será primordial para o andamento dos trabalhos dos próximos trimestres, onde

os novos bolsistas PETER estarão auxiliando mais arduamente as pesquisas desenvolvidas no laboratório.

Importante notar ainda que os encontros supervisionados se mantiveram ao longo de todo o período e que os novos mecanismos de acompanhamento dos alunos nas pesquisas científicas estão se mostrando bastante efetivos na no auxílio do acompanhamento da evolução dos jovens PETERS.

Agora no início do mês de agosto os bolsistas se preparam para participar novamente do Workshop RDT-ANTT em Brasília, o qual será realizado nos dias 29 e 30 de agosto. No próximo relatório será abordado mais detalhadamente este tópico.

## 4 TERCEIRO TRIMESTRE

O terceiro trimestre do Programa PETER, entre os meses de agosto a outubro de 2016 transcorreu conforme previsto sendo, sobretudo marcado apresentação de pesquisas realizadas pelos bolsistas e a participação em eventos para divulgação do programa PETER, como o Workshop RDT em Brasília, além da inserção dos bolsistas primeiranistas. Também tivemos diversas visitas no laboratório, o que possibilita aos alunos a troca de experiências com outros profissionais e a abertura de nova seleção para alunos de primeiro ano da graduação.

Neste período também foram realizados cursos de capacitação através dos cafezinhos rodoviários e cursos com professores de outras universidades renomadas.

### 4.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV

O quadro do grupo de alunos PETER para o terceiro trimestre da Fase 2 contou com 1 tutor, 2 líderes, 10 bolsistas e um estagiário de técnico de estradas. O quadro do grupo teve uma modificação durante o período do presente relatório: saída da bolsista Kethelin Klagenberg devido à insuficiência no aproveitamento escolar; a vaga foi preenchida com o retorno do PETER Douglas Engelke, que através do Programa Ciências Sem Fronteiras do Governo Federal pode estudar durante o período de um ano nos Estados Unidos. Adicionalmente houve a entrada dos dois bolsistas primeiranistas previstos para o trimestre. O quadro então ficou assim composto:

*3º Trimestre de 2016*

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Camila Kern
Líder 2	Larissa Montagner de Barros
Bolsista 1	Guilherme Lopes
Bolsista 2	Cynthia Milech Blank
Bolsista 3	Junior Vicenzi
Bolsista 4	Douglas Engelke
Bolsista 5	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 6	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 7	Gustavo Firmino
Bolsista 8	Daniel Pinheiro Fernandes
Bolsista 9	Eduarda Fontoura
Bolsista 10	Débora Cardoso da Silva
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

Importante notar que a saída do aluno Douglas Engelke ocorreu durante o período de hiato do programa PETER fase 1 para a atual fase 2. Durante este período, o aluno estudou na *California State University Long Beach* (CSULB). Como parte integrante do programa, realizou o estágio de verão vinculado à área de pavimentação no *North Central Superpave Center at Purdue University*, confirmando seu interesse na busca por continuar na área da pavimentação e com isto, fortalecendo os laços com o PETER & LAPAV que motivaram sua saída para busca de qualificação através do Ciência sem Fronteiras. A documentação do estágio no exterior realizado pelo bolsista encontra-se no ANEXO H.

No que tange a entrada dos bolsistas primeiranistas, está descrito no item a seguir a seleção realizada.

## 4.2 SELEÇÃO DE NOVOS BOLSISTAS

Como parte fundamental do desenvolvimento do PETER, se deu início a seleção dos novos bolsistas primeiranistas no mês de setembro de 2016, o qual selecionou dois alunos do primeiro ano. A seleção de novos bolsistas foi necessária, pois ainda não havia sido feita uma seleção para alunos de primeiro ano, apenas dos anos seguintes. Nesta seleção optou-se por selecionar apenas um novo bolsista primeiranista, e alocar a bolsista Eduarda Fontoura que havia ingressado no laboratório como bolsista voluntária na seleção anterior e que se enquadrava nos critérios necessários – incluindo aí em especial seu desempenho acadêmico e seriação.

A ocorrência de bolsistas voluntários no LAPAV é uma forma de ampliar ainda mais a disponibilidade do laboratório para uso dos alunos de graduação como formação complementar. Como o laboratório opera neste momento com o sistema de seleção PETER, então para que se mantenha o critério de entrada, todos os bolsistas selecionados, devem passar pelo mesmo critério. Aqueles então que ficam na primeira posição após os selecionados, são normalmente oferecidos esta possibilidade caso estejam com elevado nível de entusiasmo e apresentam-se nas condições técnicas necessárias. Isto permite adicionalmente, que o aluno seja avaliado pelo seu empenho e na primeira oportunidade, atribuído sua bolsa.

A seleção do novo bolsista ocorreu de forma diferenciada das outras seleções, onde também foi avaliado o desempenho obtido no vestibular, conforme previsto no plano de trabalho do projeto. Desta forma, optou-se por convidar os dez primeiros alunos do segundo semestre, com reconhecido desempenho acadêmico, para conhecer o Lapav e realizar a entrevista para a seleção. Foram selecionados os do segundo semestre, pois foram estes os primeiros colocados no vestibular 2016, haja visto seu ingresso no programa previsto para setembro de 2016.

O processo de seleção de novos bolsistas visa motivar e selecionar aqueles com interesse no segmento da engenharia rodoviária e cujo desempenho acadêmico demonstre positivamente potencial de desenvolvimento de profissionais de alta capacitação.

A seleção foi iniciada no mês de setembro, com uma carta convite enviada por e-mail aos dez primeiros colocados no vestibular UFRGS 2016, e também afixada nos murais da UFRGS (Figura 64). Dos dez alunos convidados, quatro se mostraram interessados em participar da visita guiada pelo laboratório e da entrevista. Os participantes que realizaram a entrevista estão apresentados na Tabela 1 abaixo.



Figura 64 – Divulgação da seleção de alunos primeiranistas

Tabela 1 – Alunos entrevistados para a vaga PETER primeiranista

Nome	Contato
Débora Cardoso	deboracardosoifrs22@gmail.com
Leon de Oliveira Ramos	leon1997@gmail.com
Leonardo D. Caye	leodcaye@hotmail.com
Leonardo Vier	vierleonardo@yahoo.com.br

Foi realizada uma visita guiada com alunos e logo após uma entrevista com aqueles que demonstraram interesse na participação do programa. Com isto foi selecionada a aluna Débora Cardoso (Figura 65) devido ao seu elevado desempenho acadêmico, e interesse em se associar ao programa PETER para fortalecimento de sua formação acadêmica complementar.

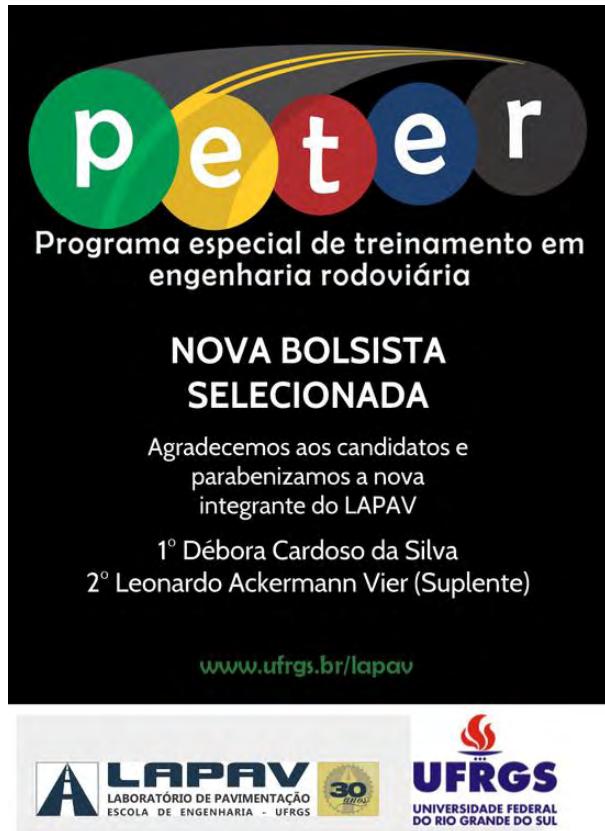


Figura 65 – Seleção da bolsa de primeiranista

#### 4.3 AQUISIÇÃO DE MATERIAIS

Para dar continuidade à divulgação do programa e também melhorar o ambiente de trabalho ao qual o bolsista está exposto, foi adquirido durante o terceiro trimestre, aventais de couro. Os novos bolsistas do programa PETER sempre iniciam suas atividades laboratoriais no setor de lavagem e peneiramento de agregado, porém verificou-se que a utilização do jaleco não era adequada para tal função, visto que ele era facilmente molhado no momento da lavagem do agregado. Desta forma, se viu a necessidade da aquisição de aventais de couro, com comprimento até o chão, protegendo a pessoa que realizava determinada tarefa.

Para se preparam à ida ao evento anual da ANTT em Brasília os PETERs foram adquiridos novas camisas sociais PETER (Figura 67), de foram a fornecer novo material para todos os participantes do programa.

Foi ainda adquirido no período pendrives de 8Gb, conforme Figura 68, para divulgação do programa e distribuição aos integrantes do Laboratório, em adição à programação visual da logo de 30 anos do LAPAV e fabricação de novas pastas PETER, conforme Figura 69.



Figura 66 – Avental de couro utilizado para lavagem de agregado



Figura 67 – Camisa social PETER (tipo pescador com tela e proteção UV)

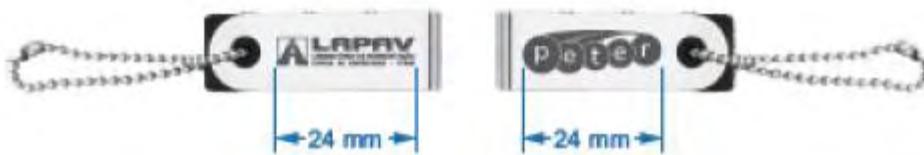


Figura 68 – Pendrive do LAPAV – material Promocional



Figura 69 – Pasta PETER com logo LAPAV 30 anos

## 4.4 ATIVIDADES TRIMESTRAIS

### 4.4.1 Atividades Laboratoriais

Durante o período que compreende o presente relatório de acompanhamento foram realizadas atividades de organização, acompanhamento de ensaios realizados no Setor de Misturas asfálticas e também no Setor de Ensaios Especiais. Além de os bolsistas estarem envolvidos diretamente com as pesquisas de mestrandos e doutorandos no laboratório, eles também deram início às próprias pesquisas para o Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários da CONCEPA, recebendo todo o auxílio necessário dos pesquisadores. Atualmente muitos deles estão na fase de estudo bibliográfico e início de ensaios

laboratoriais referentes às suas pesquisas, já que o concurso está previsto para ocorrer no início de 2017.

Juntamente com o início de novas pesquisas de bolsistas de iniciação científica, fez-se o acompanhamento, auxílio e orientação de atividades referentes a diversas pesquisas realizadas no Laboratório de Pavimentação, tanto a nível Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), quanto de Mestrado e Doutorado. Seguiu-se com o plano de encontros supervisionados quinzenais para todos os bolsistas, a exceção dos bolsistas quintanistas que desenvolvem seus trabalhos mais proximamente monitorados na Concessionária e tem encontros supervisionados com o tutor trimestralmente.



Figura 70 – Atividades laboratoriais diárias dos bolsistas e pesquisadores

#### 4.4.2 Cafezinho Rodoviário – Salão de Iniciação Científica

Como parte integrante do Programa PETER, a realização de Cafezinhos Rodoviários tem por objetivo a divulgação interna das atividades de pesquisa desenvolvidas pelos Lapavianos para que todos tenham conhecimento das diversas atividades desenvolvidas. Dessa forma proporciona-se uma interação entre os pesquisadores para debate de ideias e crescimento profissional, além de proporcionar uma maior participação dos bolsistas de IC que através destas atividades tomam conhecimento de assuntos em destaque no meio.

No dia 09 de setembro foi realizado um cafezinho rodoviário especial apenas para os bolsistas IC, onde estes puderam expor os trabalhos realizados durante o ano e também se prepararem para o Salão de Iniciação Científica da UFRGS, que ocorreu no dia 14 de setembro.



Figura 71 – Chamada para o curso Cafezinho Rodoviário preparatório para o SIC da UFRGS

A maioria dos bolsistas PETER realizaram suas pesquisas dentro das áreas já trabalhadas por mestrandos e doutorandos do laboratório, demonstrando a troca de conhecimento e o incentivo a pesquisa. Além da apresentação das pesquisas realizadas, o bolsista Douglas Engelke aproveitou para apresentar suas atividades desenvolvidas no programa Ciências Sem Fronteiras, onde passou um ano estudando na *California State University*, em *Long Beach* (EUA), retornando no mês de agosto para o Brasil e retomando suas atividades no LAPAV.





Figura 72 – Cafezinho Rodoviário preparatório para o SIC UFRGS

#### 4.4.3 Participação do PETER no Salão de Iniciação Científica da UFRGS

Como citado anteriormente, no dia 14 de setembro houve a apresentação dos trabalhos desenvolvidos pelos bolsistas PETER durante o ano de 2016 no Salão de Iniciação Científica da UFRGS. O Salão de Iniciação Científica da UFRGS ocorreu entre os dias 12 e 16 de setembro, sendo que a sessão específica para apresentação da área de Engenharia Civil ocorreu no dia 14 de setembro pela manhã.

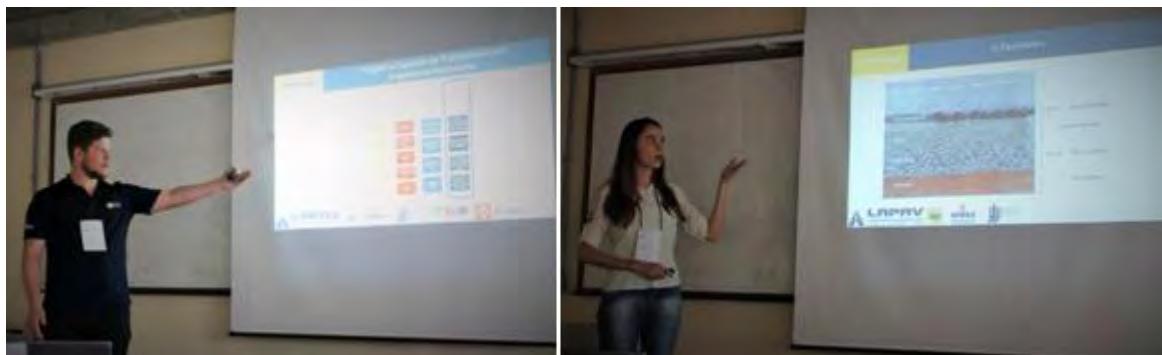


Figura 73 – Apresentação das pesquisas desenvolvidas no LAPAV



Figura 74 – Apresentação dos bolsistas PETER no SIC UFRGS

Os trabalhos apresentados pelos PETER's no Salão de Iniciação Científica da UFRGS estão apresentados abaixo:

- Avaliação da uniformidade do teor de ligante ao longo de amostras moldadas no compactador giratório superpave - Cynthia Milech Blank;
- Determinação do módulo de resiliência através do equipamento triaxial de carga repetida para a camada de base com o emprego de diferentes dosagens de material de revestimento reciclado - Daniel Pinheiro Fernandes;
- Análise do comportamento da curva de compactação de misturas asfálticas: compactação Superpave - Fábio Conterato;
- Controle tecnológico de projeto de restauração de camada de revestimento asfáltico construído sobre chapa metálica - Filipe Pereira dos Reis;
- Comparativo teórico entre três diferentes métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis - Gustavo Coelho Fermino;
- Análise da adesividade de mistura betuminosa com adição de resíduo industrial - Junior Rodrigo Vicenzi;
- Análise mecanística no dimensionamento de pavimentos com camadas recicladas com cimento - Kethelin Eloisa Klagenberg;
- Estudo comparativo entre ligantes asfálticos com aditivo químico, antes e após serem submetidos a condições de usinagem. – Mateus Franco Felippe.

A pesquisa destaque da seção ficou com o trabalho realizado pelo PETER Junior Rodrigo Vicenzi, que desenvolveu seu trabalho e ensaios no LAPAV com o auxílio dos pesquisadores (Figura 75).

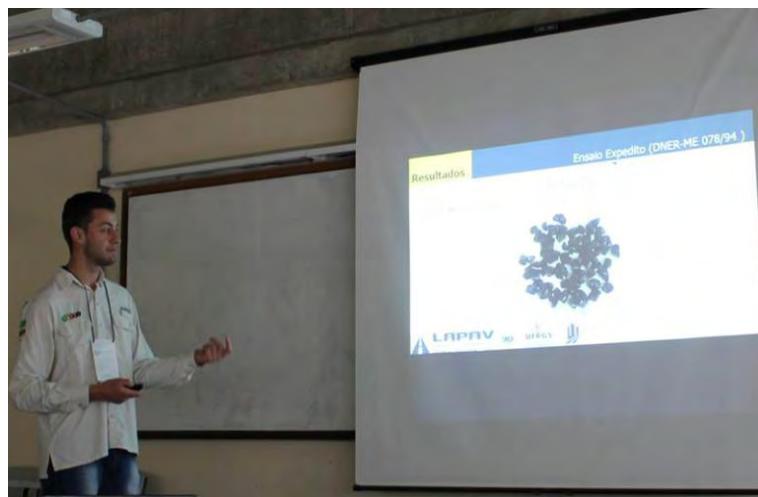


Figura 75 – Junior Vicenzi foi Destaque de Seção no SIC UFRGS

#### 4.4.4 Workshop RDT ANTT - Brasília

Com o intuito de ambientar os novos bolsistas PETER ao meio rodoviário, expô-los ao contexto de desenvolvimento tecnológico realizado em contexto nacional pelas Concessionárias de Rodovias e estimular a participação em eventos foi organizado novamente uma comitiva LAPAV/PETER para participação no X Workshop

“Desenvolvimento Tecnológico nas Concessões Rodoviárias: soluções técnicas e aplicadas”. O Workshop é realizado para divulgar os produtos dos projetos e das pesquisas realizadas com os recursos destinados ao desenvolvimento tecnológico na área de engenharia rodoviária – RDT, bem como difundir o conhecimento científico e tecnológico gerado nesses estudos.

O evento é realizado anualmente pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT e neste ano ocorreu no dia 30 de agosto na sede da ANTT em Brasília. No dia 29 o LAPAV/PETER deslocou-se para a Capital Federal para participar do evento divulgando o Programa aos participantes do mesmo. Neste mesmo dia os lapavianos aproveitaram para conhecer a Capital Federal e seus principais pontos turísticos (Figura 76).

No dia 30 participaram do Workshop assistindo às apresentações das pesquisas realizadas por outras instituições de ensino e divulgando o Programa PETER. Juntamente com a Concessionária da Rodovia Osório-Porto Alegre (CONCEPA), o programa PETER foi apresentado pelo seu idealizador, Prof. Lélio Brito, com avaliação positiva da Comissão Organizadora que mencionou a grande relevância de um Programa de Treinamento em Engenharia Rodoviária e a importância do treinamento dos profissionais da área desde o início de sua formação acadêmica, objetivo para o qual o PETER foi idealizado. O programa PETER novamente foi muito bem recebido, tanto pela Agência quanto pelos profissionais da área. O retorno do PETER ao evento RDT foi muito bem visto e mostrou como o Programa evoluiu em apenas três anos.

No ANEXO I está exposta a apresentação feita no Workshop pelo Prof. Lélio Brito sobre o Programa PETER e sobre o trabalho realizado na BR-116 (Instrumentação in situ de um segmento desta rodovia para comparar o efeito da fadiga entre campo e laboratório).



Figura 76 – Passeio pela Capital Federal



Figura 77 – Participação X Workshop RDT – ANTT

#### 4.4.5 Visita a UnB – Brasília

Dentro do plano de trabalho do estava previsto “Tour Guiado - UFRGS / CONCEPA / ANTT ou outra empresa”. Em atenção à oportunidade de realização do workshop de RDT em Brasília, optou-se por realizar uma visita às instalações da Universidade de Brasília – UnB como parte integrante das atividades do programa.

Assim, durante a participação do Workshop RDT em Brasília, a comitiva LAPAV/PETER teve a oportunidade de conhecer os laboratórios de pavimentação e Geotecnia da Universidade de Brasília – UnB no dia 29 de agosto. Neste dia o professor Luiz Guilherme recebeu prontamente os alunos, apresentando as principais pesquisas desenvolvidas pela Universidade e as linhas de pesquisa seguidas. Foi uma troca de experiências bastante gratificante, onde os alunos puderam ver o funcionamento de outros laboratórios, podendo trazer novas ideias para o LAPAV.



Figura 78 – Visita aos laboratórios da UnB

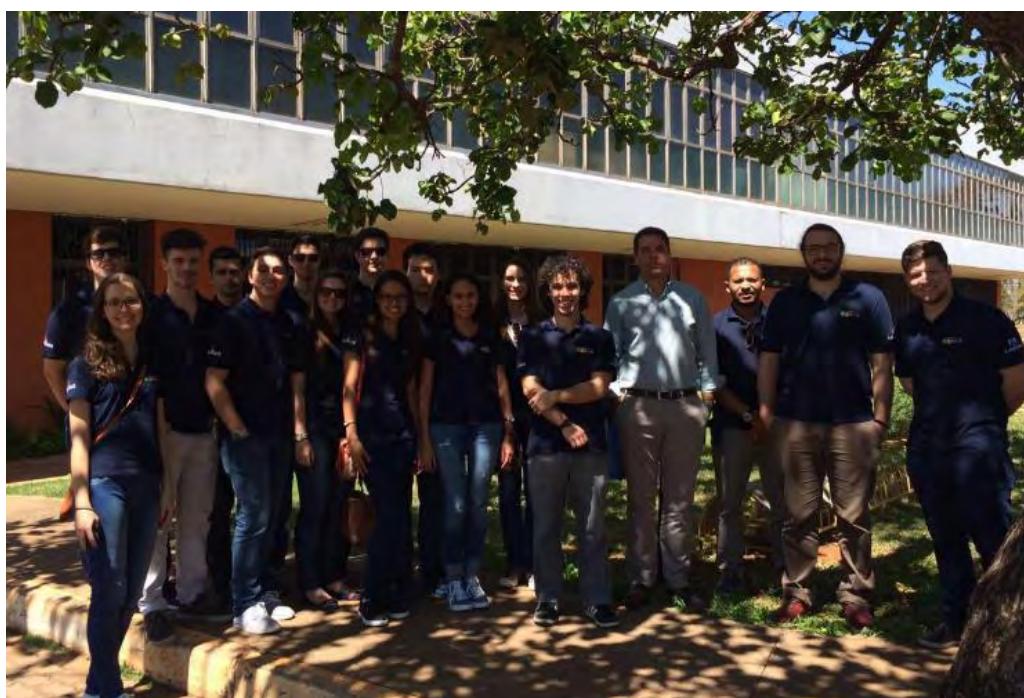


Figura 79 – Grupo LAPAV/PETER com o Prof. Luiz Guilherme

#### 4.4.6 Divulgação do Programa PETER a turma de Introdução a Engenharia Civil

No dia 25 de outubro alguns bolsistas PETER tiveram novamente a oportunidade de apresentar o Laboratório de Pavimentação e o Programa PETER as duas turmas de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS. A cada início de semestre, o professor responsável pela disciplina convida vários grupos de atividades dentro da Universidade e os laboratórios da área da Engenharia Civil para apresentarem um pouco da sua rotina, de modo a facilitar a escolha da área a ser seguida pelos novos alunos do curso. Neste dia foram realizadas duas apresentações e os bolsistas PETER puderam apresentar a estrutura do Programa, objetivos propostos, saídas de campo e cursos realizados, incentivando os alunos a procurarem se inscrever nas seleções para novas bolsas quando divulgadas.



Figura 80 – Apresentação do Programa PETER aos alunos da disciplina de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS

#### 4.4.7 Cerimônia de Elevação de Grau e inserção dos novos integrantes PETER

Dentro das atividades previstas neste trimestre, realizou-se a “Cerimônia de Elevação de Grau dos PETERS”, com relação à troca de semestres que vem acompanhada da troca de atividades dentro do laboratório e inserção dos novos PETERS que ingressaram no programa.

Para tanto foi realizado um almoço que foi seguido da tradicional premiação promovida pelo LAPAV – “Prêmio Baiano de Peneiramento”. Uma saudável competição instituída como motivador para que os jovens bolsistas se engajem em atividades básicas, porém essenciais, para realização da pesquisa, demonstram com isto seu comprometimento agindo com a nova atividade e ainda ganham experiência no reconhecimento básico de materiais pétreos para as tarefas futuras a serem desenvolvidas no laboratório. O prêmio oferecido foi uma calculadora de engenharia tipo HP 50G e a vencedora foi a jovem Eduarda Fontoura, Figura 81, que totalizou o peneiramento de quase 1 tonelada de material, pós-lavagem.

#### 4.4.8 Curso de Viscoelasticidade

Nos dias 13, 14 e 15 de outubro foi realizado o curso de Viscoelasticidade e Plasticidade de Materiais Asfálticos disponibilizado para alunos de mestrado, doutorado e alunos de graduação que já tivessem cursado Mecânica Estrutural I. O curso foi ministrado pelo Prof. Thiago Aragão da COPPE, o qual abordou assuntos como teoria da viscoelasticidade linear, equações constitutivas viscoelásticas, ensaios de laboratório, série de Prony, entre outros.



Figura 81 – Premiação ‘Troféu Baiano de Peneiramento’ durante a cerimônia de elevação de grau



Figura 82 – Chamada para o curso de Viscoelasticidade e Plasticidade de Materiais Asfálticos

Além dos alunos da própria Universidade, tivemos também a participação de alunos da Universidade de Santa maria (UFSM) que vieram acompanhados pelo Prof. Luciano Specht.

O conteúdo apresentado pelo Prof. Thiago foi muito interessante e abordou um assunto ainda pouco explorado na área de pavimentação.



Figura 83 – Curso de Viscoelasticidade e Plasticidade de Materiais Asfálticos



Figura 84 – Turma de alunos participantes do curso ministrado pelo Prof. Thiago Aragão

## 4.5 ATIVIDADES ADICIONAIS

Houve algumas atividades adicionais no terceiro trimestre de 2016, como visitas de alunos de outras universidades e a despedida de bolsista do LAPAV. As mesmas serão apresentadas abaixo.

### 4.5.1 Visita dos alunos de Engenharia Civil da FEEVALE ao LAPAV

Neste trimestre também tivemos muitas visitas ao laboratório, como a turma de Engenharia Civil da FEEVALE, que realizou uma visita ao laboratório no dia 22 de outubro. A visita foi incentivada pelo professor da turma William Fedrigo, o qual também é doutorando da UFRGS, onde realiza sua pesquisa na área de reciclagem de materiais de pavimentação.

Nesta visita os alunos puderam conhecer os setores de misturas asfálticas e ensaios especiais, bem como o simulador de tráfego do LAPAV. A Equipe PETER teve a oportunidade de apresentar aos estudantes as potencialidades e oportunidades de pesquisa na área de Rodovias e Pavimentação, tornando-as atrativas aos alunos, para que despertem interesse em trabalhar na área.



Figura 85 - Turma de alunos da Engenharia Civil da FEEVALE



Figura 86 – Visita dos alunos da FEEVALE ao LAPAV

#### 4.5.2 Visita alunos de Engenharia Civil da ULBRA ao LAPAV

Outra visita que tivemos neste trimestre foi novamente da turma de Engenharia Civil da ULBRA ao LAPAV. A turma da disciplina de Rodovias da referida Universidade vem todos os semestres ao LAPAV por intermédio da Prof. Gracieli Colpo que também é doutoranda da UFRGS e realiza sua pesquisa no laboratório.

A visita ocorreu no dia 30 de setembro e a turma pode conhecer o dia-a-dia do laboratório. Os estudantes conheceram os setores do Laboratório de Pavimentação (Figura 87), tipo de ensaios realizados e Pesquisas em andamento, bem como a apresentação do programa PETER.



Figura 87 – Turma da disciplina de Rodovias da ULBRA visitou todos os setores do LAPAV



Figura 88 – Turma de Engenharia Civil da ULBRA

A divulgação do Laboratório de Pavimentação da UFRGS é de extrema importância, pois como é muito bem equipado e com pesquisas de ponta, acaba incentivando o ingresso de novos alunos a universidade.

#### 4.5.3 Visita DAER, DNIT e CONCESSIONÁRIAS

No mês de agosto/2016 foi realizada uma reunião juntamente com uma visita técnica ao laboratório de cerca de 15 pessoas relacionadas ao Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR/DNIT, DAER e representantes de Concessionárias ao LAPAV com apresentação do Laboratório (Figura 89). Na oportunidade foram apresentadas as atividades realizadas no laboratório, principais linhas de pesquisa, sistemática de trabalho e organização para produção, caracterização e análise de desempenho de materiais de pavimentação empregados na região Sul do país, assim como pesquisas realizadas nas mais distintas regiões brasileiras.



Figura 89 – Profissionais da área de Pavimentação puderam conhecer um pouco mais dos ensaios realizados no Laboratório

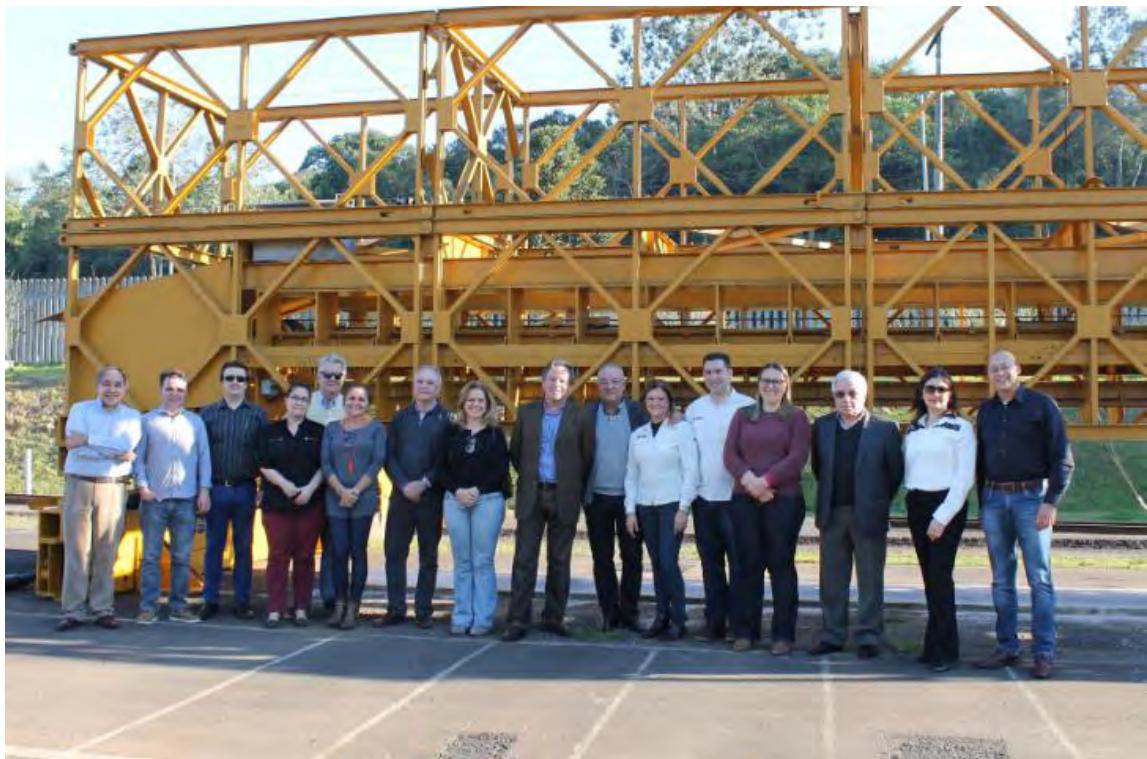


Figura 90 – Representantes do DNIT, DAER e de Concessionárias em visita ao LAPAV

#### 4.5.4 Visita turma de Introdução a Engenharia Civil UFRGS

Ainda no mês de outubro, no dia 18, as duas turmas de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS realizaram uma visita ao LAPAV, sendo recebido uma turma pela manhã e outra pela tarde. O convite proposto pelo Prof. Bonin, que ministra esta disciplina, foi muito válido e permitiu aos PETER mostrar as pesquisas realizadas no laboratório, equipamentos e o programa PETER, que demonstrou interesse dos alunos. A visita teve por objetivo apresentar aos novos estudantes as potencialidades e oportunidades de pesquisas na área de Rodovias e Pavimentação, tornando-as atrativas aos alunos para que despertem interesse desde o início do curso.

Como apresentado anteriormente, para esta mesma turma também foi feita uma visita especial em sala de aula para apresentar o programa PETER e incentivar os novos alunos a ingressarem na área da engenharia rodoviária. Esta oportunidade de divulgar o trabalho realizado no LAPAV foi bastante importante e se mostrou duradoura para os próximos semestres.



Figura 91 – Visita da turma de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS ao LAPAV

#### 4.5.5 Despedida de Lapaviano

No início do mês de agosto (12/08) ocorreu à despedida de um dos nossos mais antigos Lapavianos, Fábio Conterato. Ele iniciou suas atividades no laboratório em 2014, possuindo uma bolsa pelo projeto apoiado pela Petrobras e no período de quase três anos conseguiu evoluir bastante seu conhecimento na área da pavimentação, além de auxiliar nas pesquisas desenvolvidas e trabalhos externos.



Figura 92 – Despedida do lapaviano Fábio Conterato

## 4.6 CONCLUSÕES DO TERCEIRO TRIMESTRE

O terceiro trimestre de 2016 transcorreu conforme planejado, onde foi possível realizar muitas atividades de capacitação e realização de novas pesquisas. Conforme descrito no decorrer deste presente relatório, ocorreram uma série de atividades e planejamentos realizados juntamente com a equipe tutorial e algumas reuniões. O enfoque dado neste período foi o início de novas pesquisas realizadas pelos bolsistas PETER e a participação no X Workshop sobre os Recursos de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) nas Concessionárias de Rodovias realizado anualmente pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, onde foi novamente divulgado o Programa PETER, mostrando como o mesmo vêm crescendo com o passar do tempo e se tornando um programa cada vez mais sólido, atraindo muitos alunos de graduação.

Outro fator que foi planejado pela equipe PETER foi à abertura de novos cursos e eventos que capacitariam os bolsistas. Desta forma se realizou cursos e cafezinhos rodoviários que ajudariam os alunos na construção do conhecimento na área da engenharia rodoviária e os incentivassem a continuar na área acadêmica realizando suas pesquisas.

Com a finalização de mais um trimestre de atividades, considera-se satisfatória e importante a participação do programa nas atividades laboratoriais desenvolvidas e principalmente no desenvolvimento da formação especial em engenharia rodoviária, proposta com contínua e plena expansão. Os encontros supervisionados ocorreram conforme planejado.

Os alunos do programa continuam com seus elevados níveis de desempenho acadêmico monitorados e o trimestre foi de uma excelente notícia para o jovem Peter Guilherme Lopes que foi aprovado para o programa de dupla diplomação na França – programa destinado a alunos de excelência com desempenho acadêmico superior; para que concorram é necessário ter média do curso superior a 9,0. Guilherme partirá em julho de 2017 para Nantes, onde se espera que desenvolva mais atividades vinculadas à área rodoviária e volte a integrar o grupo em sua volta, a exemplo do Peter Douglas Engelke.

## 5 QUARTO TRIMESTRE

O quarto trimestre do Programa PETER, entre os meses de novembro de 2016 a janeiro de 2017 transcorreu conforme previsto sendo, sobretudo marcado por levantamentos realizados nas rodovias BR-290/RS, BR-448/RS e BR-116/RS com o auxílio de bolsistas, pesquisadores e técnicos do laboratório de pavimentação e a realização de pesquisas desenvolvidas pelos próprios bolsistas.

Neste trimestre também tivemos visitas de outras universidades ao LAPAV e a visita de alunos da própria UFRGS que ainda não conheciam o laboratório. Ainda ocorreu o tradicional almoço de final de ano com a presença de professores, alunos e parceiros do LAPAV.

### 5.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV

O quadro do grupo de alunos PETER para o quarto trimestre da Fase 2 contou com 1 tutor, 2 líderes, 11 bolsistas e um estagiário do técnico de estradas. O quadro do grupo teve apenas uma modificação durante o período do presente relatório, onde houve a inclusão de uma bolsista do primeiro ano. O quadro então ficou assim composto:

*4º Trimestre de 2016*

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Camila Kern
Líder 2	Larissa Montagner de Barros
Bolsista 1	Guilherme Lopes
Bolsista 2	Cynthia Milech Blank
Bolsista 3	Junior Vicenzi
Bolsista 4	Douglas Engelke
Bolsista 5	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 6	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 7	Gustavo Firmino
Bolsista 8	Daniel Pinheiro Fernandes
Bolsista 9	Eduarda Fontoura
Bolsista 10	Débora Cardoso da Silva
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

## 5.2 ATIVIDADES TRIMESTRAIS

### 5.2.1 Atividades Laboratoriais

Durante o período que compreende o presente relatório de acompanhamento foram realizadas atividades de organização, acompanhamento de ensaios realizados no Setor de Misturas asfálticas e também no Setor de Ensaios Especiais. Na Figura 93, a seguir, pode-se visualizar algumas das atividades realizadas nos últimos meses, que foi o auxílio no peneiramento e lavagem de agregados e a preparação de material e moldagem de corpos de prova de mistura asfáltica para pesquisas em nível de mestrado e doutorado.



Figura 93 – Preparação de material para mistura asfáltica – auxílio em pesquisas a nível de mestrado e doutorado

No último trimestre também foram realizados alguns trabalhos externos que contaram com o auxílio dos bolsistas, como ensaios triaxiais com agregados e extração de CPs em placas de concreto asfáltico. O trabalho de extração de CPs pode ser visto na Figura 94.



Figura 94 – Extração de corpos de prova em placas de concreto asfáltico

### 5.2.2 V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários

No dia 19 de novembro de 2016 foi divulgado o lançamento da quinta edição do Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários, promovido através da parceria institucional e técnica entre o SENGE e a Triunfo Concepá e com o apoio das universidades UNISINOS, IMED, FTEC, PUCRS, UFRGS e UFPEL. Como tradicionalmente ocorre, os bolsistas PETER irão participar do mesmo, se dedicando durante os meses de dezembro e janeiro a realizar suas próprias pesquisas para concorrerem na categoria de “Artigo Científico Curto”, de até quatro páginas. O cartaz de divulgação do concurso está apresentando no ANEXO J do presente relatório.

Desta maneira, os pesquisadores do LAPAV acompanharam e auxiliaram os bolsistas juntamente com o Tutor na realização de suas pesquisas, procurando incentivá-los na busca por inovações tecnológicas. Foram realizados ensaios laboratoriais e análises computacionais, os quais são apresentados na Figura 95 a seguir.



Figura 95 – Ensaios realizados para o trabalho a ser enviado ao Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários

Os trabalhos encaminhados para o Concurso foram:

- Análise comparativa da trabalhabilidade e da resistência à deformação permanente em misturas mornas utilizando três aditivos surfactantes produzidos a temperaturas diferentes – Cynthia Milech Blank;
- Avaliação da reutilização de óleo de cozinha como rejuvenescedor asfáltico – Bolsista Eduarda Fontoura;
- Projeto de dosagem de mistura quente e morna com uso de material fresado – Guilherme Beche Lopes;

- Avaliação da propagação de trincas em misturas asfálticas a partir do índice de flexibilidade – Kethelin Eloisa Klagenberg;
- Análise da influência da adição de cal de carbureto em misturas asfálticas – Junior Rodrigo Vicenzi;
- Estudo de self-healing em concreto asfáltico moldado com fibras de lã de aço – Felipe Pivetta.

### 5.2.3 Levantamento de Campo – BR-290/RS (Freeway)

Além das atividades laboratoriais rotineiras, foram realizadas também várias atividades de campo. A primeira realizada neste trimestre foi o monitoramento de seções experimentais na BR-290/RS (Freeway) e que fazem parte do Projeto Rede Temática de Asfalto. O monitoramento foi realizado no dia 08 de novembro com o auxílio dos bolsistas do programa PETER, técnicos do LAPAV e o apoio da concessionária que possui a concessão da rodovia (CONCEPA). Os ensaios realizados podem ser vistos na Figura 96.

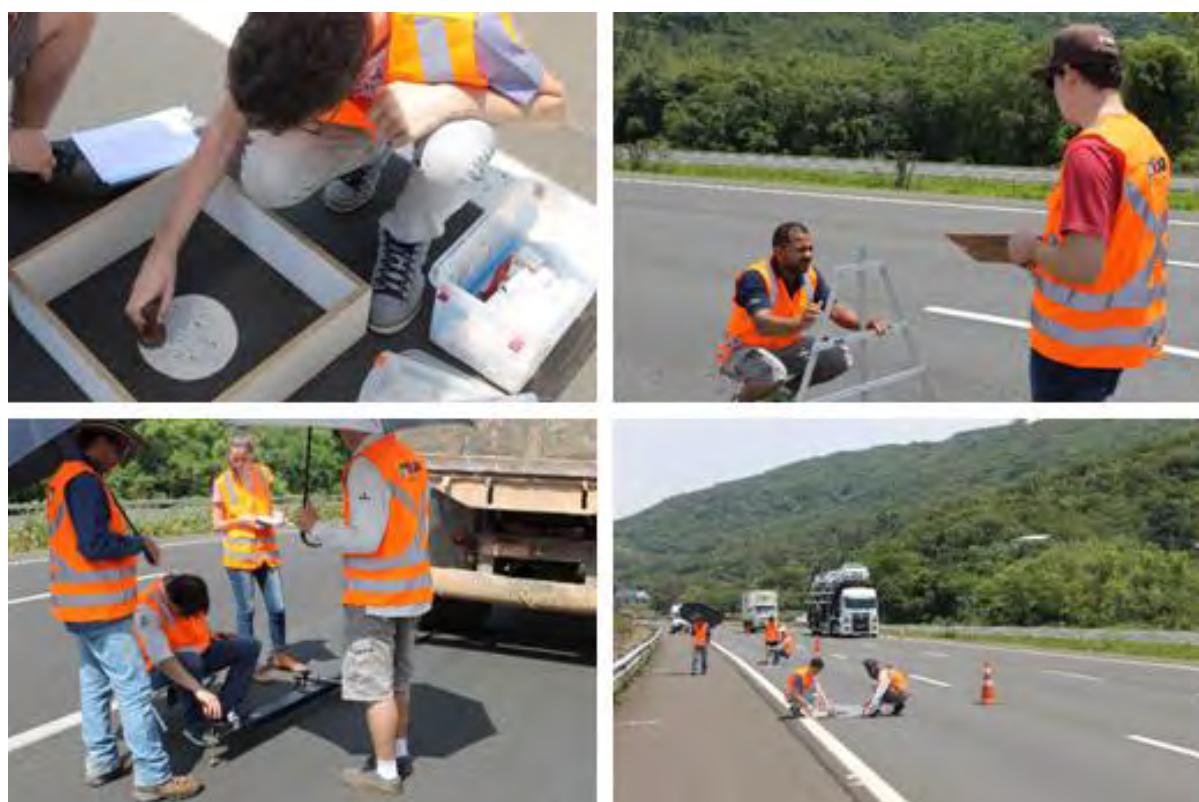


Figura 96 – Ensaios realizados na BR-290/RS (Freeway)

Conforme a Figura 96, na oportunidade foram realizados ensaios para verificar as condições superficiais de textura e atrito do revestimento da rodovia nos trechos

monitorados através dos ensaios de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico para determinação de macrotextura e microtextura, respectivamente. Além disso, foram realizados ensaios deflectométricos utilizando a viga Benkelman, utilizada para verificar as condições estruturais do pavimento. Também se utilizou a treliça metálica, para verificação de afundamento de trilha de roda e também foi realizado o levantamento visual de defeitos.



Figura 97 – Equipe PETER/LAPAV que auxiliou na realização dos ensaios

#### 5.2.4 Levantamento de campo – BR-448/RS

Ainda neste trimestre também se realizou o levantamento de campo na BR-448/RS (Rodovia do Parque), monitoramento que é realizado anualmente. Esta rodovia também faz parte do Projeto Rede Temática de Asfalto e já possui três anos de monitoramento desde a sua abertura ao tráfego. Os ensaios foram realizados no dia 17 de dezembro com o auxílio de bolsistas do Programa PETER, técnicos do LAPAV e uma empresa privada, a qual realizou o ensaio deflectométrico com o equipamento FWD (*Falling Weight Deflectometer*).

Neste dia realizaram-se ensaios para verificar as condições superficiais de textura e atrito através da mancha de areia e pêndulo britânico e ensaios deflectométricos com o auxílio do FWD. Também foram realizados ensaios para verificar afundamentos de trilha de roda, utilizando a treliça metálica, e levantamento visual de defeitos (Figura 98).



Figura 98 – Ensaios realizados na BR-448/RS



Figura 99 – Equipe PETER/LAPAV que participou do levantamento

### 5.2.5 Levantamento de Campo – BR-116/RS

Outra atividade realizada fora do laboratório ocorreu nos dias 24 de novembro e 20 de dezembro de 2016 que é o monitoramento e coleta de dados no km 298+560 da BR-116/RS e na Ponte sobre o canal Celupa, sentido Guaíba-Porto Alegre. Como já apresentado no relatório anterior, no final do mês de julho foi realizada a instalação de sensores e células de pressão neste local para verificar as cargas e deformações que ocorrem no pavimento, buscando comparar com os resultados obtidos em ensaios de laboratório e, assim, estimar os fatores laboratório-campo. Desta forma, periodicamente os pesquisadores, técnicos e bolsistas se deslocam até o local para realizar a coleta de dados no pavimento e também realizar ensaios verificando o afundamento em trilha de roda, macrotextura e microtextura e verificação da deflexão com o auxílio da viga benkelman.

Esta atividade faz parte da pesquisa intitulada “Instrumentação in-situ de um segmento da BR-116/RS – Estudo comparativo do efeito laboratório-campo da fadiga” realizada pelo LAPAV em parceria com a Concessionária da Rodovia Osório-Porto Alegre S/A – Concepa. Alguns ensaios realizados podem ser vistos na Figura 100.



Figura 100 – Monitoramento e coleta de dados para pesquisa realizada na BR-116/RS

## 5.2.6 Cafuzinho Rodoviário – Preparação para o V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários

Um dos objetivos do Programa PETER é a realização periódica de Cafuzinhos Rodoviários, com o intuito de divulgar as atividades de pesquisa desenvolvidas pelos Lapavianos. Muitas vezes bolsistas e pesquisadores desenvolvem sua pesquisa dentro do laboratório, recebendo ajuda de todos, porém na maioria das vezes poucas pessoas realmente sabem o assunto que é abordado ou qual os resultados obtidos.

Dessa forma proporciona-se uma interação entre os pesquisadores e os bolsistas para debate de ideias e crescimento profissional, além de proporcionar uma maior participação dos bolsistas de IC que através destas atividades tomam conhecimento de assuntos em destaque no meio rodoviário.

No dia 27 de janeiro foi realizado um Cafuzinho Rodoviário especial apenas para os bolsistas IC, onde estes puderam expor as pesquisas realizadas para o V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários. A chamada do Café Rodoviário está apresentada na Figura 119.



Figura 101 – Chamada para o Cafuzinho Rodoviário do LAPAV

Neste dia todos puderam compreender melhor as pesquisas que vinham sendo realizadas e auxiliar o próprio bolsista a analisar os resultados obtidos. Assim, o objetivo do presente

encontro foi de dar suporte aos PETERs para que pudessem enviar artigos de qualidade e dentro dos padrões estabelecidos pelo concurso. Na Figura 102 podem-se visualizar algumas apresentações realizadas.



Figura 102 – Café Rodoviário realizado pelos bolsistas PETER

### 5.2.7 Artigo Científico publicado na Revista Fundações e Obras Geotécnicas

No início do mês de novembro de 2016 recebemos um exemplar da Revista Fundações e Obras Geotécnicas – edição de setembro/2016, onde foi publicada a pesquisa realizada por pesquisadores e bolsistas PETER. O artigo publicado intitula “Análise dos benefícios das misturas mornas com aditivo surfactante líquido” e tem como autores os bolsistas PETER

Douglas Cardoso Engelke e Kethelin Eloisa Klagenberg, os pesquisadores Eng. Marlova Johnston e Prof. Lélio Brito, o prof. Coordenador do LAPAV, Jorge Ceratti e o Eng Renan Ribeiro (Ingevity Química).

Esta pesquisa foi realizada pelos bolsistas PETER entre 2015 e 2016 e contou com o auxílio dos pesquisadores do laboratório.

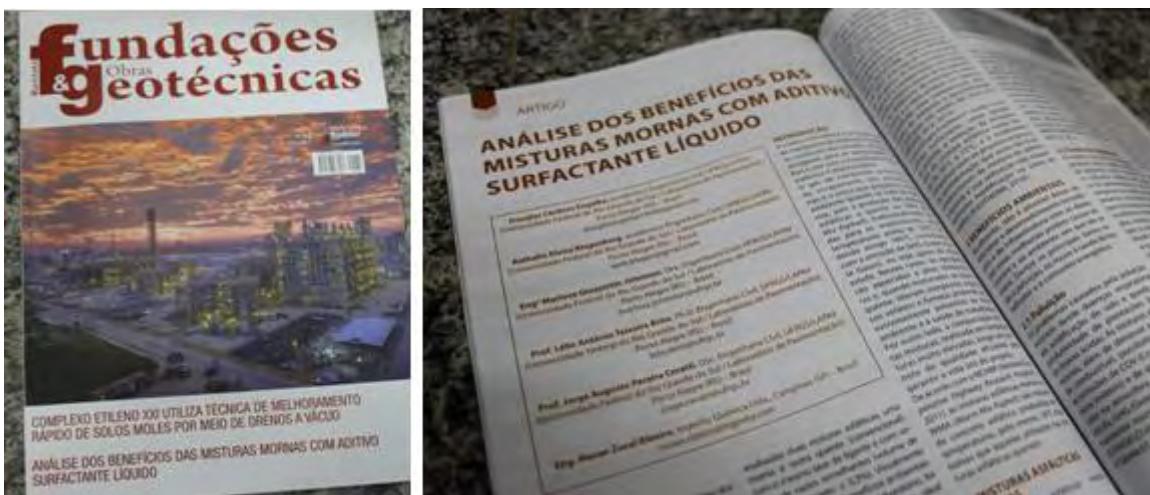


Figura 103 – Artigo publicado na Revista Fundações e Obras Geotécnicas

### 5.3 ATIVIDADES ADICIONAIS

Houve algumas atividades adicionais no quarto trimestre de 2016, como visitas de alunos de outras universidades, aulas ministradas no laboratório, entrega do troféu Baiano de Peneiramento e o Almoço de Final de Ano. As mesmas são apresentadas abaixo.

#### 5.3.1 Visita dos alunos de Engenharia Civil da UNIPAMPA ao LAPAV

Neste trimestre também tivemos algumas visitas ao laboratório, como a turma de Engenharia Civil da UNIPAMPA, que realizou uma visita ao laboratório no dia 11 de novembro.

Nesta visita os alunos puderam conhecer os setores de misturas asfálticas e ensaios especiais, bem como o simulador de tráfego do LAPAV. A Equipe PETER teve a oportunidade de apresentar aos estudantes as potencialidades e oportunidades de pesquisa na área de Rodovias e Pavimentação, tornando-as atrativas aos alunos, para que despertem interesse em trabalhar na área.



Figura 104 – Turma de alunos da Engenharia Civil da UNIPAMPA

### 5.3.2 Visita da turma de Pavimentação e Terraplenagem da Engenharia Civil – UFRGS

Nos dias 22 e 29 de novembro as turmas de Terraplenagem e Pavimentação da UFRGS vieram ao laboratório para conhecer a rotina dos bolsistas, ensaios realizados e as pesquisas que estão em andamento. Como a disciplina é optativa para os alunos de graduação, geralmente ela é escolhida pelos discentes que se interessam pela área de pavimentação e que gostariam de atuar neste segmento.

Desta maneira pode-se aprofundar os conteúdos abordados, detalhando as pesquisas já realizadas e demonstrando como são utilizados os equipamentos especiais.



Figura 105 – Visita realizada pelas turmas de Terraplenagem e Pavimentação dos Professores Ceratti e Washington

### 5.3.3 Almoço de Final de Ano

No dia 14 de dezembro ocorreu o tradicional almoço de final de ano do LAPAV, estando presente professores, técnicos, bolsistas, representantes de empresas parceiras do Laboratório e alunos que realizaram trabalhos de TCC, dissertação e teses durante o ano.



Figura 106 – O almoço de final de ano contou com a presença de 40 pessoas que colaboraram continuamente com o Laboratório de Pavimentação



Figura 107 – Convite para o Almoço de Final de Ano

Juntamente com o almoço comemorativo de final de ano foi entregue ao Sr. Ivo Azevedo uma placa de agradecimento pelos serviços prestados ao LAPAV entre os anos de 1996 e 2015. Durante 20 anos o sr. Ivo contribuiu para a realização de várias pesquisas.



Figura 108 – Reconhecimento de serviços prestados durante 20 anos ao Laboratório de pavimentação

Também foi entregue uma placa de agradecimento pelos serviços prestados ao LAPAV a Vinícius Alves, o qual exerceu a função de técnico em estradas por 15 anos (2000 A 2015). Durante o período em que trabalhou no laboratório, Vinicius contribuiu com a aprendizagem de inúmeros bolsistas e com a realização de trabalhos a nível de mestrado e doutorado.



Figura 109 – Reconhecimento de serviços prestados durante 15 anos ao Laboratório de Pavimentação

#### 5.3.4 Entrega do Prêmio Baiano de Peneiramento

No ano de 2016 realizou-se novamente a entrega do Prêmio Troféu Baiano de Peneiramento aos bolsistas iniciantes no LAPAV. O prêmio já havia sido entregue em agosto de 2016, porém como houve a inserção de novos bolsistas no Programa PETER, se optou em realizar novamente a gincana de modo a incentivar-los a fracionar materiais granulométricos para as futuras atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no laboratório.

A premiação desde ano contou com a participação dos dois bolsistas PETER que iniciaram suas atividades em maio de 2016 e que incansavelmente separaram agregados durante o período de maio a julho. A premiação do troféu Baiano ocorreu no mesmo dia do almoço de final de ano, tendo como vencedora a bolsista Eduarda Fontoura, a qual apresentou melhor desempenho na função. A premiação dada nesta edição do Troféu Baiano de Peneiramento foi uma calculadora HP, necessária para cursar várias disciplinas da graduação.



Figura 110 – Entrega do Prêmio Troféu Baiano de Peneiramento a bolsista PETER Eduarda Fontoura

#### 5.4 CONCLUSÕES DO QUARTO TRIMESTRE

O quarto trimestre de 2016 transcorreu conforme planejado, onde se concluiu inúmeras pesquisas a nível de mestrado e se deu início a novas pesquisas pelos bolsistas. O enfoque dado neste período foi o início de novas pesquisas realizadas pelos bolsistas PETER, pois com o início das férias, muitas pesquisas que vinham sendo realizadas por alunos de TCC e mestrado foram concluídas, dispondo assim de mais tempo para cada bolsista realizar suas próprias pesquisas.

Conforme descrito no decorrer deste relatório, ocorreram inúmeras saídas de campo, que estavam vinculadas a projetos de pesquisas desenvolvidos pelo LAPAV, com parceria de algumas empresas. Estas atividades fora do laboratório contribuíram para o conhecimento e formação dos PETERs, onde puderam vivenciar atividades corriqueiras da área da engenharia rodoviária em campo. Os encontros supervisionados ocorreram conforme planejado.

Outro fator que foi planejado pela equipe PETER foi à realização de um café rodoviário especial, onde os bolsistas poderiam apresentar as pesquisas realizadas para o V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários. A iniciativa teve por objetivo auxiliar os PETERs a apresentar os resultados obtidos de forma técnica, no formato de artigo científico.

Com a finalização de mais um trimestre de atividades, considera-se satisfatória e importante à participação do programa nas atividades laboratoriais desenvolvidas e principalmente no desenvolvimento da formação especial em engenharia rodoviária, proposta com contínua e plena expansão.

## 6 QUINTO TRIMESTRE

O quinto trimestre do Programa PETER 2, entre os meses de fevereiro de 2017 a abril de 2017 transcorreu conforme previsto sendo, sobretudo marcado pela defesa de mestrado das líderes do PETER, que seguem agora a caminho do doutorado. Houve levantamento de campo realizado na rodovia BR-116/RS com o auxílio de bolsistas, pesquisadores e técnicos do laboratório de pavimentação e a realização de pesquisas desenvolvidas pelos próprios bolsistas.

Neste trimestre também tivemos a visita dos novos alunos de mestrado do PPGCI/UFRGS – novo programa de pós-graduação voltado à construção e infraestrutura – que iniciaram as atividades acadêmicas no início de março. Houve também a visita da Professora Shanna Trichés da FSG com uma aluna de conclusão de curso e a visita dos alunos de Engenharia de Minas – UFRGS do Professor André Zingano.

Neste primeiro trimestre como de costume o PETER teve a oportunidade de apresentar o programa aos novos alunos de Engenharia Civil na cadeira de Introdução a Eng. Civil do Professor Luis Carlos Bonin. Destacamos também que neste trimestre a aluna do segundo ano do PETER Eduarda Fontoura teve seu trabalho selecionado para apresentação no GEORS sendo esta uma ótima oportunidade externa da aluna apresentar o trabalho que vem desenvolvendo no LAPAV.

### 6.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV

O quadro do grupo de alunos PETER para o primeiro trimestre da Fase 2 contou com 1 tutor, 1 líder, 10 bolsistas e um estagiário do curso técnico de estradas. O quadro do grupo teve duas modificações durante o período do presente relatório, onde houve o desligamento de uma bolsista do terceiro ano e de uma das líderes. O quadro então ficou assim composto:

*5º Trimestre PETER 2*

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Camila Kern
Líder 2	Larissa Montagner de Barros
Bolsista 1	Guilherme Lopes
Bolsista 2	Cynthia Milech Blank
Bolsista 3	Junior Vicenzi
Bolsista 4	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 5	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 6	Gustavo Firmino
Bolsista 7	Daniel Pinheiro Fernandes

Bolsista 8	Eduarda Fontoura
Bolsista 9	Douglas Engelke
Bolsista 10	Débora Cardoso
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

## 6.2 ATIVIDADES TRIMESTRAIS

### 6.2.1 Atividades Laboratoriais

Durante o período inicial que compreende o presente relatório parte dos bolsistas estiveram ausentes devido suas férias. Contudo as atividades laboratoriais seguiram com sua rotina normal tendo o auxílio eventual dos bolsistas. As atividades realizadas foram de organização dos setores, acompanhamento de ensaios realizados no Setor de Misturas asfálticas e também no Setor de Ensaios Especiais. Na Figura 111, a seguir, pode-se visualizar algumas das atividades realizadas nos últimos meses, tais como dosagem de mistura asfáltica, caracterização de agregados (densidade e sanidade), ensaio de envelhecimento do ligante – RTFOT e ensaios triaxias em solos.



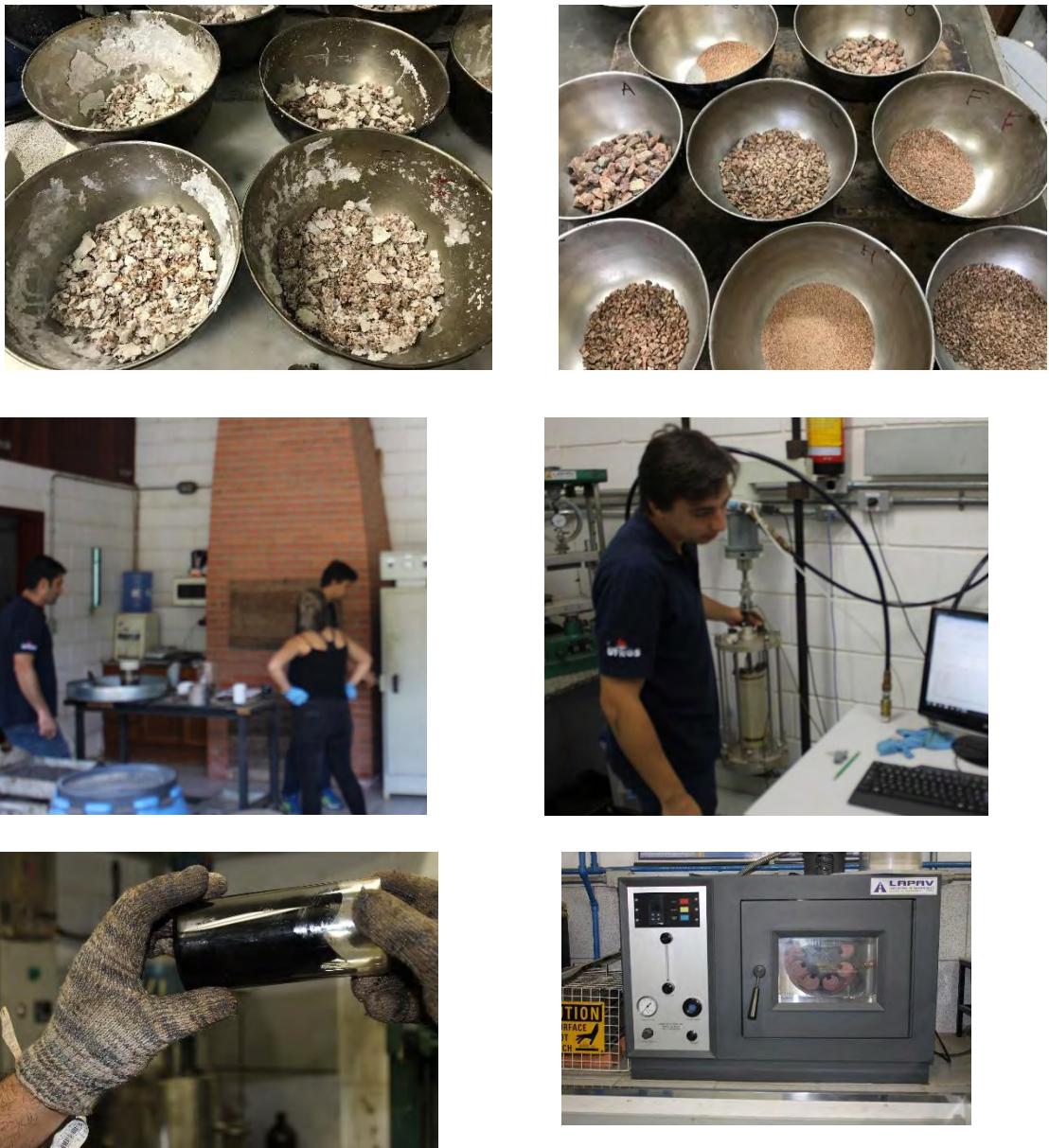


Figura 111 – Atividades laboratorial

### 6.2.2 Instalação de Sensores – BR-116/RS

Além das atividades laboratoriais rotineiras, foram realizadas também atividades de campo. No dia 20 de fevereiro foi realizada a instalação de sensores em um trecho da BR 116 referente a tese da doutoranda Gracieli Colpo que contou com o auxílio dos bolsistas. O trabalho de instalação dos sensores pode ser visto na Figura 112.



Figura 112 – Instalação de sensores na BR 116/RS

### 6.2.3 Levantamento de campo – BR-116/RS

No dia 14 de março também se realizou o levantamento de campo na BR-116/RS, monitoramento que é realizado devido a instalação dos sensores da tese da aluna Gracieli Colpo. Os ensaios realizados no levantamento de campo podem ser vistos na Figura 113.



Figura 113 – Levantamento de Campo da BR 116/RS

Conforme a Figura 113, na oportunidade foram realizados ensaios defletométricos utilizando a viga Benkelman, utilizada para verificar as condições estruturais do pavimento. Também se utilizou a treliça metálica, para verificação de afundamento de trilha de roda.

### 6.2.4 Defesa de dissertação das Líderes do PETER

Durante o mês de março de 2017 ocorreu a defesa das dissertações das líderes do Peter. A Figura 114 e a Figura 115 apresentam os convites para as defesas das alunas.



Figura 114 – Convite para a defesa de mestrado da aluna Larissa Montagner



Figura 115 – Convite para a defesa de mestrado da aluna Camila Kern

No dia 16 de março de 2017 a aluna Larissa Montagner defendeu o seu trabalho intitulado “Deformação permanente de misturas asfálticas: Avaliação do Desempenho conforme critério de *Flow Number* de misturas quentes e mornas”. A banca de avaliação contou com a presença da Professora Kamilla Vasconcelos (EPUSP), do engenheiro Luis Alberto

Nascimento (CENPES) e do Professor Washington Núñez (UFRGS). O trabalho foi elogiado e a evolução da aluna como pesquisadora foi ressaltada. Na Figura 116 são apresentadas etapas da defesa da aluna.



Figura 116– Defesa de mestrado da aluna Larissa Montagner

No dia 28 de março de 2017 foi a vez da aluna Camila Kern defender seu trabalho de dissertação intitulado “Análise de desempenho de pavimentos da Rede Temática do Asfalto no Rio Grande do Sul: A avaliação de um pavimento submetido à oscilação do lençol freático”. A banca de avaliação contou com a presença da Professora Liede Bernucci (EPUSP), do Professor Jorge Ceratti (UFRGS), do Professor João Rodrigo Mattos (UNISC) e do Professor Leonardo Behak (Universidad de La República - URY). O trabalho foi elogiado e a dedicação da aluna na preparação de uma dissertação volumosa foi salientada. Na Figura 116 e Figura 117 são apresentadas etapas da defesa da aluna. Ambas as alunas agora percorrem seu caminho no doutorado.



Figura 117 – Defesa de mestrado da aluna Camila Kern

#### 6.2.5 GEORS - Apresentação da aluna do segundo ano do PETER Eduarda Fontoura

No dia 28 de abril a aluna Eduarda Fontoura teve a oportunidade de apresentar sua pesquisa no GEORS em Caxias do Sul. A apresentação do trabalho intitulado “Avaliação da reutilização de óleo de cozinha como agente rejuvenescedor asfáltico” foi a primeira oportunidade de a aluna expor a sua pesquisa para público acadêmico. A Figura 118 exibe etapas da apresentação da aluna.



Figura 118 – Apresentação da aluna Eduarda no GEORS

## 6.2.6 Cafuzinho Rodoviário – Apresentações

Um dos objetivos do Programa PETER é a realização periódica de Cafuzinhos Rodoviários, com o intuito de divulgar as atividades de pesquisa desenvolvidas pelos Lapavianos. Muitas vezes bolsistas e pesquisadores desenvolvem sua pesquisa dentro do laboratório, recebendo ajuda de todos, porém na maioria das vezes poucas pessoas realmente sabem o assunto que é abordado ou qual os resultados obtidos.

Dessa forma proporciona-se uma interação entre os pesquisadores e os bolsistas para debate de ideias e crescimento profissional, além de proporcionar uma maior participação dos bolsistas de IC que através destas atividades tomam conhecimento de assuntos em destaque no meio rodoviário.

No dia 05 de maio foi concluído o Cafuzinho Rodoviário iniciado no dia 28/04, interrompido devido à greve de ônibus que paralisou o Brasil. O tema visou o detalhamento dos trabalhos apresentados nas defesas de mestrados para que todos do laboratório pudessem ter conhecimento dos resultados obtidos nos trabalhos. Adicionalmente, a aluna de graduação Eduarda Fontoura e a aluna de doutorado Thaís Kleinert apresentaram seus trabalhos selecionados para apresentação no GEORS, num dos grandes Cafuzinhos já realizados pelo LAPAV. A chamada da continuação do Café Rodoviário está apresentada na Figura 119 e Figura 120. Os slides dos cafuzinhos estão apresentados no ANEXO K .



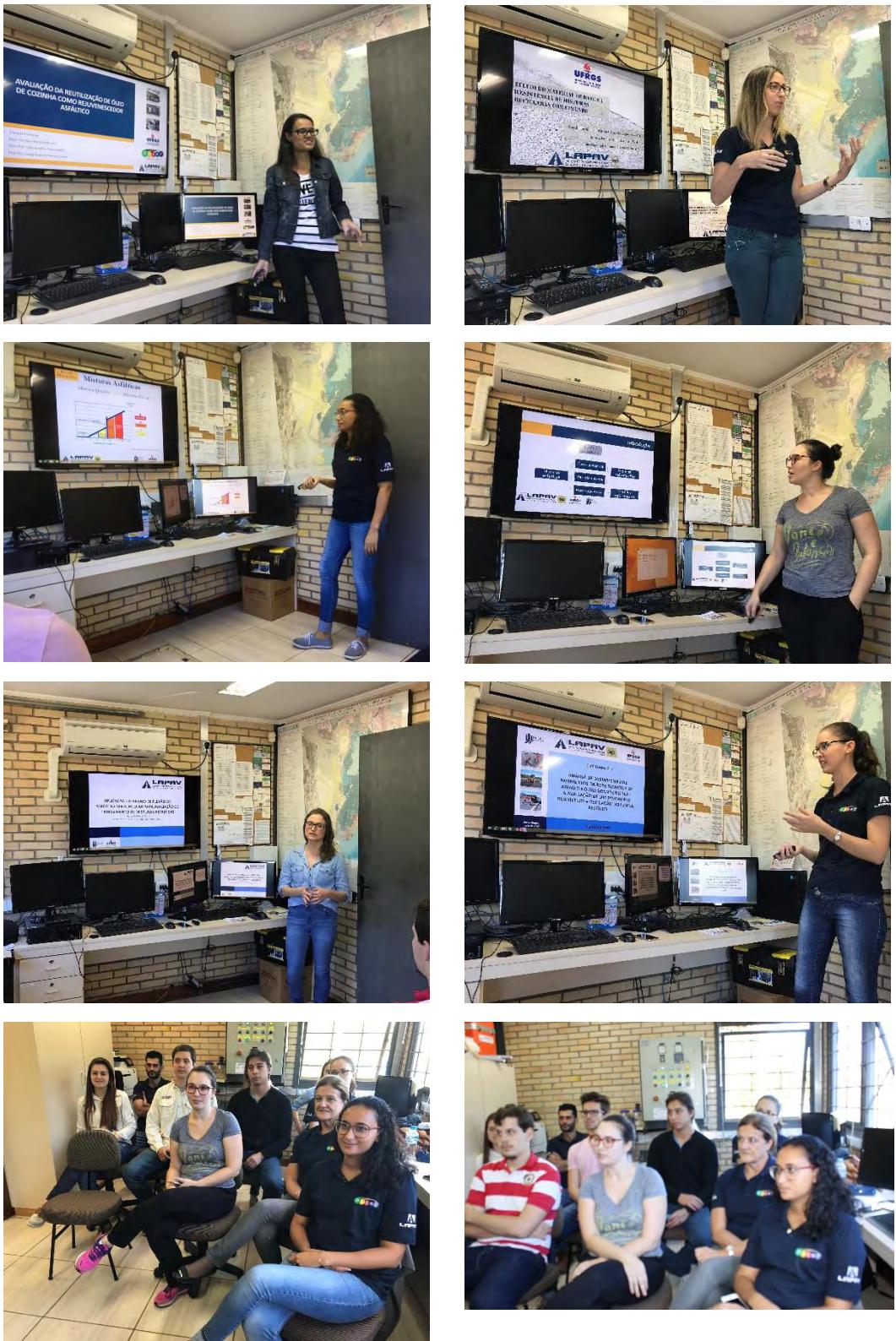


Figura 120 - Cafezinho Rodoviário

### **6.3 ATIVIDADES ADICIONAIS**

Houve algumas atividades adicionais no primeiro trimestre de 2017, como a visita dos novos alunos de mestrado do PPGCI da universidade, divulgação do programa PETER para os alunos de introdução a Engenharia Civil, visita da Professora Shanna Trichês da FSG com uma aluna de conclusão de curso e visita dos alunos de Engenharia de Minas - UFRGS do professor André Zingano.

#### **Visita dos alunos de mestrado da UFRGS ao LAPAV**

No dia 10 de março houve visita dos novos alunos do mestrado onde estes puderam conhecer as dependências do laboratório assim como, os principais ensaios realizados nos setores de misturas asfálticas, setor de ensaios especiais e no setor de ensaios acelerados. A Equipe PETER teve a oportunidade de apresentar aos novos mestrandos as potencialidades e oportunidades de pesquisa na área de Rodovias e Pavimentação. A Figura 121 apresenta etapas da visita dos alunos.



Figura 121 – Turma dos novos alunos do mestrado em Engenharia Civil da UFRGS

#### **Divulgação do PETER aos alunos de Introdução a Engenharia Civil – UFRGS**

No dia 11 de abril alguns bolsistas PETER tiveram a oportunidade de apresentar novamente o LAPAV e o programa PETER as duas turmas de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS. No início de cada semestre o Professor Bonin responsável pelas turmas convida a equipe do PETER para apresentar a rotina no laboratório e as oportunidades do programa e do laboratório, de modo a facilitar a escolha da área a ser seguida pelos novos alunos do curso.

Neste dia foram realizadas duas apresentações e os bolsistas PETER tiveram a oportunidade de apresentar a estrutura do Programa, objetivos, saídas de campo e os cursos realizados incentivando os alunos a ingressar no programa. A Figura 122 apresenta os alunos divulgando o programa.



Figura 122 – Apresentação do PETER a turma de Introdução a Eng. Civil

#### Visita da Professora Shanna Trichês da FSG ao LAPAV

No dia 19 de abril houve a visita da Professora Shanna Trichês da FSG com uma aluna de conclusão de curso em engenharia civil. Na ocasião a aluna da FSG teve a oportunidade de conhecer o funcionamento de um laboratório de pavimentação e os bolsistas PETER puderam apresentarem a estrutura do laboratório os três setores de pesquisa e as atividades desenvolvidas no presente momento. A Figura 123 apresenta etapas da visita da aluna e da professora da FSG.

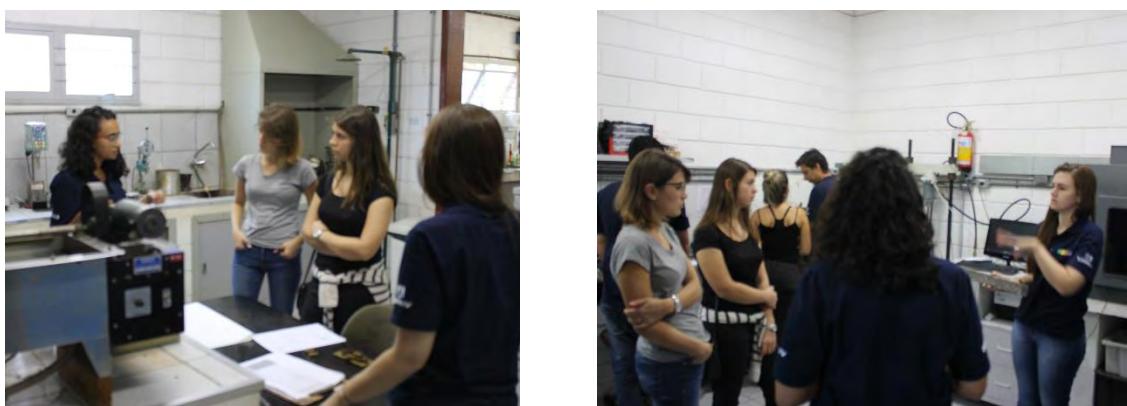




Figura 123 – Visita da FSG

#### Visita dos alunos de Engenharia de Minas da UFRGS ao LAPAV

Outra visita que tivemos neste trimestre foi no dia 20 de abril da turma de Engenharia de Minas do Professor André Zingano. A turma pode conhecer o dia-a-dia do laboratório e alguns ensaios específicos de agregados que são importantes para a engenharia civil, mas também para engenharia de minas. A apresenta a visita dos alunos. A Figura 124 apresenta a visita dos alunos de Engenharia de Minas.



Figura 124 – Visita dos alunos de Engenharia de Minas - UFRGS

#### 6.4 CONCLUSÕES DO QUINTO TRIMESTRE

O quinto trimestre do PETER 2 transcorreu conforme planejado, onde se concluiu diversas pesquisas a nível de mestrado. Neste trimestre se deu início a novas pesquisas de

mestrados e pesquisas dos bolsistas para os diversos congressos do ano como o SIC/UFRGS e o CRICTE. O enfoque dado neste período foi o início das novas pesquisas realizadas pelos bolsistas PETER, pois com o início do ano, muitas pesquisas que vinham sendo realizadas foram concluídas, sendo assim necessária a inserção dos bolsistas em novos trabalhos.

Conforme descrito no decorrer deste relatório, ocorreram saídas de campo, que estavam vinculadas a projetos de pesquisas desenvolvidos pelo LAPAV. Estas atividades externas contribuíram para o conhecimento e formação dos PETERs, onde puderam vivenciar atividades corriqueiras da área da engenharia rodoviária em campo.

Outro fator que foi planejado pela equipe PETER foi à realização do café rodoviário de conclusão de pesquisas, onde os bolsistas puderam conhecer os resultados obtidos nas diversas pesquisas de mestrado desenvolvidas durante o decorrer de 2016.

Com a finalização de mais um trimestre de atividades, considera-se satisfatória e importante à participação do programa nas atividades laboratoriais desenvolvidas e principalmente no desenvolvimento da formação especial em engenharia rodoviária, proposta com contínua e plena expansão. Os encontros supervisionados ocorreram conforme planejado.

## **7 SEXTO BIMESTRE**

O sexto bimestre de 2017 do Programa PETER, entre os meses de maio e junho de 2017 transcorreu conforme previsto sendo, sobretudo marcado pelo encerramento previsto da Fase 2 do PETER. Houve levantamento de campo realizado na rodovia BR-116/RS com o auxílio de bolsistas, pesquisadores e técnicos do laboratório de pavimentação. Realizou-se pesquisas desenvolvidas pelos próprios bolsistas para o SIC-UFRGS.

Neste bimestre ocorreu o UFRGS portas abertas e os bolsistas estiveram presentes divulgando o programa e o LAPAV. Realizou-se também aulas práticas destinadas aos funcionários do DAER, que contou com a colaboração de bolsistas, pesquisadores e dos técnicos. Além disso, aconteceu a visita do Professor Luis Carlos Bonin com as turmas de Introdução a Eng. Civil, a entrega da premiação do V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários que conta com uma categoria exclusiva para os PETERs e a tradicional confraternização Junina do laboratório.

### **7.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV**

O quadro do grupo de alunos PETER para o sexto bimestre da Fase 2 contou com 1 tutor, 1 líder, 9 bolsistas e um estagiário do curso técnico de estradas. O quadro do grupo teve apenas uma modificação durante o período do presente relatório, onde houve o desligamento de uma bolsista do segundo ano. O quadro então ficou assim composto:

***SEXTO Bimestre PETER 2***

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Douglas Mocelin
Líder 2	Larissa Montagner de Barros
Bolsista 1	Guilherme Lopes
Bolsista 2	Cynthia Milech Blank
Bolsista 3	Junior Vicenzi
Bolsista 4	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 5	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 6	Gustavo Firmino
Bolsista 7	Daniel Pinheiro Fernandes
Bolsista 8	Eduarda Fontoura
Bolsista 9	Douglas Engelke
Bolsista 10	Débora Cardoso
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

## 7.2 ATIVIDADES BIMESTRAIS

### 7.2.1 Atividades Laboratoriais

Durante o período que compreende o presente relatório as atividades laboratoriais seguiram com sua rotina normal tendo o auxílio dos bolsistas. As atividades realizadas foram de organização dos setores, acompanhamento de ensaios realizados no Setor de Misturas asfálticas e também no Setor de Ensaios Especiais. Na Figura 111, a seguir, pode-se visualizar algumas das atividades realizadas nos últimos meses, tais como refluxo de mistura asfáltica, caracterização de ligantes e ensaio de envelhecimento do ligante – RTFOT.



Figura 125 – Atividades laboratorial

## 7.2.2 Levantamento de campo – BR-116/RS

Nos dias 03 de maio e 13 de junho se realizaram levantamentos de campo na BR-116/RS, monitoramento que é realizado devido a instalação dos sensores da tese da aluna Gracieli Colpo. Os ensaios realizados no levantamento de campo podem ser vistos na Figura 126.



Figura 126 – Levantamento de Campo da BR 116/RS

Conforme a Figura 126 na oportunidade foram realizados ensaios de macro e microtextura utilizados para verificar as condições da superfície do pavimento, foram realizados também ensaios defletométricos com a viga Benkelman para verificar as condições estruturais dos pavimentos e utilizou-se a treliça metálica para verificação de afundamento de trilha de roda.

## 7.2.3 Divulgação do PETER e do LAPAV no UFRGS Portas Abertas

No dia 20 de maio de 2017 ocorreu o UFRGS Portas abertas em que os bolsistas estiveram presentes divulgando o LAPAV. A Figura 114 apresenta os bolsistas que estiveram no evento e a Figura 115 apresenta o folder de divulgação do laboratório.



Figura 127 – Participantes do UFRGS Portas Abertas



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



O Laboratório de Pavimentação da UFRGS, vinculado ao PPGCI, foi criado em 1986 pelo Prof. Jorge Ceratti. Desde então, desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão na área da engenharia rodoviária, participando ativamente junto à órgãos públicos e empresas privadas no desenvolvimento de novas tecnologias de pavimentos. O LAPAV foi um dos precursores de ensaios acelerados em verdadeira grandeza na América Latina, o primeiro a participar da implantação do uso do asfalto borracha no estado e ativamente participa da elaboração de normas nacionais e procedimentos de dimensionamento de pavimentos flexíveis e dosagem de novos materiais de pavimentação.



Atualmente o laboratório conta com:

- 4 Alunos de Doutorado
  - 6 Alunos de Mestrado
  - 3 Técnicos
  - 10 Bolsistas IC – PETER
- 50 tipos de ensaios;  
10 Equipamentos Especiais de Teste;  
1 Simulador de Tráfego Linear  
3 Setores



Setor de Misturas Asfálticas



Setor de Ensaios Especiais



Setor de Ensaios Acelerados

O PETER, lançado em 2013, é o programa PET do LAPAV que busca alunos de reconhecido desempenho acadêmico que se interessem pelo ramo da Engenharia Rodoviária, trazendo-os para dentro do Laboratório de Pavimentação, onde farão um programa de aprendizado passando pelas várias áreas do conhecimento deste segmento, culminando em um programa de intercâmbio Universidade - Empresa ao final do estágio, com o intuito de aplicar o conhecimento adquirido.

Mais informações em:  
[www.ufrgs.br/lapav/peter](http://www.ufrgs.br/lapav/peter)



1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Rotina de trabalho rotineiro	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório
Leitura de projeto e dimensionamento	Aulas teóricas e laboratórios	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório
Visita ao Campus	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório	Atividades no Laboratório
Participação das palestras divulgativas	Leituras de artigos de revistas	Sessões de consulta	Sessões de consulta	Sessões de consulta

Figura 128 – Folder de divulgação do LAPAV

#### 7.2.4 Aulas de aperfeiçoamento para funcionários do DAER

Nos dias 17 e 24 de maio e nos dias 8 e 13 de junho de 2017 aconteceram nas dependências do LAPAV aulas de aperfeiçoamento para funcionários do DAER. A Figura 118 exibe etapas das aulas ministradas pelos mestrandos e líderes Larissa Montagner e Douglas Mocelin e pela pesquisadora Marlova Johnston com o auxílio dos bolsistas e técnicos do laboratório.



Figura 129 – Aulas laboratoriais de aperfeiçoamento técnico e prático

## 7.2.5 Cafuzinho Rodoviário – Divulgação pesquisas

Um dos objetivos do Programa PETER é a realização periódica de Cafuzinhos Rodoviários, com o intuito de divulgar as atividades de pesquisa desenvolvidas pelos Lapavianos. Muitas vezes bolsistas e pesquisadores desenvolvem sua pesquisa dentro do laboratório, recebendo ajuda de todos, porém na maioria das vezes poucas pessoas realmente sabem o assunto que é abordado ou qual os resultados obtidos.

Dessa forma proporciona-se uma interação entre os pesquisadores e os bolsistas para debate de ideias e crescimento profissional, além de proporcionar uma maior participação dos bolsistas de IC que através destas atividades tomam conhecimento de assuntos em destaque no meio rodoviário.

No dia 23 de junho foi realizado o Cafuzinho Rodoviário deste bimestre para os bolsistas se integrarem da pesquisa do aluno Felipe Pivetta sobre “Introdução a Regeneração de Pavimentos Asfálticos”. A chamada do Café Rodoviário está apresentada na Figura 119 e as fotos da realização do cafuzinho estão na Figura 131. A apresentação realizada pelo PETER Felipe Pivetta está no ANEXO L.



Figura 130 – Chamada para o Cafuzinho Rodoviário do LAPAV



Figura 131 – Café Rodoviário

### 7.3 ATIVIDADES ADICIONAIS

Houve algumas atividades adicionais nesse bimestre, como a visita dos alunos do primeiro semestre de Engenharia Civil da turma de Introdução a Engenharia com o professor Luis Carlos Bonin, participação dos bolsistas na entrega do V Concurso de Estudos Técnicos, participação no Workshop sobre o Novo Método de Dimensionamento De Pavimentos Flexíveis no Brasil na PUCRS, também foi a realizada a confraternização dos lapavianos na tradicional festa Junina.

#### Visita dos alunos de Introdução a Engenharia Civil da UFRGS

No dia 06 de junho houve a visita dos novos alunos do curso de engenharia civil da UFRGS juntamente com o professor Bonin da cadeira de Introdução a Eng. Civil. Em cada início de semestre o LAPAV abre as portas para que os novos alunos do curso tenham um primeiro contato com a área de pavimentação e as atividades desenvolvidas no laboratório. A Equipe PETER teve a oportunidade de apresentar aos novos alunos as potencialidades e oportunidades de pesquisa na área de Pavimentação. A Figura 121 apresenta etapas da visita dos alunos.



Figura 132 – Turmas do primeiro semestre da Engenharia Civil da UFRGS

#### V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários

No dia 10 de junho foi realizada a premiação do concurso de estudos técnicos rodoviários da CONCEPA. O concurso conta com uma categoria exclusiva para os PETERS. A Figura 133 apresenta a chamada para a premiação.



Figura 133 – Chamada para a premiação do V Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários

Na presente data os trabalhos das bolsistas Cynthia Blank e Kethelin Klagenberg foram premiados como melhor trabalho e menção honrosa respectivamente. A Figura 134 apresenta os vencedores do concurso.



Figura 134 – Vencedores do Concurso

#### Workshop sobre o Novo método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do Brasil

Nos dias 19 e 20 de junho foi realizado na PUCRS um Workshop sobre o novo método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do Brasil. O workshop contou com a presença de grandes pesquisadores brasileiros nesta área e teve o apoio da Triunfo CONCEPA e da ANTT. No presente evento os bolsistas tiveram a oportunidade de interagir com diversos pesquisadores e se integrarem das mudanças futuras no novo método de dimensionamento. A Figura 135 apresenta os palestrantes presentes no evento e a Figura 136 apresenta os lapavianos presentes no evento.



Figura 135 – Pesquisadores presentes no evento



Figura 136 – Lapavianos presentes no Workshop

#### Festa Junina LAPAV

No dia 23 de junho ocorreu a tradicional festa Junina do LAPAV onde os bolsistas tiveram oportunidade de interagir e descontrair com os demais pesquisadores. A Figura 122 apresenta a chamada para a festa e a Figura 138 apresenta os lapavianos presentes na confraternização.



Figura 137 – Chamada para a Festa Junina



Figura 138 – Lapavianos apreciando a festa Junina

#### 7.4 CONCLUSÕES DO SEXTO BIMESTRE

O sexto bimestre do programa PETER – Fase 2- transcorreu conforme planejado. Neste bimestre os bolsistas definiram as suas pesquisas para os diversos congressos do ano como o SIC/UFRGS e o CRICTE, importante evento para a formação acadêmica e científica dos PETERs. Os trabalhos submetidos estão apresentados no ANEXO M. A submissão dos trabalhos só é possível quando da abertura da chamada do SIC pela UFRGS, que ocorreu apenas neste bimestre.

Conforme descrito no decorrer deste relatório, ocorreram saídas de campo, que estavam vinculadas a projetos de pesquisas desenvolvidos pelo LAPAV. Estas atividades externas contribuíram para o conhecimento e formação dos PETERs, onde puderam vivenciar atividades corriqueiras da área da engenharia rodoviária em campo.

Outro fator que foi planejado pela equipe PETER foi à realização do café rodoviário de divulgação da pesquisa do aluno Felipe Pivetta, onde os bolsistas puderam conhecer os novos estudos propostos pelo aluno.

Com a finalização de mais um bimestre de atividades, considera-se satisfatória e importante à participação do programa nas atividades laboratoriais desenvolvidas e principalmente no desenvolvimento da formação especial em engenharia rodoviária,

proposta com contínua e plena expansão. Os encontros supervisionados ocorreram conforme planejado.

O término deste bimestre não inspira o término do programa. Espera-se que seja possível encontrar uma outra concessionária ou empresa parceira para continuidade do programa que já se fixou com mais importante programa de extensão realizado pelo LAPAV e certamente um dos mais relevantes realizados na atualidade pela Escola de Engenharia.

Com a proximidade do término de contrato da Triunfo|Concepa a expectativa é procurar outra empresa parceira até que seja reestabelecido o fluxo das novas concessões no estado. Entende-se como vital a aproximação da universidade às Concessionária para o andamento do PETER que tem por principal iniciativa um programa de formação para alunos de elevado desempenho que permita a integração universidade-empresa. Desta forma, espera-se que o novo plano de Concessões consiga continuar a proporcionar a experiência vivida pelos projetos de pesquisa RDT PETER 1 e PETER 2.

## 8 SÉTIMO TRIMESTRE

O oitavo trimestre do programa, ou terceiro trimestre de 2017 do Programa PETER, entre os meses de julho e setembro de 2017 transcorreu conforme previsto sendo sobretudo marcado pela prorrogação da Fase 2 do PETER/CONCEPA pelo período de 6 meses, sendo o mesmo até dezembro de 2017. Este trimestre do ano contou com a participação dos integrantes do programa PETER/CONCEPA no XI Workshop de Recursos de Desenvolvimento Tecnológico promovido pela ANTT em Brasília. Ainda é possível destacar a aceitação de artigos científicos dos alunos na ANPET e no SIC/UFRGS, mostrando assim o desenvolvimento acadêmico dos mesmos.

### 8.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV

O quadro do grupo de alunos PETER para este trimestre da Fase 2 conta com 1 tutor, 2 líder, 4 bolsistas e um estagiário do curso técnico de estradas. A redução se deve a prorrogação do projeto com redução de quadro, conforme cronograma físico-financeiro submetido pela Concessionária e aprovado pela ANTT. O quadro então ficou assim composto:

*7º Trimestre (ou 3º trimestre de 2017)*

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Natália Guterres Mensch
Líder 2	Gracieli Bordin Colpo
Bolsista 1	Junior Vicenzi
Bolsista 2	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 3	Gustavo Firmino
Bolsista 4	Douglas Engelke
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

### 8.2 ATIVIDADES TRIMESTRAIS

#### 8.2.1 Divulgação do programa

A divulgação do programa foi realizada de forma contínua. Com a aprovação da extensão e redução do quadro de bolsistas, está se buscando oportunidades para a formação de um novo grupo PETER junto a outra concessionária. Neste sentido, foi divulgada nas redes sociais do LAPAV UFRGS em agosto a chamada para a nova seleção de bolsistas para o programa PETER (Figura 139). Em outras vertentes, também continuo a divulgação com a

participação da Dra. Marlova Johnston do LAPAV no Workshop "How the Railways contribute to improving quality of life?" em Joinville de 31/07 a 04/08, quando teve a oportunidade de divulgar o Programa PETER (Figura 140).



Figura 139 – Chamada nova seleção de bolsistas voluntários



Figura 140 – Workshop "How the Railways contribute to improving quality of life?"

Na continuidade da produção de material também foi confeccionado novas pastas do programa e também camisetas de gola tipo polo – Figura 141 - para os membros da equipe.



Figura 141 – Camisa gola polo PETER

### 8.2.2 Atividades Laboratoriais

Durante o período que compreende o presente relatório as atividades laboratoriais seguiram com sua rotina normal tendo o auxílio dos bolsistas. As atividades realizadas foram de organização dos setores, acompanhamento de ensaios realizados no Setor de Misturas asfálticas e também no Setor de Ensaios Especiais. Na Figura 142 e Figura 143, a seguir, podem-se visualizar algumas das atividades realizadas nos últimos meses, tais como resistência a tração, módulo de resiliência de misturas asfálticas e materiais granulares e caracterização dos agregados.



Figura 142 – Atividades laboratoriais



Figura 143 – Atividades laboratoriais

### 8.2.3 Levantamento de campo – BR-116/RS

Nos dias 10 de agosto e 22 de setembro foram realizados os levantamentos de campo na BR-116/RS. O monitoramento é realizado devido a instalação dos sensores da aluna Gracieli Colpo para o estudo de sua tese de doutorado. Os ensaios realizados no levantamento de campo podem ser vistos na Figura 144.



Figura 144 – Levantamento de Campo da BR 116/RS

Na oportunidade foram realizados ensaios de macro e microtextura utilizados para verificar as condições da superfície do pavimento, bem como ensaios defletométricos com a viga Benkelman para verificar as condições estruturais dos pavimentos e utilizou-se a treliça metálica para verificação de afundamento de trilha de roda.

#### 8.2.4 Cafezinho Rodoviário

Um dos objetivos do Programa PETER é a realização periódica de Cafezinhos Rodoviários, com o intuito de divulgar as atividades de pesquisa desenvolvidas pelos Lapavianos. Muitas vezes bolsistas e pesquisadores desenvolvem sua pesquisa dentro do laboratório, recebendo ajuda de todos, porém na maioria das vezes poucas pessoas realmente sabem o assunto que é abordado ou qual os resultados obtidos.

Dessa forma proporciona-se uma interação entre os pesquisadores e os bolsistas para debate de ideias e crescimento profissional, além de proporcionar uma maior participação dos bolsistas de IC que através destas atividades tomam conhecimento de assuntos em destaque no meio rodoviário.

No dia 6 de outubro foi realizado o Cafezinho Rodoviário deste trimestre para os bolsistas se integrarem sobre a viagem de Felipe Pivetta a Universidade de Nottingham no Reino

Unido e a Universidade de Lyon na França, bem como, a apresentação dos artigos aceitos para apresentação na ANPET 2017 dos alunos Gustavo Fermino e Douglas Engelke. A chamada do Café Rodoviário está apresentada na Figura 145 e as fotos da realização do cafezinho estão na Figura 146. O cafezinho foi realizado no início de outubro para melhor representar as apresentações do SIC, mas refletiram as atividades desenvolvidas no trimestre de julho a setembro.

O Anexo N mostra as apresentações realizadas no Cafezinho Rodoviário.

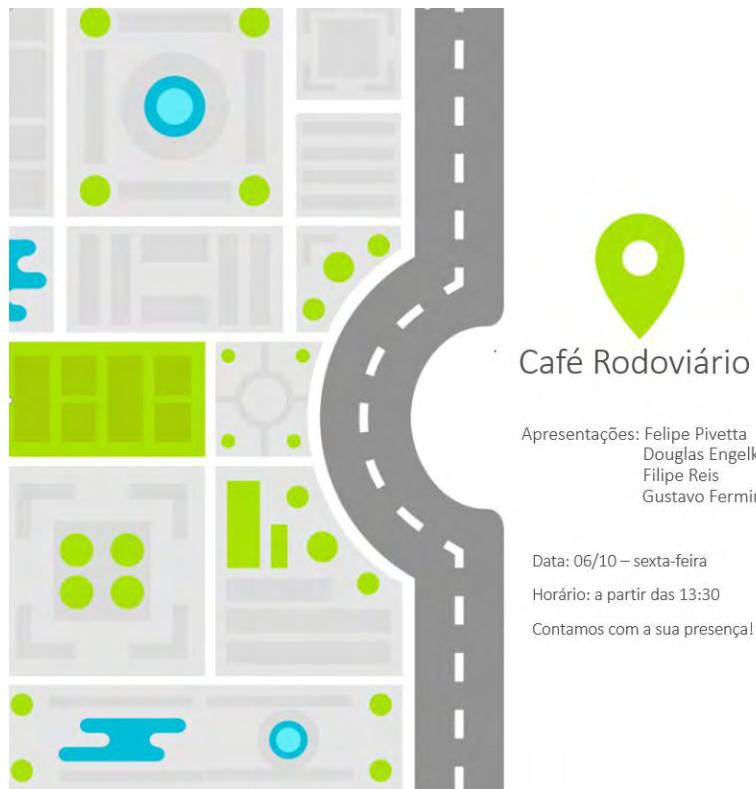


Figura 145 – Chamada para o Cafezinho Rodoviário do LAPAV



Figura 146 – Cafezinho Rodoviário

### 8.2.5 Salão de Iniciação Científica

Nossos três bolsistas de graduação foram aceitos com artigos de iniciação científica no XXIX Salão de Iniciação Científica da UFRGS. O quadro a seguir apresenta o nome dos bolsistas selecionados e o título do trabalho:

Bolsista	Título do trabalho
Douglas Engelke	Influência da melhoria da infraestrutura na interseção de uma avenida com uma rodovia federal na redução de acidentes
Filipe Pereira dos Reis	Análise do uso de material fresado como agregado em misturas asfálticas tipo: Pré-misturado a frio
Junior Vicenzi	Análise de propriedades mecanísticas de misturas a quente com inserção de diferentes teores de material asfáltico reciclado

Foram realizados encontros quinzenais dos bolsistas com o tutor ou líderes de setor para discussão e melhoramento do resumo enviado ao SIC. O Anexo O apresenta os resumos dos artigos. A apresentação ocorrerá nos dias 16 e 17 de outubro, sendo assim descrito no próximo relatório trimestral.

## 8.2.6 Artigos em congresso nacional

Os bolsistas quintanistas do programa PETER/CONCEPA obtiveram comunicações técnicas para a XXXI ANPET que ocorreu em Recife nos dias 29/10 a 01/11. Os mesmos participaram do congresso durante todos os dias sem data marcada ainda para as apresentações. O quadro a seguir apresenta o nome dos bolsistas e o título do trabalho:

Bolsista	Título do trabalho
Douglas Engelke	Avaliação da capacidade da rodovia BR-290/RS com a implementação da quarta faixa
Filipe Pereira dos Reis	Avaliação da influência da sobrecarga dos veículos pesados na rodovia BR-290/RS
Gustavo Firmino	Análise da accidentalidade da rodovia BR-290/RS com a implementação da quarta faixa

A Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET) é uma instituição sem fins lucrativos, criada com o propósito de atuar como um fórum especializado para discussão da pesquisa e ensino em transportes no Brasil. Sua missão é servir como meio de representação e integração de pesquisadores, estudantes e profissionais de instituições de ensino e pesquisa, órgãos públicos e empresas, visando à geração e difusão do conhecimento no setor de transportes, para aperfeiçoar a produção técnico-científica, qualificar o ensino e a pesquisa, além de contribuir com a formação de recursos humanos e, também, fomentar a transferência de tecnologia gerada nos centros de pesquisa nacionais e internacionais para o setor produtivo do país. É formada por professores, pesquisadores e profissionais de diversas instituições brasileiras de pesquisa e ensino, órgãos e empresas da área de transportes com reconhecida importância no setor. Fazem parte do Conselho Deliberativo da ANPET as seguintes instituições: COPPE/UFRJ, EESC-USP, IME, ITA, EPUSP, PUC-RIO, UFPE, UFC, UFMG, UFPB, UFPR, UFRGS, UFRN, UFSC, UnB, UNICAMP, todas com programas de pós-graduação na área de transportes.

Este congresso é de grande importância na área de transportes no panorama nacional e possui rigorosos processos de seleção dos artigos para participação neste congresso. Com a aprovação neste congresso comprovamos o avanço científico de nossos alunos no desenvolvimento de artigos científicos de boa qualidade.

Os líderes de setor e o tutor deste programa também tiveram participação ativa na realização das comunicações técnicas, resolvendo dúvidas e dando o suporte necessário para o desenvolvimento. O Anexo P apresenta as cartas de aceitação dos artigos dos alunos.

## 8.2.7 XI Workshop sobre Recursos de Desenvolvimento Tecnológico (RDT) da ANTT

No dia 17 de agosto de 2017 ocorreu em Brasília o XI Workshop sobre Recursos de Desenvolvimento Tecnológico da ANTT e contou com a participação de 14 integrantes do grupo LAPAV e ainda 2 engenheiros da Trinfo|Concepa. A participação dos alunos do programa PETER neste workshop é de grande relevância para os mesmos se inteirarem sobre as pesquisas dentro do contexto nacional e assim poderem discutir sobre novos tópicos para desenvolvimento de trabalhos científicos. A Figura 147 apresenta a foto dos integrantes que participaram deste evento.



Figura 147 – Integrantes do programa PETER|Concepa

Ainda durante o evento foi realizado pelo tutor Lélio Brito a apresentação do programa PETER para os participantes do workshop conforme Figura 148. A apresentação feita está incluída no Anexo Q.

O evento é considerado pelo Grupo PETER o evento mais importante do ano e todos aguardam ansiosos para o momento. Assim, mesmo com a redução da equipe, levou-se todos para o evento já que a realização do programa durante os dois últimos anos inspira a participação fervorosa da equipe.



Figura 148 – Apresentação do PETER|Concepa pelo tutor Lélio Brito

### 8.3 ATIVIDADES ADICIONAIS

Houve algumas atividades adicionais nesse trimestre, como a continuação das aulas de aperfeiçoamento para os funcionários do DAER, visita dos alunos de Tecnologia dos revestimentos asfálticos da Engenharia Civil da UFRGS com a professor Lysiane Pacheco, participação do curso de viscoelasticidade ministrado pelo professor Amit Bhasin na USP campus de São Carlos e a qualificação de mestrado de dois lapavianos.

#### 8.3.1 Aulas de aperfeiçoamento para funcionários do DAER

Nos dias 6, 11 e 14 de julho de 2017 aconteceram nas dependências do LAPAV aulas de aperfeiçoamento para funcionários do DAER. A Figura 149 exibe etapas das aulas ministradas pelos mestrandos Larissa Montagner e Douglas Mocelin e pela pesquisadora Marlova Johnston com o auxílio dos bolsistas e técnicos do laboratório. Com esta etapa encerrasse a participação do LAPAV neste curso de aperfeiçoamento em que se obteve um bom aproveitamento dos funcionários do DAER/RS.



Figura 149 – Aulas laboratoriais de aperfeiçoamento técnico e prático

### 8.3.2 Viagem de estudos do Felipe Pivetta ao NTEC e ENTPE

O lapaviano, e participante do PETER2 até Julho, Felipe Pivetta teve a oportunidade de realizar uma viagem de estudos a dois centros importantes na área de pesquisa em misturas asfálticas: O NTEC (*Nottingham Transportation Engineering Centre*) na *University of Nottingham* e o ENTPE (*École Nationale des Travaux Publics de l'État*) na *L'Université de Lyon* durante as férias de inverno, resultado de um grande esforço do trabalho realizado pelo acadêmico durante seus dois anos de programa.

O NTEC é a principal organização de pesquisa universitária do Reino Unido em engenharia de pavimentos, gerenciamento de ativos de infraestrutura e sua sustentabilidade. Na oportunidade o aluno pode conhecer este importante centro de pesquisa, realizar ensaios para o desenvolvimento de sua pesquisa e conversar com pesquisadores de renome internacional como o professor Andrew Dawson.

O ENTPE é uma importante escola de engenharia sob a supervisão do Ministro da Ecologia, Desenvolvimento Sustentável e Energia (MEDDE) da França. A ENTPE é um dos principais atores do desenvolvimento sustentável dos territórios e um membro da Universidade de Lyon. A instituição tem como objetivo treinar generalistas em todos os campos do ordenamento do território e do desenvolvimento sustentável: edifícios, obras públicas,

engenharia civil, transportes e mobilidade, ambiente, urbanismo, política da cidade, gestão de riscos, entre outros. O aluno Felipe pode em sua visita conhecer o laboratório, alunos e professores que atuam nessa intuição. Ele teve a grande oportunidade de conhecer o pesquisador Hervé Di Benedetto um grande pesquisador na área de viscoelasticidade de misturas asfálticas.



Figura 150 – Registro fotográfico da viagem do aluno Felipe Pivetta

### 8.3.3 Visita dos alunos de Tecnologia de revestimentos asfáltico da Engenharia Civil da UFRGS

No dia 18 de setembro houve a visita dos alunos da disciplina de Tecnologia dos revestimentos asfálticos do curso de engenharia civil da UFRGS juntamente com a professora Lysiane Pacheco. A Equipe PETER teve a oportunidade de apresentar aos alunos as potencialidades e oportunidades de pesquisa na área de Pavimentação, bem como, foram realizados ensaios com ligantes asfálticos pela professora Lysiane. A Figura 151 apresenta a realização dos ensaios na visita dos alunos.

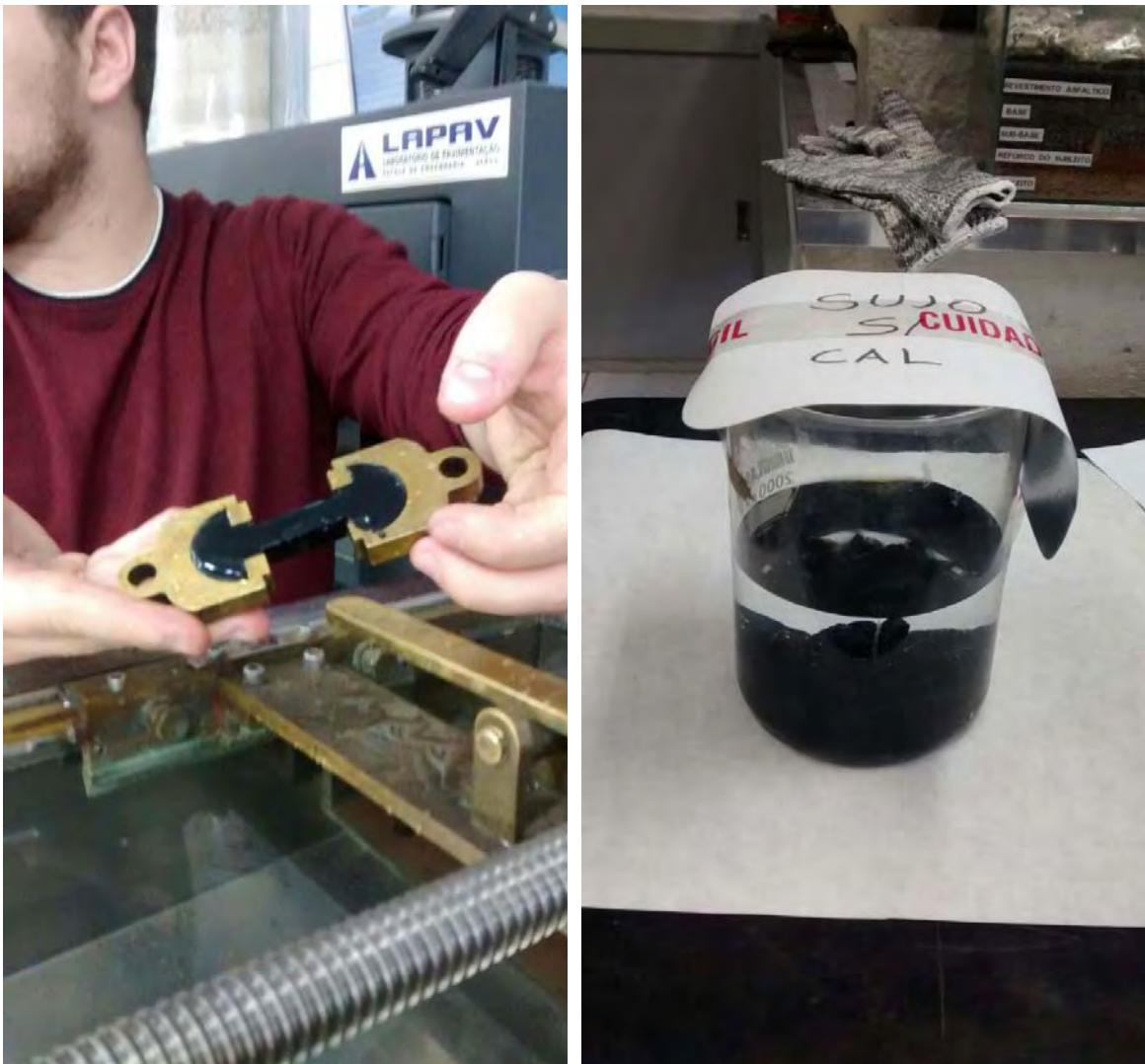


Figura 151 – Turma de Tecnologia dos revestimentos asfálticos da Engenharia Civil da UFRGS

### 8.3.4 Participação no Curso de Viscoelasticidade com professor Amit Bhasin

Entre os dias 21 a 26 de agosto foi realizado na USP campus São Carlos a realização do curso sobre viscoelasticidade com o professor Amit Bhasin da Universidades do Texas Austin (Figura 152). O curso contou com a participação dos Lapavianos Natália Mensch e Douglas Mocelin. O professor Amit Bhasin é referência mundial na área de modelagem das propriedades fundamentais no desempenho de misturas asfálticas, bem como o desenvolvimento de modelos abrangentes para previsão da fissuração por fadiga e sensibilidade à umidade em misturas de asfalto. O curso foi de grande relevância para os alunos pois os mesmos não dispõem desse assunto na grade curricular do curso de pós graduação mas desenvolvem suas tese e dissertação sobre o tema.



Figura 152 - Professor Amit Bhasin ministrando o curso

### 8.3.5 Qualificação de mestrado

No dia 15 de setembro de 2017 ocorreu a qualificação das dissertações de dois Lapavianos com a participação dos alunos PETER na plateia. Os Lapavianos receberam a aprovação de seus trabalhos sendo o Douglas Mocelin com o título “Análise da vida de fadiga de misturas asfálticas através de ensaios de tração direta e uso da mecânica do dano continuo viscoelástico” e o Guilherme Ebani com o título “Aplicabilidade de misturas mornas em camada porosa de atrito (CPA): análise laboratorial das propriedades mecânicas e hidráulicas em comparação com misturas quentes com fibras de celulose”. A Figura 153 apresentam os convites para as defesas e apresentam os alunos durante a apresentação.



Figura 153 – Qualificação de mestrado do Guilherme Ebani e Douglas Mocelin

## **8.4 CONCLUSÕES DO SÉTIMO TRIMESTRE**

O terceiro trimestre de 2017 transcorreu conforme planejado. Neste trimestre os bolsistas definiram obtiveram um avanço no desenvolvimento científico com a aprovação de seus artigos no SIC/UFRGS e a ANPET. Conforme descrito no decorrer deste relatório, ocorreram saídas de campo, que estavam vinculadas a projetos de pesquisas desenvolvidos pelo LAPAV. Estas atividades externas contribuíram para o conhecimento e formação dos PETERs, onde puderam vivenciar atividades corriqueiras da área da engenharia rodoviária em campo.

Outro fator que foi planejado pela equipe PETER foi à realização do café rodoviário de divulgação das atividades transcorridas no trimestre no LAPAV, onde os bolsistas puderam treinar para as suas apresentações na ANPET e ainda conhecer sobre a experiência do Felipe Pivetta e outras universidades de grande renome internacional.

A participação dos alunos do Workshop dos Recursos de Desenvolvimento Tecnológico da ANTT trouxe para nossos alunos novas ideias de pesquisa e motivação para continuar se emprenhando nas atividades pertinentes ao programa PETER. O evento é de grande relevância para o programa que encontra nestes jovens PETERs o espírito da engenharia rodoviária aplicada amparada pela pesquisa científica.

A visita do Lapaviano e Peter da Fase 2 nos últimos 2 anos, acadêmico Felipe Pivetta a dois centros de excelência na pavimentação europeia reforça a interação esperada e o amparo e motivação que é conferido aos alunos do programa para que desenvolvam novos aprendizados, estendam suas barreiras de conhecimento e divulguem o programa que é sempre referenciado com uma iniciativa de grande potencial como já vem se consolidando. O acadêmico Guilherme Lopes, também integrante do PETER Fase 2 está neste momento cursando sua dupla diplomação da França e também é motivo de orgulho do grupo.

Com a finalização de mais um trimestre de atividades, considera-se satisfatória e importante à participação do programa nas atividades acadêmicas desenvolvidas e no estágio junto a concessionária Triunfo|Concepá, constatando assim um crescimento na formação especial dos alunos com foco na engenharia rodoviária, proposta com contínua e plena expansão.

## 9 OITAVO TRIMESTRE

O oitavo, e último trimestre do programa PETER 2, entre os meses de outubro e dezembro de 2017 transcorreu conforme previsto sendo sobretudo marcado pela discussões e organização do novo programa PETER que passará a ser um convenio com a Concessionária Via -040 pelo período de 2 anos. Este trimestre contou com a participação dos integrantes do programa PETER/CONCEPA no XXXI ANPET e também com a ilustre visita do professor Richard Kim para palestrar em um dos nossos cafezinhos rodoviários – um dos mais ilustres pesquisadores da atualidade no segmento da pavimentação rodoviária nas pesquisas norte-americanas de aplicação da teoria de viscoelasticidade na avaliação do comportamento mecânico de materiais asfálticos.

### 9.1 COMPOSIÇÃO DO QUADRO PETER-LAPAV

O quadro do grupo de alunos PETER para o presente trimestre da Fase 2 conta com 1 tutor, 2 líder, 4 bolsistas e um estagiário do curso técnico de estradas. O quadro do grupo teve algumas uma modificações durante o período do presente relatório, onde houve o desligamento do bolsista Júnior Vicenzi pelo bolsista Felipe Pivetta. A troca ocorreu em função do atraso na aprovação do PETER – VIA040 que acabou por não acontecer no período previsto e será iniciado apenas em 2018. Desta forma, o grupo perdeu uma série de bolsistas e um dos atuais PETER optou pela busca num posicionamento no mercado da Engenharia tendo passado à estagiário de uma empresa da construção civil. Com isto, foi possível relocate um dos PETERS que estavam no aguardo do PETER VIA040 até o término do atual projeto, sem qualquer prejuízo de sobreposição, considerando que o término da presente pesquisa se deu em Dezembro-2017 e o novo Programa PETER VIA40 apenas em Janeiro de 2018. Na mesma direção, houve ainda a troca de uns dos líderes no mês de Dezembro para o mestrande Douglas Mocelin, já que a jovem Mestre Natália Mensch angariou posicionamento no mercado de trabalho, passando a ocupar cargo junto à empresa projetista do segmento rodoviário. O quadro então ficou assim composto:

**4º Trimestre de 2017**

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Douglas Martins Mocelin
Líder 2	Gracieli Bordin Colpo
Bolsista 1	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 2	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 3	Gustavo Firmino
Bolsista 4	Douglas Engelke
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

## 9.2 ATIVIDADES TRIMESTRAIS

### 9.2.1 Chamada para nova seleção

Com a aprovação do PETER VIA 040 foi aberta nova seleção para 4 bolsista da graduação. O cartaz de divulgação está apresentado na Figura 154Figura 139. Os currículos foram recebidos formam analisados e farão parte do novo programa. Tendo em vista que o PETER se conceitua como um programa de treinamento especial com duração de cinco ano foi dada uma atenção especial aos anos do primeiro ano de graduação durante a disciplina de Introdução a Engenharia Civil(Figura 155) no Painel de oportunidades. Na ocasião os bolsistas e líderes explanaram sobre as atividades, linhas de pesquisas e oportunidades dentro do programa PETER, bem como, no LAPAV/UFRGS, como mostra a apresentação no Anexo R.



Figura 154 – Chamada nova seleção – PETER VIA040



Figura 155 – Aula de Introdução a Engenharia Civil

### 9.2.2 Atividades Laboratoriais

Durante o período que comprehende o presente relatório as atividades laboratoriais e de pesquisa seguiram com normalidade. As atividades realizadas foram de organizada pelos líderes dos setores. Na Figura 156, a seguir, pode-se visualizar algumas das atividades realizadas nos últimos meses, tais como refluxo, granulometria de misturas asfálticas, volumetria de corpos de prova e ensaios de fadiga a tração direta. Os PETERs são sempre muito hábeis no desenvolvimento de suas próprias pesquisas, na participação dos trabalhos de dissertação de mestrado e doutorado, além de auxiliar nos trabalhos de conclusões de curso de outros colegas e também de participar de pesquisas da Universidade.



Figura 156 – Atividades laboratorial

### 9.2.3 Levantamento de campo – BR-116/RS

Em novembro de serem sequência aos levantamentos de campo na BR-116/RS. O monitoramento é realizado de forma contínua devido a instalação dos sensores da aluna Gracieli Colpo para o estudo de sua tese de doutorado. Os ensaios realizados no levantamento de campo podem ser vistos na Figura 157.



Figura 157 – Levantamento de Campo da BR 116/RS

Na oportunidade foram realizados ensaios de macro e micro textura utilizados para verificar as condições da superfície do pavimento, bem como ensaios deflectométricos com a viga Benkelman para verificar as condições estruturais do pavimentos e utilizou-se a treliça metálica para verificação de afundamento de trilha de roda.

### 9.2.4 Cafezinho Rodoviário

Um dos objetivos do Programa PETER é a realização periódica de Cafezinhos Rodoviários, com o intuito de divulgar as atividades de pesquisa desenvolvidas pelos Lapavianos. Muitas vezes bolsistas e pesquisadores desenvolvem sua pesquisa dentro do laboratório,

recebendo ajuda de todos, porém na maioria das vezes poucas pessoas realmente sabem o assunto que é abordado ou qual os resultados obtidos.

Dessa forma proporciona-se uma interação entre os pesquisadores e os bolsistas para debate de ideias e crescimento profissional, além de proporcionar uma maior participação dos bolsistas de IC que através destas atividades tomam conhecimento de assuntos em destaque no meio rodoviário. Além disso a oportunidade prepara os alunos para futuras apresentações em congressos auxiliando o seu desenvolvimento acadêmico.

Esse trimestre contamos com dois cafezinhos rodoviários. O primeiro ocorreu no dia 13 de outubro de 2017 no próprio LAPAV (Figura 158). Esse encontro possuiu como intuito a preparação e divulgação entre os bolsistas para o Salão de Iniciação Científica da UFRGS de 2017 (SIC/UFRGS). O SIC/UFRGS constitui-se de um espaço para a divulgação, a promoção e o acompanhamento dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos de graduação. Este ano tivemos a participação



Figura 158 – Cafezinho Rodoviário

O Anexo S mostra as apresentações realizadas no Cafezinho Rodoviário.

O segundo cafezinho foi realizado no dia 6 de novembro de 2017 no LAPAV/UFRGS durante o período da manhã. Na ocasião o professor Dr. Richard Kim da Universidade da Carolina do Norte acompanhado do Dr. Luís Nascimento da Petrobras visitaram as dependências do laboratório e os alunos puderam se apresentar para ambos. A seguir, na Figura 159, estão apresentados os registros fotográficos da visita.



Figura 159 – Cafezinho Rodoviário com o Dr. Richard Kim

A Figura 160 apresenta o cartaz de chamada para o evento.

Durante o período da tarde o Dr. Richard Kim palestrou sobre modelos de previsão para misturas asfálticas no Auditório Nascente do Prédio Centenário - Figura 161. O Dr. Richard Kim é referência mundial em análises viscoelásticas e previsão de comportamento de misturas asfálticas, sendo assim uma grande oportunidade para os bolsistas aprenderem mais sobre o assunto.

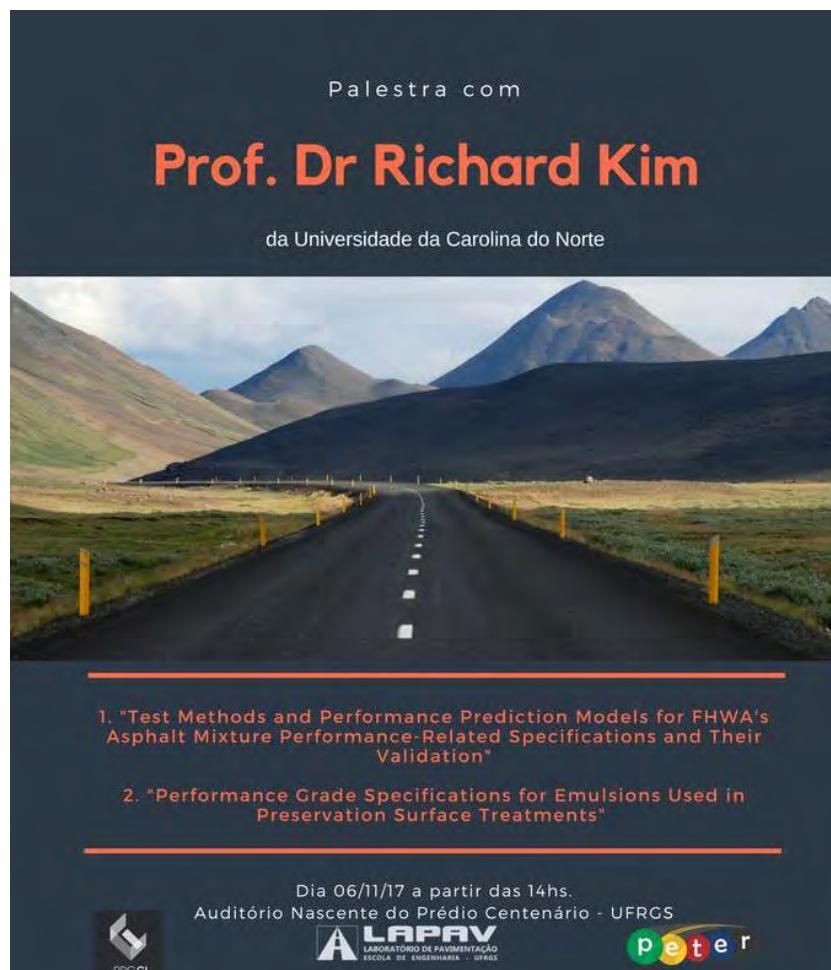


Figura 160 – Cartaz de chamada para o Cafázinho Rodoviário com Dr. Richard Kim



Figura 161 – Palestra com Dr. Richard Kim

### 9.2.5 Salão de Iniciação Científica

Os lapavianos realizaram suas apresentações durante o XXIX Salão de Iniciação Científica da UFRGS. O quadro a seguir apresenta o nome dos bolsistas e o título do trabalho:

Bolsista	Título do trabalho
Douglas Engelke	Influência da melhoria da infraestrutura na interseção de uma avenida com uma rodovia federal na redução de acidentes
Felipe do Canto Pivetta	Caracterização do efeito de self-healing em concreto asfáltico moldado com fibras de lã e aço
Eduarda Fontoura	Óleo de cozinha como agente rejuvenescedor asfáltico
Débora Cardoso da Silva	Bioasfalto: uma avaliação da composição de ligantes biodegradáveis
Júnior Rodrigo Vicenzi	Análise das propriedades mecânicas de misturas a quente com inserção de diferentes teores de material asfáltico reciclado

As apresentações da seção de Geotecnia ocorrem no dia 16 de outubro de 2017 e a Figura 162 demonstra a realização das apresentações.



Figura 162 – Apresentações SIC – 16/10/2017

Nosso bolsista Felipe do Canto Pivetta foi escolhido destaque da seção de Geotecnia e indicado ao prêmio Jovem Pesquisador (Figura 163).



Figura 163 – Recebimento do destaque de seção

#### 9.2.6 Artigos em congresso nacional

Os bolsista quintanistas do programa PETER/CONCEPA apresentaram suas comunicações técnicas para a XXXI ANPET ocorreu em Recife nos dias 29/10 a 01/11 com os títulos apresentados na tabela a seguir. O bolsista Douglas Engelke, quartanista PETER, mas que vem também desenvolvendo suas atividades na Concepa conseguiu aprovação no seu trabalho.

Bolsista	Título do trabalho
Douglas Engelke	Avaliação da capacidade da rodovia BR-290/RS com a implementação da quarta faixa
Filipe Pereira dos Reis	Avaliação da influência da sobrecarga dos veículos pesados na rodovia BR-290/RS
Gustavo Firmino	Análise da accidentalidade da rodovia BR-290/RS com a implementação da quarta faixa

A Figura 164 apresenta a participação dos bolsistas e lapavianos no congresso.



Figura 164 –Participação ANPET

Nossa líder Graciele Colpo também apresentou durante a XXI ANPET seu trabalho com o título Comportamento à fadiga de misturas asfálticas por meio de ensaios laboratoriais e instrumentação *in situ*. O tutor Lélio Brito também apresentou na Rede de Asfalto da Petrobras o projeto a ser desenvolvido no LAPAV pelos próximos 3 anos sobre geração de energia através de pavimentos.

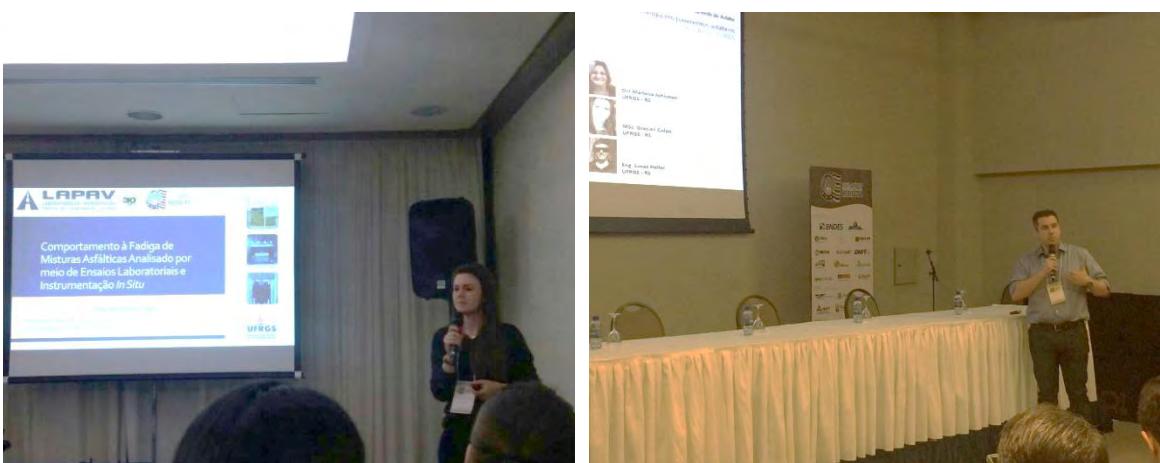


Figura 165 – Apresentações ANPET

## 9.3 ATIVIDADES ADICIONAIS

### 9.3.1 XXVIII CRICTE

Nos dias 15 a 17 de novembro 2017 aconteceu na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI) na cidade de Ijuí-RS. Na oportunidade participaram o bolsista Felipe Pivetta e as lapavianas Natália Mensch e Eduarda Fontoura. Durante o congresso o bolsista Felipe apresentou o trabalho Estudo da regeneração de misturas asfálticas a partir de indução magnética (Figura 166).



Figura 166 – XXVIII CRICTE

### 9.3.2 XIX CILA

Nossa equipe também participou do XIX Congresso Ibero-Latinoamericano del Asfalto na cidade de Medellín na Colômbia durante os dias 27 a 30 de novembro. Na ocasião foram apresentados os trabalhos listados a seguir. Os trabalhos foram apresentados pelo Tutor Lélio Brito (Figura 167)

Autores	Título do trabalho
Eduarda Fontoura, Douglas Mocelin, Natália Mensch, Lélio Brito e Jorge Ceratti	Óleo de cozinha como agente rejuvenescedor asfáltico
Klaus Machado Theisen, Felipe do Canto Pivetta, Lélio Antônio Teixeira Brito, Jorge Augusto Pereira Ceratti	Proposta de Modelo Para Ajuste e Interpretação de Resultados de Ensaio de Flow Number em Diferentes Misturas Asfálticas
Lélio Antônio Teixeira Brito, Lucas Fraporti Heller, Daniel Hastenpflug, Keli Malmann, Fabio Hirsch	Influência da Temperatura no Comportamento de Pavimentos Flexíveis – Uma Análise Direcionada Às Ilhas de Calor

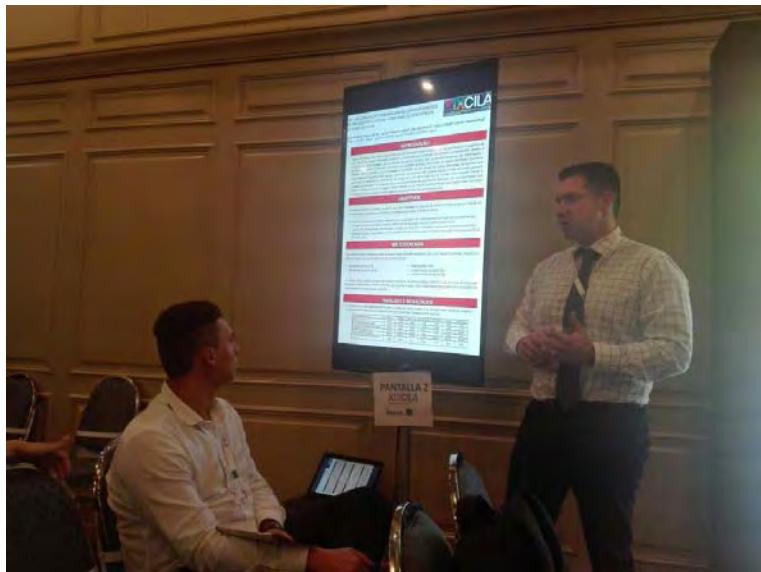


Figura 167 – XIX CILA

### 9.3.3 CAP Móvel

A Grega Asfalto elaborou e executou um projeto de laboratório móvel para ser utilizado no controle tecnológico de ligantes e misturas asfálticas conhecido como CAP Móvel. Como este laboratório é uma inovação na área, os técnicos da Greca Asfaltos realizaram uma visita ao LAPAV para que pudermos conhecer mais sobre esta estrutura e ver como ela funciona (Figura 168Figura 152). Foi uma boa oportunidade para todos observarmos a importância e a organização envolvida nas atividades de controle tecnológico.



Figura 168 – CAP Móvel e equipe LAPAV

### 9.3.4 Visita alunos ULBRA

No dia 17 de novembro de 2017 o LAPAV/UFRGS recebeu a visita dos alunos de graduação da Universidade Luterana do Brasil da unidade de Porto Alegre da turma da líder Graciele

Colpo. Os alunos conheceram as dependências do laboratório e os ensaios e procedimentos realizados. A Figura 169 apresentam o registro fotográfico da visita.



Figura 169 – Visita alunos ULBRA

### 9.3.5 Confraternização de final de ano

Para o encerramento das atividades do ano de 2017 a equipe do LAPAV organizou uma confraternização com o nosso tradicional churrasco (Figura 171 e Figura 171). Tivemos a participação dos professores, alunos e colaboradores para festejar mais um ano de sucesso no desenvolvimento de nossas atividades.



Figura 170 – Confraternização de final de ano



Figura 171 – Confraternização de final de ano

#### 9.4 CONCLUSÕES DO OITAVO, E ÚLTIMO, TRIMESTRE

O oitavo, e último trimestre de 2017 transcorreu conforme planejado. Neste trimestre os bolsistas definiram obtiveram um avanço no desenvolvimento científico com a aprovação de seus artigos no SIC/UFRGS e a ANPET. Conforme descrito no decorrer deste capítulo, ocorreram saídas de campo, atividades de laboratório e os encontros supervisionados como quinzenais com os quartanistas e trimestrais com os alunos do quinto ano.

As atividades externas contribuíram para o conhecimento e formação dos PETERs, onde puderam vivenciar atividades corriqueiras da área da engenharia rodoviária em campo, com participações inclusive internacionais neste trimestre. A participação na ANPET teve especial sabor para os PETERs que fizeram sua primeira publicação com congresso nacional e puderam ir à Recife apresentar seus trabalhos... todos ficaram muito contentes com a oportunidade.

Outro fator que foi planejado pela equipe PETER foi à realização do café rodoviário de divulgação das atividades transcorridas no trimestre no LAPAV, onde os bolsistas puderam treinar para as suas apresentações na ANPET e ainda conhecer sobre a experiência do Felipe Pivetta e outras universidades de grande renome internacional.

Com a finalização de mais um trimestre de atividades, considera-se satisfatória e importante à participação do programa nas atividades acadêmicas desenvolvidas e no estágio junto a concessionária Triunfo|Concepa, constatando assim um crescimento na formação especial dos alunos com foco na engenharia rodoviária, proposta com contínua e plena expansão.

O programa PETER hoje possui distinto renome na Escola de Engenharia e é informalmente considerado um dos grandes programas de formação. O PETER 2 fechou este trimestre com chave de ouro ao concluir um programa iniciado em 2013 e que encaminha com sua renovação para seu quinto ano de vida. É sem dúvida um programa de sucesso já com vários jovens PETERs no mercado acadêmico e profissional e que valorizam suas experiências promovidas por mais esta pesquisa RDT.

Nossos especiais agradecimentos à equipe da Triunfo | CONCEPA e ANTT, em especial à Dr. Mirian Quebaud juntamente com todos os técnicos envolvidos na GEROR por acreditar na necessidade destes recursos como forma de fomento às Universidades e aos programas de capacitação com este, além das várias outras pesquisas de enorme relevância desenvolvidas.

**ANEXO A – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DE SELEÇÃO BOLSISTAS PETER**



**PETER**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

O LAPAV, através do PETER,  
selecionará dois bolsistas voluntários  
da Engenharia Civil.

Envie seu currículo, histórico escolar  
e comprovante de matrícula para  
[peterlapav@ufrgs.br](mailto:peterlapav@ufrgs.br) até o dia 26/11.

Comece a pavimentar sua carreira.  
[www.ufrgs.br/lapav](http://www.ufrgs.br/lapav)



***ANEXO B – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DOS BOLSISTAS SELECIONADOS EM DEZEMBRO DE 2015***



**PETER**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

## **NOVOS BOLSISTAS SELECIONADOS**

Agradecemos aos mais de 30 candidatos a bolsistas voluntários e parabenizamos os novos Lapavianos:

**1º Junior Rodrigo Vicenzi  
2º Felipe do Canto Pivetta  
3º Cynthia Milech Blank**

Suplentes: Kenji Kawauchi, Josué Rodrigues  
e Eduarda Fontoura



**ANEXO C – CARTAZ DE HOMENAGEM AOS BOLSISTAS PETER SELECIONADOS**

**LAPAV**  
**informa**

**peter**

### **Novos Lapavianos**

Nos dias 3 e 4 de dezembro de 2015 ocorreram as visitas guiadas e entrevistas para bolsistas voluntários do PETER – Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária. Foram mais de 30 inscritos para a seleção, onde pudemos conhecer ótimos alunos, mas apenas três foram selecionados.

Junior Vicenzi (4º semestre), Felipe Pivetta (6º semestre) e Cynthia Blank (2º semestre) se destacaram brilhantemente e conquistaram sua vaga no LAPAV. A partir de agora será uma intensa caminhada de aprendizado, peneiramento, ensaios e pesquisas.

Agradecemos a todos os candidatos e motivamos aqueles que não foram selecionados neste momento que aguardem e candidatem-se novamente no próximo processo seletivo.

Parabéns aos novos Lapavianos!



**ANEXO D – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DA SELEÇÃO PARA PETER EM ABRIL DE 2016**



**PETER**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

O LAPAV, através do PETER,  
selecionará um bolsista do 3º ou 4º  
semestre da Engenharia Civil.

Envie seu currículo, histórico escolar  
e comprovante de matrícula para  
[peterlapav@ufrgs.br](mailto:peterlapav@ufrgs.br) até o dia 29/04.

Comece a pavimentar sua carreira.  
[www.ufrgs.br/lapav](http://www.ufrgs.br/lapav)



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



***ANEXO E – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DOS BOLSISTAS PETER SELECIONADOS EM ABRIL DE 2016***



**PETER**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

## **NOVOS BOLSISTAS SELECIONADOS**

Agradecemos aos candidatos e  
parabenizamos os novos Lapavianos

1º Guilherme Lopes  
2º Eduarda Fontoura (Voluntária)  
3º Petrick dos Santos (Suplente)

[www.ufrgs.br/lapav](http://www.ufrgs.br/lapav)



**ANEXO F – APRESENTAÇÃO – APRESENTAÇÃO “CAFEZINHO RODOVIÁRIO” – CURSO  
DE 3DMOVE – Dr. Eduardo Peter**

## Introdução ao 3D-MOVE.

Modelos mecanísticos para análise e projeto de pavimentos.  
email: peterpeter@uol.com.br

Eduardo Alcides Peter

30 de Abril de 2016



## Índice I

### 1 Introdução

- Motivação e contextualização
- Objetivos

### 2 Norma DNIT

### 3 Misturas Asfálticas

- Exercício 1

### 4 Métodos Mecanísticos

### 5 3D MOVE

- Exercício 2

**Introdução:** motivação e contextualização.

→ A pavimentação possui um papel crucial no desenvolvimento da humanidade. Através dela foi possível o desenvolvimento e expansão dos povos, assim como a realização de trocas comerciais e contato entre culturas diferentes.

→ Nos dias de hoje: papel fundamental para escoar a produção!

## Pavimento em boas condições:

- 10% das estradas federais estão em **PÉSSIMAS** condições!
- Considerando toda a malha, o índice sobe para 13%.
- Considerando outras avaliações, tais como sinalização e geometria, 24% da malha é considerada **RUIM** ou **PÉSSIMA**.
- Modal rodoviário: 60% do transporte de cargas e 90% do transporte de passageiros!!

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. Pesquisa CNT de rodovias 2014: relatório gerencial. Brasília, 2014.

- Transporte mais rápido, seguro e eficiente.
- Menos gastos com manutenção e combustível.
- Menos desgaste para o motorista.
- Mais segurança.

**Bem social e econômico.**

- Brasil: recursos ESCASSOS.
- Os recursos deveriam ser aplicados de forma eficiente!
- Isto implica em investimentos em ensino, pesquisa e extensão!
- Consequência direta: desenvolvimento de novos (e melhores) materiais, desenvolvimento da metodologia de projeto... Isto leva, a médio e longo prazo, a uma grande economia com manutenção do pavimento. O dinheiro economizado poderia ser realocado com a finalidade de aumentar a malha existente!

- Cerca de 95% das estradas pavimentadas do Brasil são de revestimento asfáltico!!
- Por este motivo, os pavimentos flexíveis são tema desta apresentação.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G. da; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 1. ed. (3. reimp.). Rio de Janeiro: Petrobras, Abeda, 2006 (reimpr. 2010).

**Introdução:** objetivos.

Os principais objetivos desta apresentação são:

- Convencer os alunos da importância dos modelos mecanísticos para o dimensionamento de pavimentos.
- Apresentar aos alunos o software 3D MOVE.

**NORMA DNIT.**

Por onde começar o dimensionamento de um pavimento?

Aliás... O que é dimensionar um pavimento?



Figura: Esquema simplificado de um pavimento.

## Norma:

Quais são os fatores que interferem no dimensionamento de um pavimento?

O que diz a nossa norma sobre dimensionamento de pavimentos com revestimento asfáltico (pavimentos flexíveis)?

## Método do DNIT:

- Baseado no ensaio CBR (ou Índice de Suporte Califórnia – IS) do subleito e materiais granulares.
- Estabelece valores mínimos de CBR para cada uma das camadas do pavimento.
- Estabelece limites toleráveis de expansão dos materiais.

## Método do DNIT:

### Determinação das Espessuras

→ Dependência com relação ao número  $N$  de eixos passantes: isto determina a espessura total do pavimento no caso do pavimento ser formado apenas por camada granular. Há uma fórmula empírica para isto (na norma são mostradas curvas):

$$H_{total} = 77.67 N^{0.0482} IS^{0.598} \quad (1)$$

- A norma estabelece espessuras máximas e mínimas de camadas.
- Utilização de coeficientes de equivalência estrutural propostos pela AASHTO.
- Assume-se que haja boa drenagem.



Figura: Esquema proposto pela norma.

TABELA - 6

Componentes do pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa.	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa.	1,40 <sup>1</sup>
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm <sup>2</sup>	1,70
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 45 e 28 kg/cm <sup>2</sup> .	1,40
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 28 e 21 kg/cm <sup>2</sup> .	1,20
Bases de Solo — Cal	1,20

Figura: Coeficiente de equivalência estrutural.

TABELA – 7

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tramentos 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.

Metodologia totalmente empírica dos anos 80.  
 → Método baseado na preservação do subleito.  
 → O número  $N$  cresceu muito nos últimos anos.

Figura: Espessura da camada asfáltica.

Necessidade de desenvolvimento de outros métodos com o objetivo de prever outros fenômenos que levam à deterioração do pavimento:  
 → Fadiga.  
 → Ruptura do subleito.  
 → Afundamento de trilha de roda (Deformação permanente).

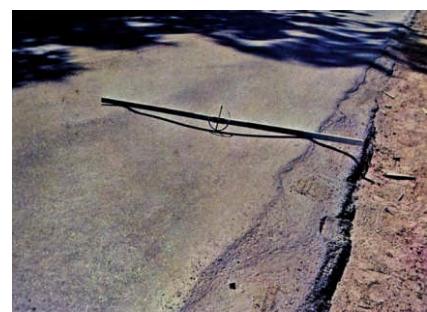


Figura: Afundamento de trilha de roda (DNIT 005/2003-TER).



Muitos fatores podem ser determinantes para a vida do pavimento, tais como:

- A temperatura da camada asfáltica.
- A distribuição de velocidades do tráfego.
- A distribuição de carga dos veículos.
- A presença de água!!!!

Figura: Trincas causadas por fadiga (DNIT 005/2003-TER).

## Misturas Asfálticas.

### Misturas Asfálticas

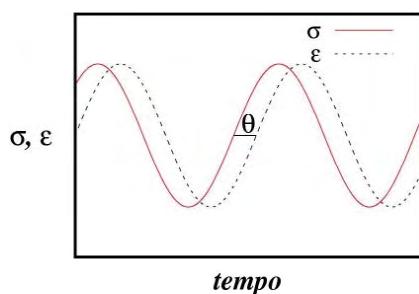
- Pensadas como materiais visco-elásticos lineares!
- Isto é: suas propriedades dependem da sua TEMPERATURA e da TAXA DE APLICAÇÃO DA CARGA/FORÇA!

Materiais lineares: são descritos, basicamente, por seu módulo de elasticidade,  $E$ , e seu coeficiente de Poisson,  $\nu$ .

Materiais visco-elástico lineares: parte da deformação causada pela aplicação de uma carga/força sobre o material permanece depois de retirada a carga/força.

Além disto, o módulo complexo (similar ao módulo de elasticidade) e o coeficiente de Poisson são dependentes da temperatura e da taxa de aplicação de carga. A equação que descreve o módulo complexo para diferentes temperaturas e diferentes frequências é chamada de CURVA MESTRA (*master curve*).

A resposta (deformação) à aplicação de uma tensão sobre o material não é instantânea.



O módulo complexo pode ser representado como:

$$E^* = \frac{\sigma}{\epsilon} e^{i\theta} = E_R + iE_i, \quad (2)$$

ou:

$$|E^*| = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}, \quad (3)$$

onde  $\sigma_0$  e  $\epsilon_0$  são as tensões e deformações máximas.

Figura: Tensão e Deformação vs. tempo. Aqui,  $\theta$  é o ângulo de fase.

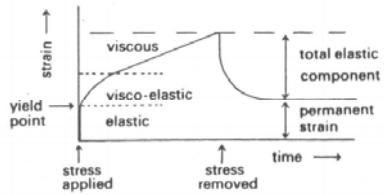


Figure 7.2 Ideal strain-time relationship for a typical plastic material deformed above its yield point.

Figura: Deformação vs. tempo para material viscoso.

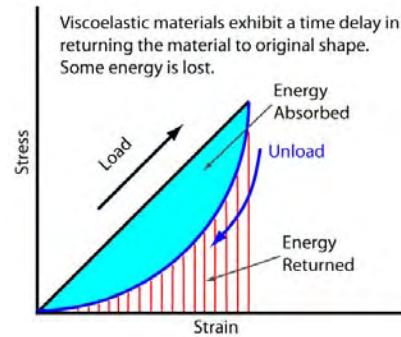


Figura: Deformação vs. Tensão.

Vários modelos tentam descrever o comportamento visco-elástico linear dos materiais através de sistemas de molas e amortecedores. Onde as molas costumam representar o comportamento elástico dos materiais e os amortecedores o comportamento viscoso.

Como exemplos de modelos com análogo físico, tem-se os modelos de:

- Maxwell.
- Kelvin.
- Burger.
- Maxwell generalizado.
- Kelvin generalizado.
- Huet-Sayegh.

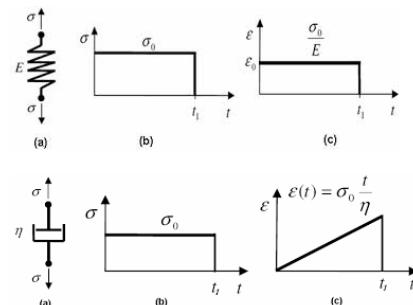


Figura: Deformação e Tensão vs. Tempo, para uma mola e um amortecedor.

Nestes modelos, as constantes das molas e dos amortecedores são funções da velocidade ou taxa de aplicação do carregamento e da temperatura.

Estes valores são obtidos através ajustes dos resultados de ensaios dinâmicos obtidos em laboratório.

O resultado final é a obtenção da curva mestra.

Existem, também, modelos puramente matemáticos. Nestes, os resultados obtidos em laboratório são ajustados conforme as diferentes funções matemáticas propostas – novamente, o resultado final é a obtenção da curva mestra.

Como exemplo, tem-se o ajuste pela curva ou função sigmoidal!

## Função Sigmoidal

$$\log|E^*| = \delta + \frac{\alpha}{1 + e^{\beta + \gamma \log(f_r)}}, \quad (4)$$

onde  $\delta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são coeficientes de ajuste e  $f_r$  é a frequência reduzida. A frequência reduzida é a frequência correspondente ao carregamento multiplicada por um fator de deslocamento (*shift factor*). Este fator,  $a_T$ , introduz as correções devido à temperatura:

$$\log a_T = \alpha_1 T^2 + \alpha_2 T + \alpha_3, \quad (5)$$

onde os  $\alpha_i$  são coeficientes de ajuste. Assim:  $f_r = f a_T$

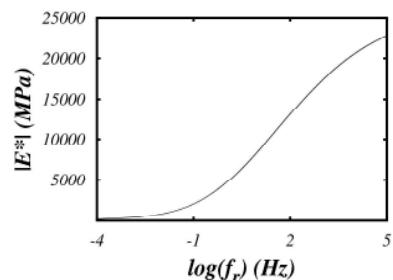
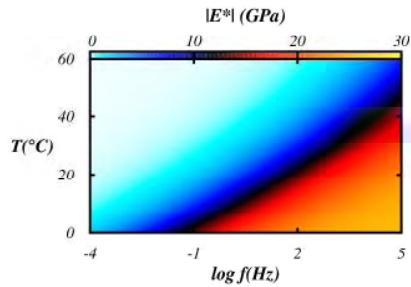
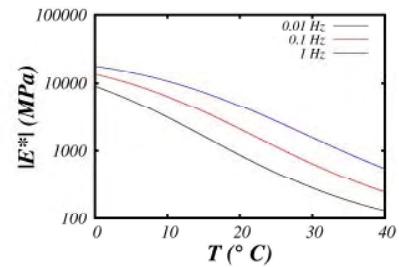
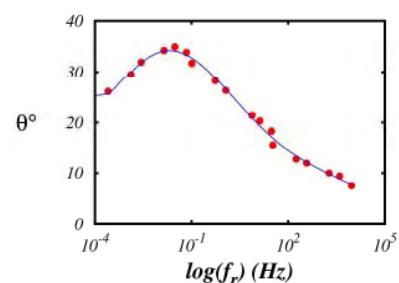


Figura: Módulo complexo vs.  $\log f_r$ .

Figura: Módulo complexo, espaço  $T$  vs.  $\log f$ .Figura: Módulo complexo vs.  $T$ .

## Ângulo de Fase

O laboratório geralmente fornece, também, uma curva do ângulo de fase  $\theta$  vs.  $\log f_r$ .

Figura: Ângulo de fase  $\theta$  vs.  $\log f_r$ . A curva sólida é um ajuste de um polinômio de grau 6.

## Exercício 1

### Exercício 1.

Considere que você tenha submetido uma amostra de uma mistura asfáltica para um laboratório capaz de executar testes dinâmicos. Sua intenção é saber o valor do módulo complexo e do ângulo de fase da mistura para diferentes temperaturas e frequências.

A curva mestra fornecida (onde a temperatura padrão é de  $20^\circ C$ ) é:

$$\log|E^*| = 1.6288 + \frac{2.79}{1 + \frac{1}{e^{0.9925+0.5610\log(f_r)}}}, \quad (6)$$

com  $|E^*|$  dado em MPa e  $f_r$  em Hz. E (lembrando que  $f_r = f * a_T$ ):

$$\log a_T = 0.00073T^2 - 0.1699T + 3.1054, \quad (7)$$

onde  $T$  é dado em  $^\circ C$ , enquanto a curva de ajuste do ângulo de fase ( $^\circ$ ) é dada por:

$$\begin{aligned} \theta = & 0.0028(\log f_r)^6 - 0.0188(\log f_r)^5 - 0.0521(\log f_r)^4 + 0.5937(\log f_r)^3 \\ & - 0.5422(\log f_r)^2 - 6.9026(\log f_r) + 27.013. \end{aligned} \quad (8)$$

Deseja-se saber o módulo complexo para as frequências de 0,1, 0,5, 1, 5, 10 e 25 Hz e para as temperaturas de 10, 16, 22, 28, 34 e 40  $^\circ C$ . Montar uma tabela em ordem crescente para  $T$  e  $f$  onde no eixo vertical está  $T$ .

Temp\Freq	0.1	0.5	1	5	10	25
10						
16						
22						
28						
34						
40						

Figura: Tabela para o módulo complexo e para o ângulo de fase.

**Resultado Ex. 1**

MPa	Temp\Freq	0.1	0.5	1	5	10	25	log(aT)	aT
	10	6353	9346	10730	13936	15248	16869	1.4794	30.15782
16	3356	5566	6730	9778	11168	13004	0.57388	3.748694	
22	1638	2969	3759	6121	7337	9077	-0.27908	0.52592	
28	799	1497	1951	3477	4361	5735	-1.07948	0.083276	
34	418	765	1002	1870	2421	3347	-1.82732	0.014883	
40	244	420	541	1006	1319	1876	-2.5226	0.003002	

Figura: Tabela para o módulo complexo.

**Resultado Ex. 1**

ÂNGULO DE FASE									
°	Temp\Freq	0.1	0.5	1	5	10	25	log(aT)	aT
10	24	19	17	14	13	11	1.4794	30.15782	
16	30	25	23	18	17	15	0.57388	3.748694	
22	34	31	29	24	22	19	-0.27908	0.52592	
28	34	34	33	30	28	25	-1.07948	0.083276	
34	30	34	34	33	32	30	-1.82732	0.014883	
40	26	30	32	34	34	33	-2.5226	0.003002	

Figura: Tabela para o ângulo de fase.

**Métodos Mecanísticos.**Vimos que  $|E^*| \rightarrow |E^*(T, f)|$ .

Além disto, parte da deformação que ocorre no pavimento a cada passagem de veículo não é recuperada. Assim, a deformação permanente do pavimento em um determinado momento é resultado do histórico das cargas que passaram por ele (e mais: depende da temperatura e da velocidade de CADA veículo que passou por ele). Se um mesmo veículo passou a 50 km/h, a deformação permanente sobre o pavimento vai ser, ao longo de toda a vida do pavimento, diferente da deformação que ocorreria caso ele passasse à 40 km/h.

Mas outros fatores não podem ser relevantes?

Certamente! Como dito anteriormente, a presença de ÁGUA pode afetar completamente a vida do pavimento.

Outros fatores: umidade, presença de GELO em lugares onde pode ocorrer precipitação de neve, envelhecimento da camada asfáltica... Além disto...

A temperatura da camada asfáltica não é a mesma em toda a espessura da camada: há um gradiente de temperatura que provoca um gradiente de tensões, que, finalmente, pode alterar a deformação do pavimento (e, em especial, da camada asfáltica).

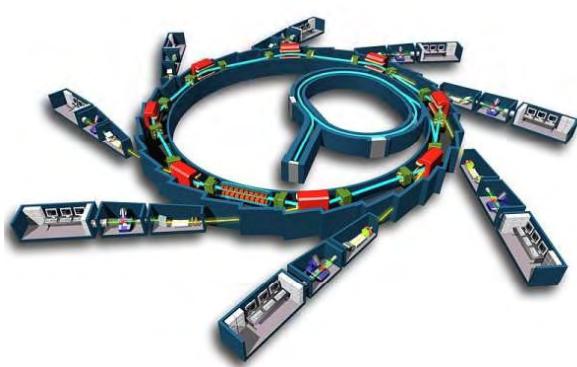
E a nossa norma?

Por que utilizar métodos mecanísticos?

Depois da revolução dos computadores, as simulações computacionais se mostraram uma ótima ferramenta para a predição e interpretação de fenômenos através da resolução numérica de modelos matemáticos complexos.

Mais do que isso: praticamente TODOS os dispositivos e máquinas de alta tecnologia construídos no mundo atualmente são projetados a partir de simulações computacionais.

Exemplo...



Por que não aplicar as simulações ao dimensionamento de pavimentos?

Figura: Sirius - Acelerador de partículas brasileiro.

O pavimento, de uma forma geral, pode ser considerado, em seus limites de aplicabilidade, um meio contínuo!  
Se o pavimento pode ser considerado como um meio contínuo, ele deve respeitar a lei de Hooke generalizada.

$$\begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_z \\ e_{xy} \\ e_{yz} \\ e_{zx} \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -v & -v & 0 & 0 & 0 \\ -v & 1 & -v & 0 & 0 & 0 \\ -v & -v & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2(1+v) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2(1+v) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2(1+v) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{bmatrix}$$

Figura: Lei de Hooke generalizada - forma matricial.

As equações mostradas de forma matricial no slide anterior representam um sistema em equilíbrio e, portanto, independente do tempo.

Mas os veículos passam sobre o pavimento: o problema é dinâmico!

Usualmente, os problemas relacionados aos meios contínuos são resolvidos pelo Método dos Elementos Finitos (MEF ou FEM). O volume estudado é discretizado, formando um malha tridimensional composta por nós e elos de ligação. Eventualmente, quando o problema apresenta simetrias (tal como é o caso dos pavimentos – EM GERAL), a abordagem tridimensional pode dar espaço a uma análise Bidimensional sem que haja perda significativa do entendimento dos fenômenos que acontecem.

Os problemas dinâmicos são frequentemente resolvidos através da consideração de uma sequência de casos estáticos! Para cada intervalo infinitesimal de tempo, o conjunto de equações para a lei de Hooke generalizada é resolvido!  
Se a malha for grande, a solução pode demorar horas, dias, meses...

Há um mercado GIGANTESCO por trás do desenvolvimento de teoremas, ferramentas e métodos computacionais que otimizem o tempo gasto nas simulações!

Dentro dos *softwares* disponíveis para a avaliação dos pavimentos flexíveis através de métodos mecanísticos, podem ser citados:

- KENPAVE
- MICHPAVE
- ANSYS
- VEROAD
- ABAQUS
- NIKE3D
- KENLAYER

Incluem-se aqui modelos em elementos finitos e em camadas, considerando ou não as propriedades visco-elásticas da camada asfáltica.

Objetivos dos métodos mecanísticos:

- Fornecer um melhor entendimento sobre os fenômenos que ocorrem em pavimentos.
- Indicar a relevância de cada parâmetro durante a vida do pavimento.

Digamos agora que nós sejamos capazes de determinar a curva mestra da mistura asfáltica e caracterizar completamente cada material constituinte do pavimento.

Além disso, digamos que sejamos capazes de prever a temperatura ao longo de todos os dias da vida do pavimento, bem como sejamos capazes de prever as características dos veículos que passam sobre a vida e suas velocidades.

A pergunta: os resultados das simulações seriam idênticos aos resultados obtidos no experimento real (ou seja, no pavimento)?

De todas as coisas ditas hoje, essa não dá para esquecer...  
NÃO!!!

Por que?

Todos esses métodos mechanísticos foram desenvolvidos de mãos dadas com os resultados obtidos através de acompanhamentos de campo!

Quanto mais complexo o método, mais coeficientes de ajustes ele possui! E esses coeficientes são calibrados através dos pavimentos reais.

Para estimar a deformação permanente na camada asfáltica, por exemplo, é necessário atribuir valores a alguns coeficientes!

Que fique claro, portanto, que embora estes métodos sejam úteis para prever algumas características do pavimento ao longo da sua vida, eles precisam ser validados através do monitoramento contínuo dos pavimentos antigos.

**É NECESSÁRIO** que haja uma rede de dados e que esta esteja disponível para os projetistas!

Com um bom banco de dados podem ser utilizados os modelos mecanísticos, obtendo-se um ótimo resultado sobre as previsões dos modelos!

O projeto para pavimento é exatamente análogo ao projeto de um elemento estrutural de um prédio, por exemplo.

→ Por um lado é preciso estimar o número  $N$  de eixos passantes no pavimento ao longo da sua vida útil E a velocidade com que os eixos passam: isto é equivalente aos cálculos de carga do elemento estrutural.

→ É preciso estimar o intervalo de temperatura do ambiente e o índice de radiação solar do lugar para selecionar a mistura asfáltica adequada para o pavimento: é como definir o tipo de concreto utilizado.

→ A geometria do elemento estrutural é semelhante ao dimensionamento das camadas e a determinação dos materiais empregados.

→ Por fim, assim como são feitas verificações do elemento estrutural com relação à flambagem, cisalhamento e etc... são feitas verificações do pavimento através das simulações: fadiga, deformação permanente, tensões no topo do subleito...

### 3D MOVE.

É um *software* disponibilizado pela University of Nevada - Reno.

Utiliza uma aproximação de camadas finitas e é baseado na mecânica do contínuo.

O programa proporciona uma infinidade de possibilidades quanto ao tráfego estimado, quanto às características do carregamento (forma da distribuição de pressões sobre o pavimento), entre outros!

Ainda que o programa não seja em elementos finitos (e sim em camadas finitas – 2D), como iremos ver, cada simulação é bastante demorada!

Isto é uma característica geral para as simulações de pavimentos.

O custo computacional LIMITA e MUITO análises mais sofisticadas.

Algumas limitações do programa:

- Fornece a deformação acumulada (e não o histórico de deformações) ao fim da vida útil do pavimento.
- Apenas UM tipo de carregamento pode ser feito.
- Apenas UM valor de temperatura é considerado ao longo da vida do pavimento.
- Apenas UM valor de velocidade é considerado ao longo da vida do pavimento.

Deformação permanente da camada asfáltica: é estimada através de uma relação entre a deformação elástica máxima na camada asfáltica, a espessura da camada asfáltica e o número  $N$  de cargas passantes ao longo da vida do pavimento.

## Exercício 2

Converter as tabelas feitas no Exercício 1 para unidades do SISTEMA IMPERIAL.

### Exercício 2.

$$^{\circ}C \rightarrow ^{\circ}F$$

$$MPa \rightarrow Psi$$

$$T(^{\circ}F) = 1.8 \times T(^{\circ}C) + 32$$

$$1 MPa \approx 145.03 Psi$$

## Exercício 2

### Exercício 2.

Psi	Temp\Freq	0.1	0.5	1	5	10	25
		50	921418	1355595	1556244	2021181	2211476
	61	486725	807338	976149	1418114	1619774	1886017
	72	237602	430562	545267	887741	1064183	1316524
	82	115920	217150	283032	504368	632441	831837
	93	60670	110970	145387	271246	351140	485482
	104	35450	60855	78483	145871	191252	272120

^	Temp\Freq	0.1	0.5	1	5	10	25
		50	24	19	17	14	13
	60.8	30	25	23	18	17	15
	71.6	34	31	29	24	22	19
	82.4	34	34	33	30	28	25
	93.2	30	34	34	33	32	30
	104	26	30	32	34	34	33

Figura: Tabelas.

## 3D MOVE

Configurar o computador para a separação das casas decimais ser com ponto .

Padrão americano!

## 3D MOVE

Preferencialmente, executar o 3D MOVE como administrador e em modo de compatibilidade com versões mais antigas do Win: WinXP, por exemplo!

## 3D MOVE Exercício 2

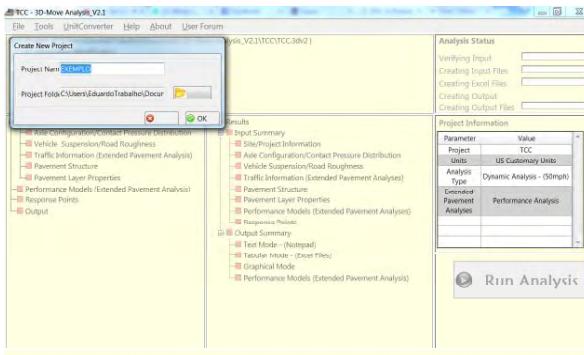


Figura: Iniciando o 3D MOVE – FILE → NEW.

## 3D MOVE Exercício 2

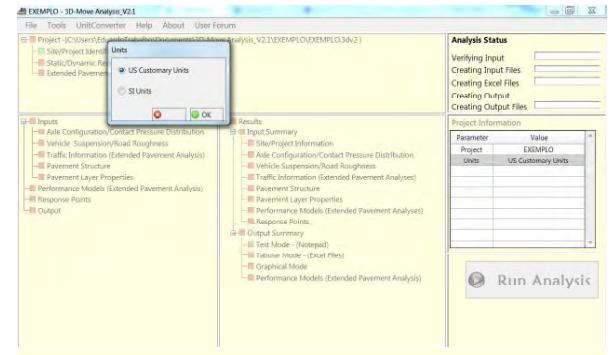


Figura: TOOLS → Units: deixar nas unidades americanas!!!

## 3D MOVE Exercício 2

## 3D MOVE Exercício 2

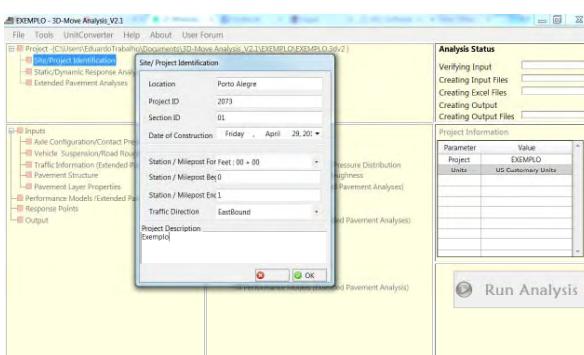


Figura: Identificação e informações do lugar simulado: OPCIONAL.

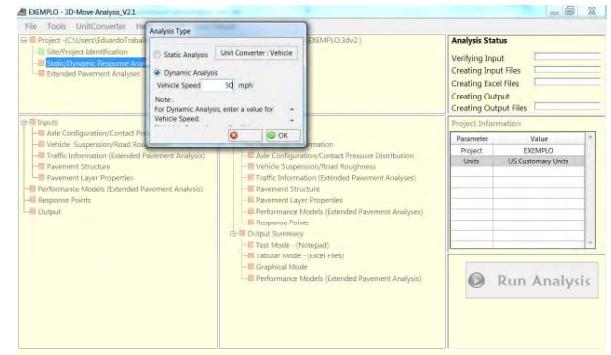


Figura: Análise estática ou dinâmica: usar dinâmica com velocidade de 25MPH, o que equivale a ~ 40km/h.

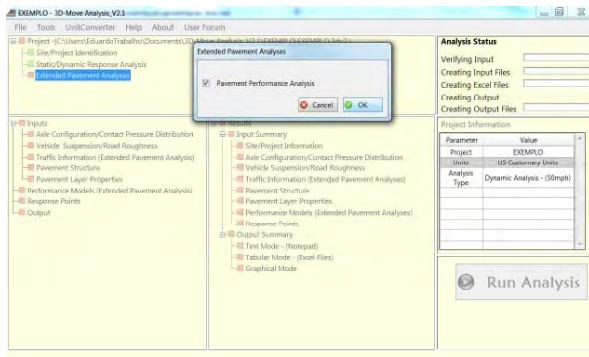


Figura: Habilitar análise de performance do pavimento!

Como dito anteriormente, o 3D MOVE possui muitas opções de configuração.

Quanto ao carregamento, podemos inserir uma distribuição de pressões ou utilizar casos pré-definidos. O programa possui um banco de dados com alguns tipos de pneus e carregamentos! Inclusive para veículos especiais (tais como empilhadeira!).

Vamos considerar o seguinte:

Uma distribuição CIRCULAR e homogênea de acordo com o semieixo padrão da norma brasileira:

Carregamento circular de  $20.5kN \sim 4608.6lb$ , a uma pressão de  $560kPa \sim 81.22Psi$ . A distância entre as rodas é de  $30cm \sim 11.811in$ .

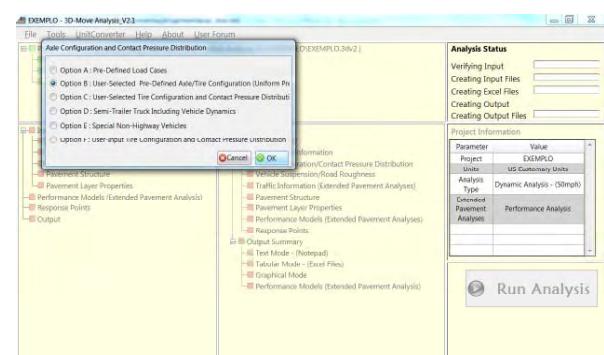


Figura: Assinalar opção B – Pressão Uniforme!

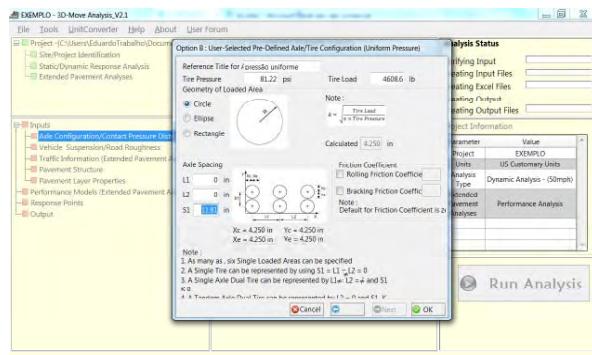


Figura: Configuração do carregamento.

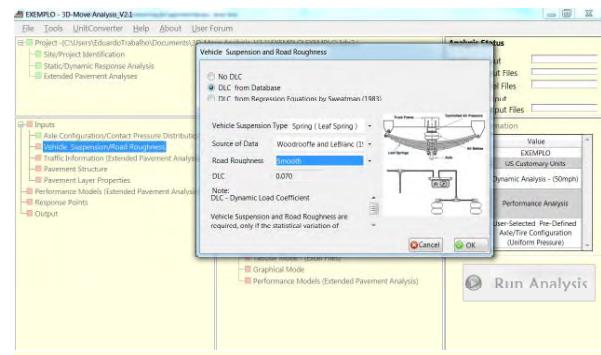


Figura: Tipo de suspensão e condição da superfície do pavimento.

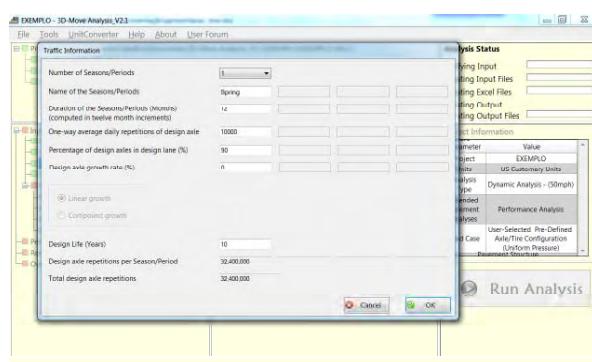
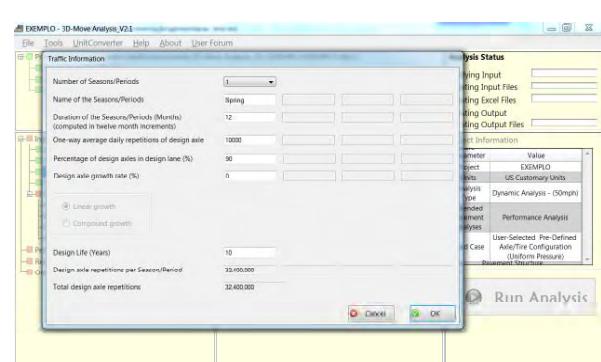
Figura: Volume de tráfego (cada um pode fazer para um valor diferente! 10 anos,  $VDM = 5000 \times N^{\circ} \text{carto}$ ).

Figura: Geometria do pavimento.

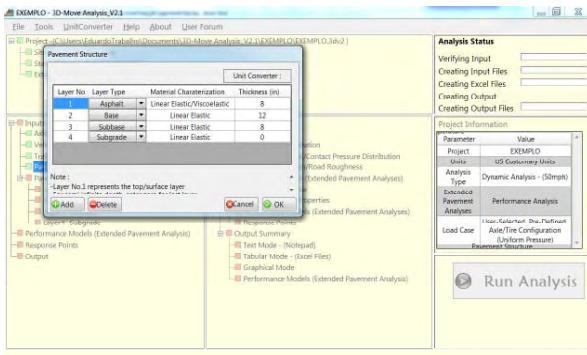


Figura: Geometria do pavimento.

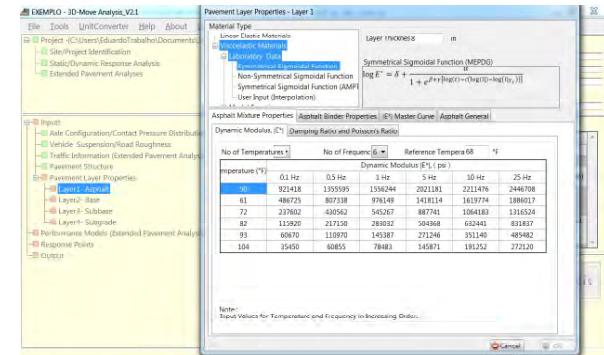


Figura: Camada Asfáltica.

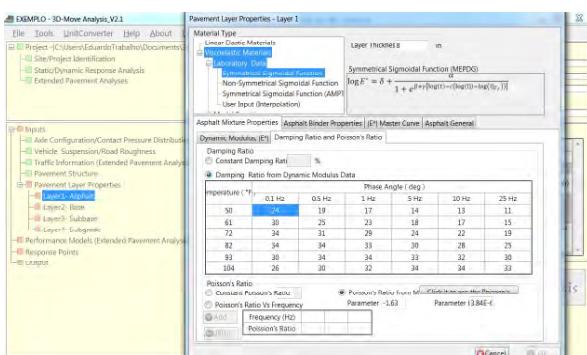


Figura: Ângulo de fase.

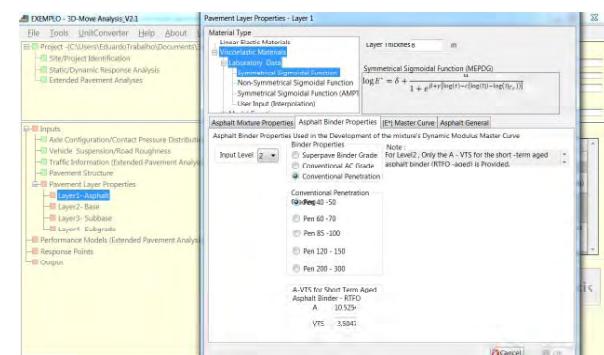


Figura: Classificação do binder.

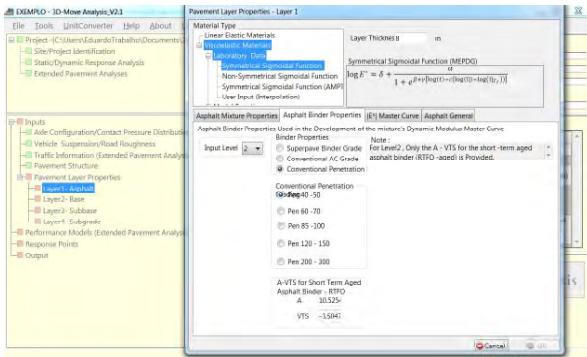


Figura: Update da curva mestra.

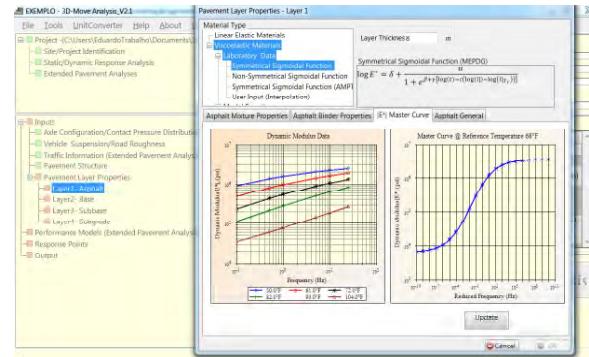


Figura: Update da curva mestra.

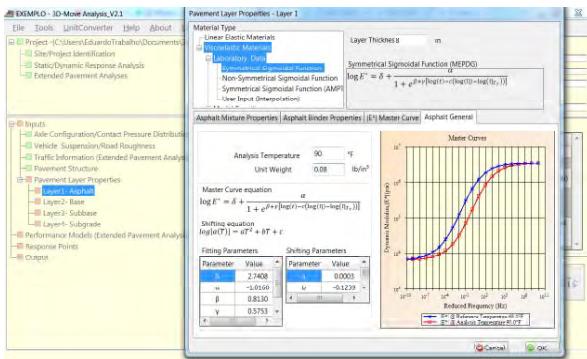
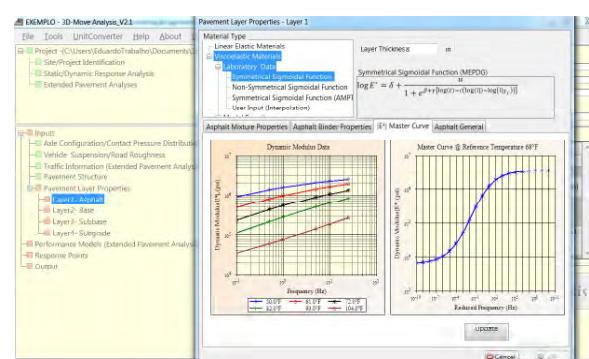
Figura: Temperatura de análise para a simulação  $90^{\circ}F \sim 32.2^{\circ}C$ . Massa específica da mistura asfáltica  $2200kg/m^3 \sim 0.08lb/in^3$ .

Figura: Lembrar de dar UPDATE na curva novamente!

Notar que a função sigmoide do 3D MOVE é diferente!

Coeficientes diferentes para o fator de deslocamento! UNIDADES DIFERENTES!

Novo parâmetro: envelhecimento da mistura!

Propriedades das Camadas				
Camada	Camada Asfáltica	Base	Sub-base	Subleito
Espessura (cm)	15	25	20	$\infty$
Módulo de Elasticidade (MPa)	Curva Mestra	276	250	120
Coeficiente de Poisson	Modelo	0,35	0,35	0,40
Peso Específico ( $kg/m^3$ )	2200	1940	1940	1700

Figura: Propriedades das camadas.

Propriedades das Camadas				
Camada	Camada Asfáltica	Base	Sub-base	Subleito
Espessura (cm)	15	25	20	$\infty$
Módulo de Elasticidade (MPa)	Curva Mestra	276	250	120
Coeficiente de Poisson	Modelo	0,35	0,35	0,40
Peso Específico ( $kg/m^3$ )	2200	1940	1940	1700

Figura: Propriedades das camadas.

Camadas	Peso Específico		Camadas	Mod. Elast.	
	kg/m3	lb/in3		MPa	Psi
Asf.	2200	0.08	Asf.	-	-
Base	1940	0.07	Base	276	40000
Sub-base	1940	0.07	Sub-base	250	36259
Subleito	1700	0.0614	Subleito	120	17404

Camadas	Poisson
Asf.	-
Base	0.35
Sub-base	0.35
Subleito	0.40

Figura: Propriedades das camadas.

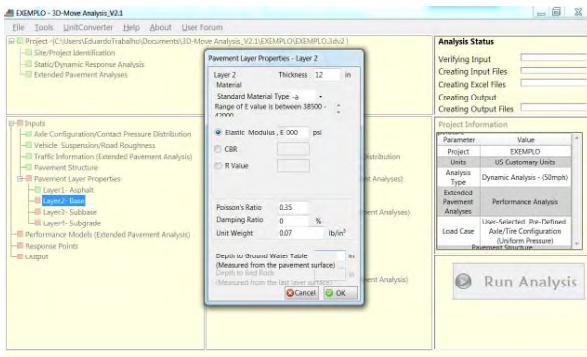


Figura: Base: colocar o NA baixo ~ 200in.

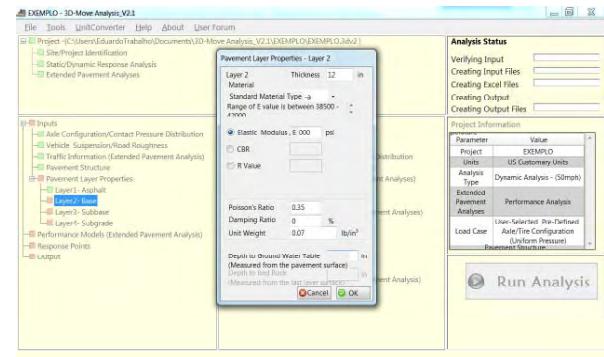


Figura: Base: colocar o NA baixo ~ 200in.

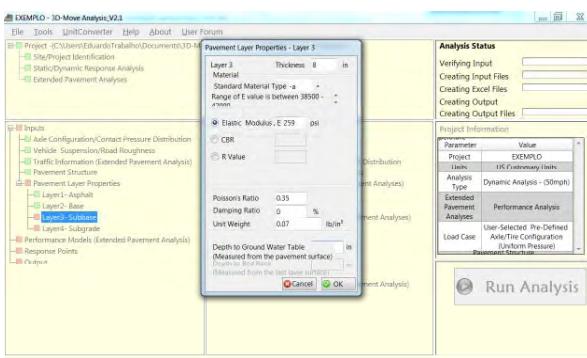


Figura: Sub-base.

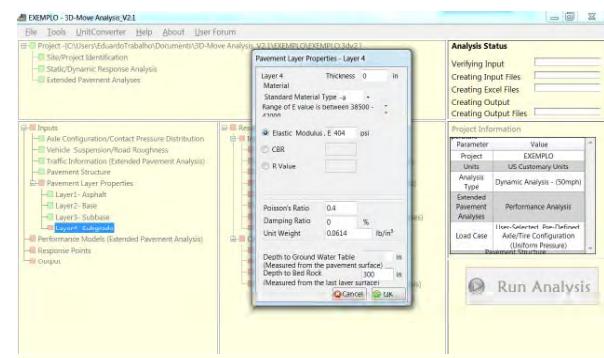


Figura: Subleito: colocar a rocha numa profundidade grande ~ 300in.

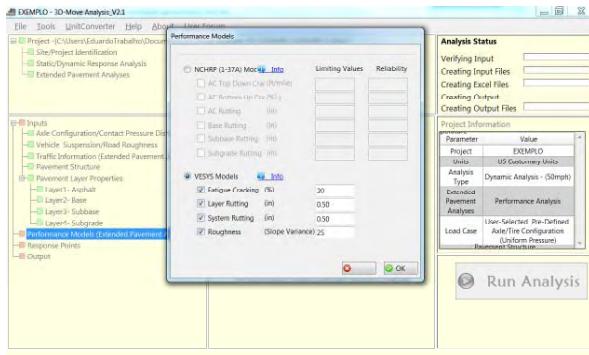


Figura: Escolha do tipo de modelo de performance: VESYS.

National Cooperative Highway Research Program: % de vazios! Boa análise de fadiga!

VESYS: não precisa dos vazios. Mais geral!

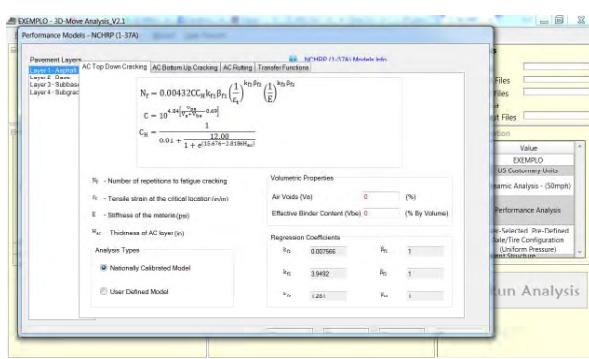


Figura: NCHRP.

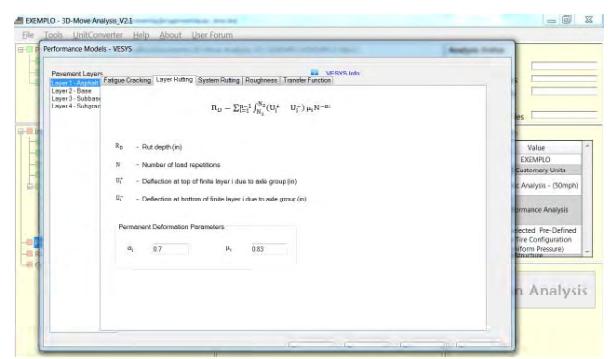
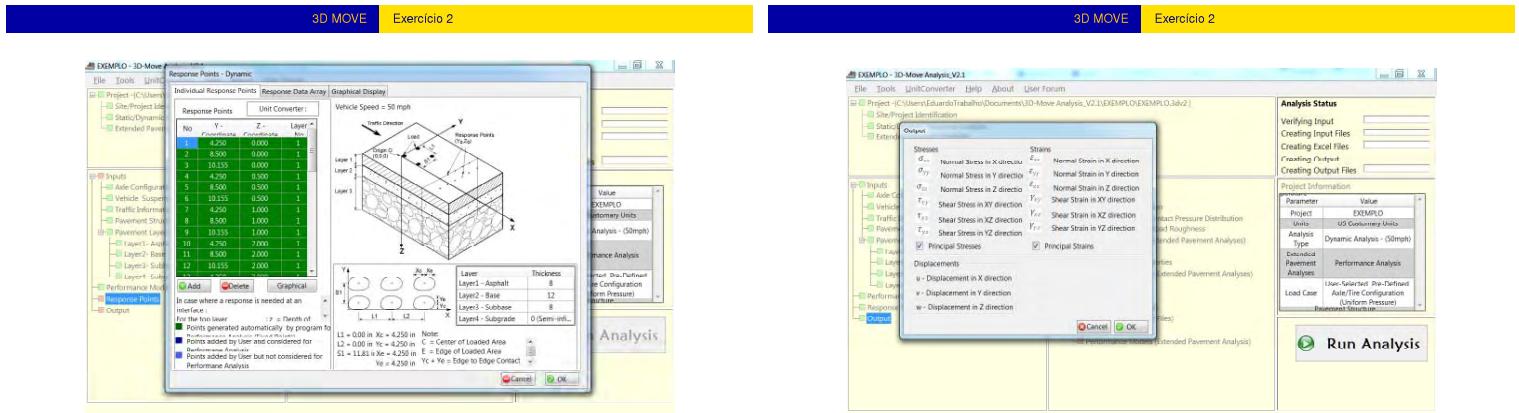
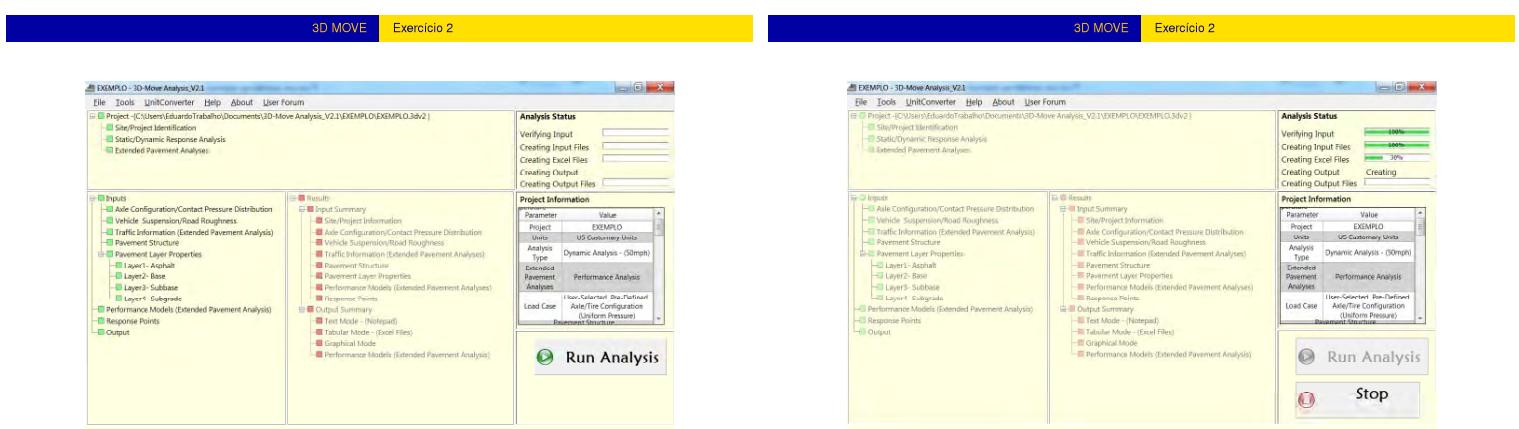


Figura: VESYS.



**Figura:** Pontos de interesse para análise: verificar tensões e deformações em lugares específicos.

**Figura:** Informações dos pontos de interesse.



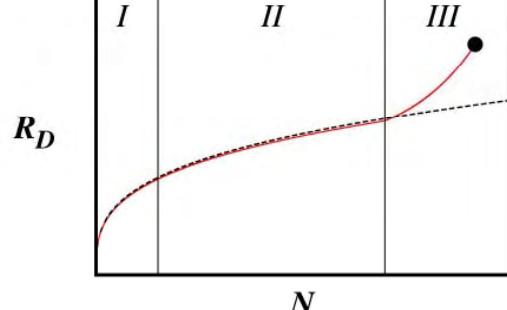
**Figura:** Rodar! Se tudo der certo... Mais uns 20 minutos.

**Figura:** DEU! ;) Dúvidas? Não deu? Chamem-me!

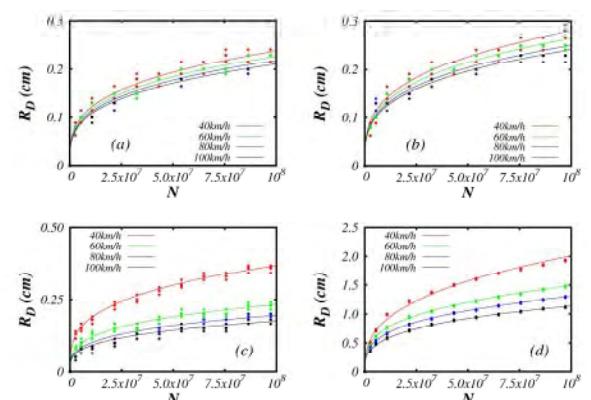


Enquanto isso...

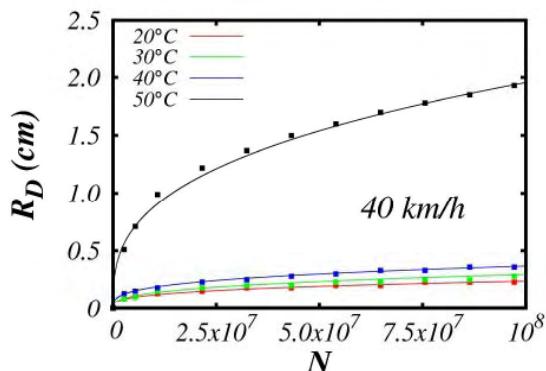
Meu TCC!



**Figura:** Evolução da deformação permanente.



**Figura:** Deformações permanentes para 4 valores de temperatura 20, 30, 40 e 50°C.



Relatórios de saída do 3D MOVE

Figura: Deformações permanentes para a velocidade de 40km/h.

Toda a parte de *input* é devotada às informações inseridas no programa.

No sumário de saída (*Output Summary*) estão os relatórios e informações sobre os resultados! Os resultados são expressos através de relatórios, tabelas ou através de modo gráfico.

As três primeiras opções dizem respeito aos resultados durante a passagem da carga.

Pode-se retirar informações como: qual a tensão vertical máxima no topo do subleito?



Figura: Resumo dos resultados.

O último item é o mais importante! **PERFORMANCE MODELS.**

Acessando ele, temos informações sobre:

Fadiga: notem que o dano previsto é MUITO superior a 100%. O motivo disto é que os coeficientes padrão não estão ok.

Deformação permanente de cada uma das camadas: resultado em polegadas.

Se vocês quiserem aprender ainda mais sobre o 3D MOVE, ele dispõe de alguns exemplos!

Para acesá-los, basta ir em: → Help → Help Topics → Examples.

Existem cinco exemplos. Há exemplos para diferentes situações (casos estáticos e dinâmicos) e utilizando também o outro modelo de performance. Vale a pena dar uma olhada e refazê-los!

Eu sei que foi meio pesado o primeiro exercício, mas é um exemplo prático do que vocês precisarão fazer caso trabalhem com estes modelos. Vocês recebem do laboratório a curva mestra e precisam aprender a manipulá-la de acordo com o programa que lhes é disponível! Se tiveram dúvida, refaçam o exercício que eu passei. Sendo capazes de resolvê-lo, vocês estão aptos para fazer qualquer coisa com a curva!

Se tiverem qualquer dúvida sobre o programa ou curiosidade sobre o tema (e, em especial, sobre as propriedades visco-elásticas da mistura asfáltica) sintam-se à vontade para me procurar.  
Meu email é peterpeter@uol.com.br!

Estou enviando, junto à apresentação, as tabelas do excel usadas para o programa.

Antes de me despedir, quero agradecer mais uma vez pelo interesse que vocês demonstraram!  
Parabéns a todos!!



**MUITO OBRIGADO!!!!**

**ANEXO G – APRESENTAÇÃO – APRESENTAÇÃO “CAFEZINHO RODOVIÁRIO” DA  
PESQUISANDORA THAÍS KLEINERT**



## CAFÉ RODOVIÁRIO

Thaís Radünz Kleinert

**RECICLAGEM DE PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDOS COM ADIÇÃO DE  
CIMENTO: CONTRIBUIÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE UM  
MÉTODO DE DOSAGEM**

## Estrutura da apresentação

2

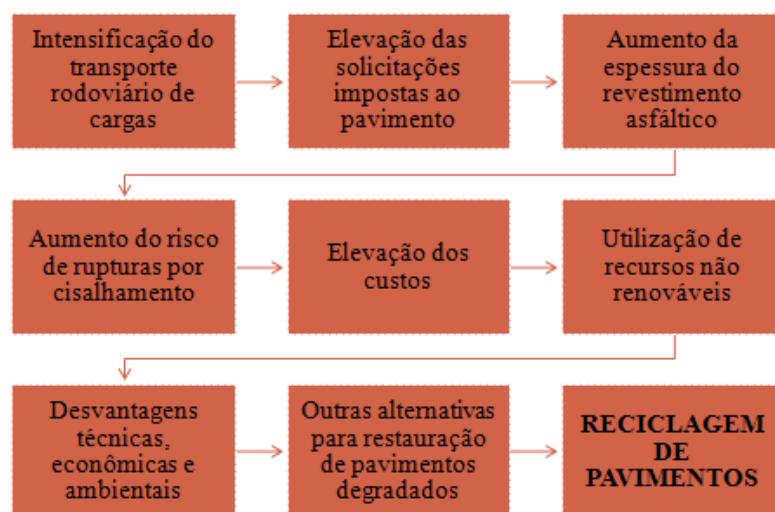
- 1 Introdução
- 2 Revisão bibliográfica
- 3 Planejamento experimental
- 4 Procedimentos metodológicos
- 5 Apresentação e análise dos resultados
- 6 Considerações finais

# Introdução

3

## Problema de pesquisa e justificativa

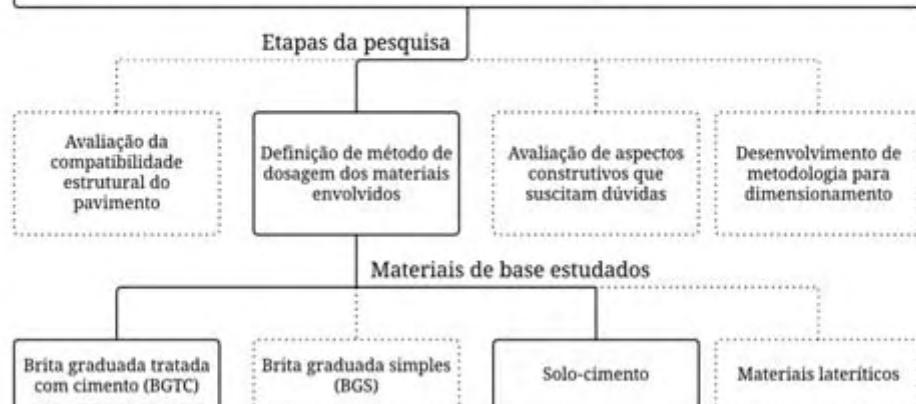
4



# Etapas da pesquisa

5

## Pesquisa Reciclagem de pavimentos com adição de cimento Portland



# Objetivo geral

6

Analisar o comportamento de misturas geradas pela reciclagem de bases rígidas e fresados asfálticos, com adição de cimento, a fim de contribuir para o desenvolvimento de um método de dosagem.

# Objetivos específicos

7

Caracterizar fisicamente os materiais de base e revestimento asfáltico empregados;

Analisar o comportamento mecânico das misturas estudadas e os fatores que o afetam;

Estudar o comportamento quanto à variação volumétrica das composições;

Verificar a durabilidade das misturas ensaiadas.

# Revisão bibliográfica

8

# Reciclagem de pavimentos

9

Fresagem do revestimento asfáltico + camadas subjacentes



↑fresado ↓ atrito ↓ compactabilidade ↓ comportamento mecânico



Necessidade do emprego de um agente estabilizador



**CIMENTO**

## Reciclagem de pavimentos com cimento Portland

10

Adição de cimento

- Elevação da resistência



Aumento da fragilidade

- Redução da flexibilidade



Limitar teores de cimento

- A fim de evitar problemas no desempenho

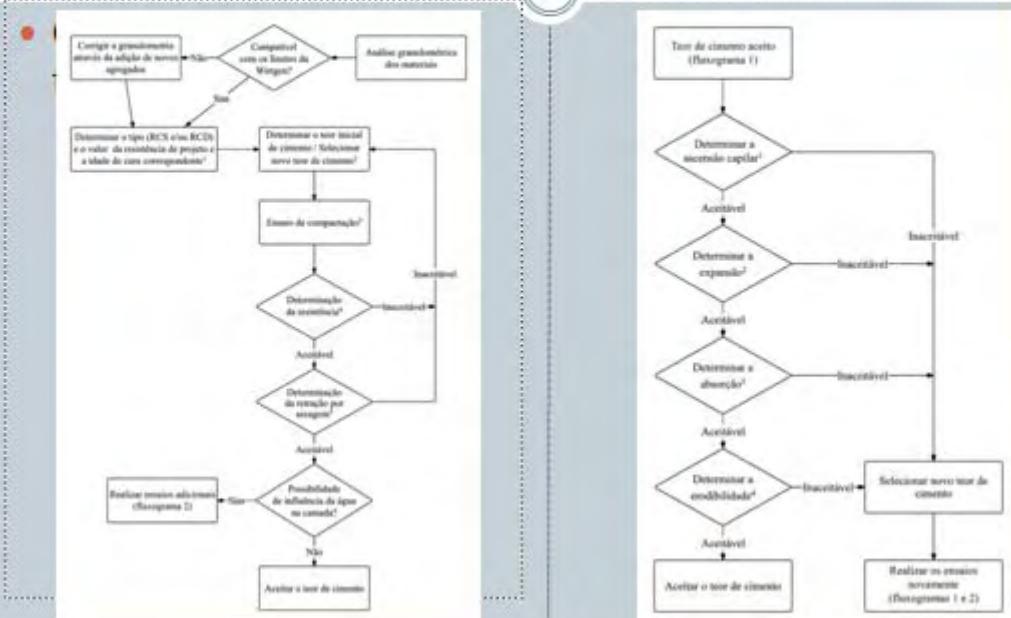


**DOSAGEM**

- Equilíbrio entre resistência, rigidez e retração

## Método de dosagem (FEDRIGO, 2015)

11



## Planejamento experimental

12

# Planejamento experimental

13

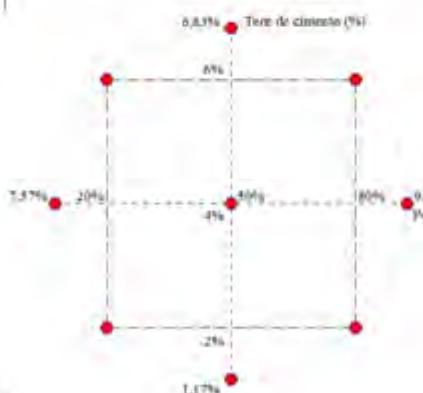


## Projeto Composto de Segunda Ordem

14

2k → estimativa de termos lineares e interações

estrela → efeitos quadráticos puros



Teor de cimento (%)	Porcentagem de fresado (%)	Porcentagem de base (%)	Nomenclatura (BGTC)	Nomenclatura (SC)
1,17	50,00	50,00	BGTC 1,17-50	SC 1,17-50
2,00	20,00	80,00	BGTC 2-20	SC 2-20
2,00	80,00	20,00	BGTC 2-80	SC 2-80
4,00	7,57	92,43	BGTC 4-7,57	SC 4-7,57
4,00	50,00	50,00	BGTC 4-50	SC 4-50
4,00	92,43	7,57	BGTC 4-92,43	SC 4-92,43
6,00	20,00	80,00	BGTC 6-20	SC 6-20
6,00	80,00	20,00	BGTC 6-80	SC 6-80
6,83	50,00	50,00	BGTC 6,83-50	SC 6,83-50

# Procedimentos metodológicos

15

## Materiais empregados

16

Cimento Portland: CP II E 32



# Métodos

17

Ensaios	Norma	Soquete	Moide	Número de camadas	Tempo de cura (dias)	CPs por ensaio
Resistência à compressão simples	DNER-ME 091	Proctor grande	Cilíndrico (10 x 20 cm)	5	3, 7 e 14	84
Resistência à tração por compressão diametral	DNIT-ME 136	Marshall	Cilíndrico / Marshall (10,2 x 6,5 cm)	1	3, 7 e 14	168*
Coeficiente de Poisson	ASTM C469/C469M	Proctor grande	Cilíndrico (10 x 20 cm)	5	14	6**
Modulo de resiliência diametral	DNIT-ME 135	Marshall	Cilíndrico / Marshall (10,2 x 6,5 cm)	1	3, 7 e 14	84
Ascenso capilar, expansão e absorção	AS 1141.53	Proctor grande	Cilíndrico / Proctor pequeno (10 x 12 cm)	3	7	28
Erodibilidade	TM-T186	Proctor grande	Cilíndrico / Proctor grande (15,24 x 11,43 cm)	5	7	28

\*Os corpos de prova ensaiados a módulo de resiliência foram reaproveitados para os ensaios de resistência à tração por compressão diametral;

\*\*Ensaio sugerido durante andamento da pesquisa e realizado apenas para as misturas centrais (4-50) em função da disponibilidade de materiais.

# Moldagem e cura

18

- RCS e Poisson:



# Moldagem e cura

19

- Ascensão capilar, expansão e absorção:



# Moldagem e cura

20

- RCD e MRD:



# Moldagem e cura

21

- Erodibilidade:



# Ensaio de resistência à compressão simples

22

- Prensa hidráulica com taxa de carregamento de 0,25 MPa/s;
- Discos de neoprene para promover a regularização das extremidades.



## Ensaio de resistência à tração por compressão diametal

23

- Aplicação de carregamento a velocidade constante de deslocamento igual a 0,8 mm/s.



## Ensaio para determinação do coeficiente de Poisson

24

- Aplicação de tensão a partir do controle manual;
- Carregar CP até atingir 40% da resistência de ruptura e descarregar até alcançar deformação longitudinal de 50 microstrain.



## Ensaio de módulo de resiliência

25

- Aplicação de 1 ciclo de carga por segundo (1 Hz);
- Aplicação de 30% da carga de ruptura na RCD.



## Ensaio de ascensão capilar, expansão e absorção

26

- Secagem em estufa até constância de massa;
- Lâmina d'água de 1 cm;
- Aferição das medidas com os CPs secos e após 72 horas de exposição à água (a cada 24 horas).



## **Ensaio de erodibilidade**

27

- Lâmina d'água de 2,5 cm por uma hora;
- Colocação de sobrecargas (6,75 kg);
- Vibração por 15 minutos em recipiente com 200 ml de água.



## **Ensaio de erodibilidade**

28

- Material lavado na peneira 8 (2,36 mm);
- Passante é seco em estufa e aferido após constância de massa.

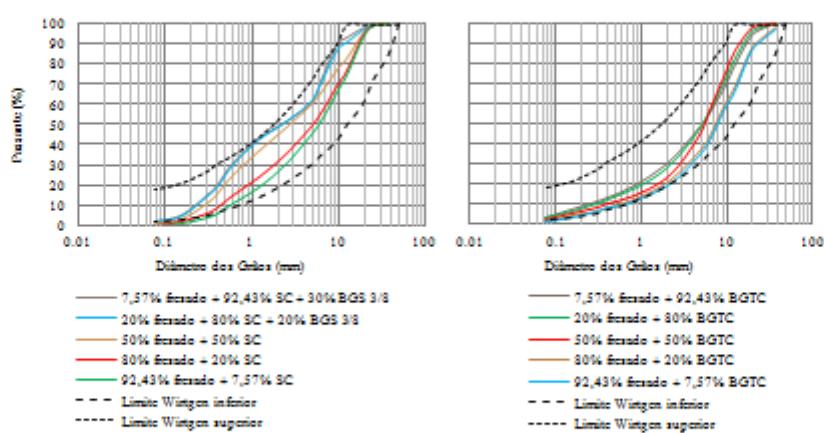


# Apresentação e análise dos resultados

29

## Composição granulométrica das misturas

30



# Parâmetros de compactação

31

Mistura	$w_{sr}$ (%)	$\gamma_{max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Mistura	$w_{sr}$ (%)	$\gamma_{max}$ (kN/m <sup>2</sup> )
BGTC 1,17-50	7,9	21,38	SC 1,17-50	6,5	21,74
BGTC 2-20	8,6	20,97	SC 2-20	8,0	21,79
BGTC 2-80	7,2	20,88	SC 2-80	6,8	21,94
BGTC 4-7,57	8,7	20,50	SC 4-7,57	9,2	21,81
BGTC 4-50	8,6	21,32	SC 4-50	9,6	21,30
BGTC 4-92,43	6,7	21,34	SC 4-92,43	5,3	21,71
BGTC 6-20	8,4	21,36	SC 6-20	8,5	22,22
BGTC 6-80	6,2	21,35	SC 6-80	6,9	21,83
BGTC 6,83-50	7,9	21,19	SC 6,83-50	7,7	21,77

# Resistência à compressão simples

32

Mistura	RCS (MPa)			Mistura	RCS (MPa)		
	3 dias	7 dias	14 dias		3 dias	7 dias	14 dias
BGTC 1,17-50	1,73	1,69	1,40	SC 1,17-50	1,89	2,01	1,93
BGTC 2-20	1,33	2,47	2,51	SC 2-20	2,41	2,91	3,17
BGTC 2-80	1,00	1,92	1,58	SC 2-80	2,17	3,00	3,02
BGTC 4-7,57	3,12	4,26	3,76	SC 4-7,57	3,87	4,87	5,35
BGTC 4-50	2,62	3,18	3,09	SC 4-50	2,07	2,64	3,52
BGTC 4-92,43	2,46	2,75	3,49	SC 4-92,43	2,99	3,04	3,53
BGTC 6-20	4,30	5,20	5,57	SC 6-20	5,57	6,08	5,53
BGTC 6-80	3,23	3,81	4,06	SC 6-80	4,54	5,27	4,85
BGTC 6,83-50	4,13	5,32	4,51	SC 6,83-50	5,67	6,49	6,23

# Resistência à compressão simples

33

- Sumário do Modelo:

$$S = 0,453959;$$

$$R^2 = 87,64\%;$$

$$R^2 (\text{aj}) = 86,32\%;$$

$$R^2 (\text{pred}) = 84,57\%.$$

# Resistência à compressão simples

34

- Equação de Regressão em Unidades Não codificadas

*BGTC RCS*

$$\begin{aligned} &= 1,410 - 0,0424 * fr + 0,079 * ci + 0,2787 * tc \\ &+ 0,000417 * fr * fr + 0,0888 * ci * ci - 0,01227 \\ &* tc * tc - 0,00304 * fr * ci \end{aligned}$$

Onde:

RCS – resistência à compressão simples (MPa);

ci – teor de cimento (%);

fr – porcentagem de fresado (%);

tc – tempo de cura (dias).

# Resistência à compressão simples

35

- Equação de Regressão em Unidades Não codificadas

SC RCS

$$\begin{aligned} SC\ RCS &= 1,810 - 0,0424 * fr + 0,079 * ci + 0,2787 * tc \\ &+ 0,000417 * fr * fr + 0,0888 * ci * ci - 0,01227 \\ &* tc * tc - 0,00304 * fr * ci \end{aligned}$$

Onde:

RCS – resistência à compressão simples (MPa);

ci – teor de cimento (%);

fr – porcentagem de fresado (%);

tc – tempo de cura (dias).

# Resistência à compressão simples

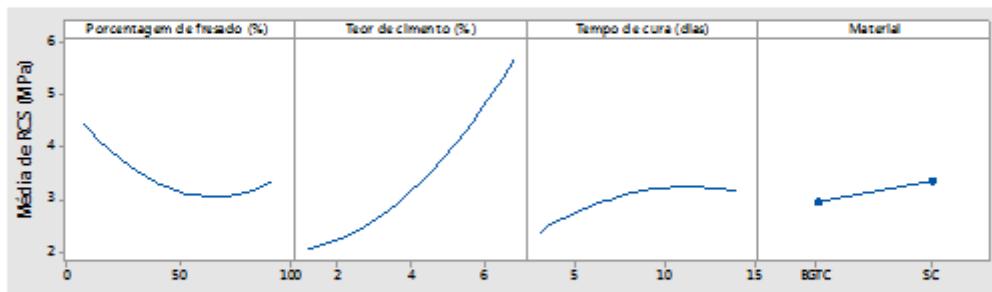
36

Coefficientes Codificados

Termo	Efeito	Coef	EP de Coef	Valor T	Valor-P	VIF
Constante		3,145	0,110	28,47	0,000	
%fresado	-1,0883	-0,5442	0,0927	-5,87	0,000	1,00
%cimento	3,6045	1,8022	0,0927	19,45	0,000	1,00
Tempo de cura	0,7706	0,3853	0,0607	6,35	0,000	1,02
Material						
BGTC	-0,3995	-0,1997	0,0495	-4,03	0,000	1,00
%fresado*%fresado	1,502	0,751	0,136	5,50	0,000	1,01
%cimento*%cimento	1,421	0,710	0,136	5,21	0,000	1,01
Tempo de cura*Tempo de cura	-0,743	-0,371	0,115	-3,23	0,002	1,02
%fresado*%cimento	-0,730	-0,365	0,185	-1,97	0,053	1,00

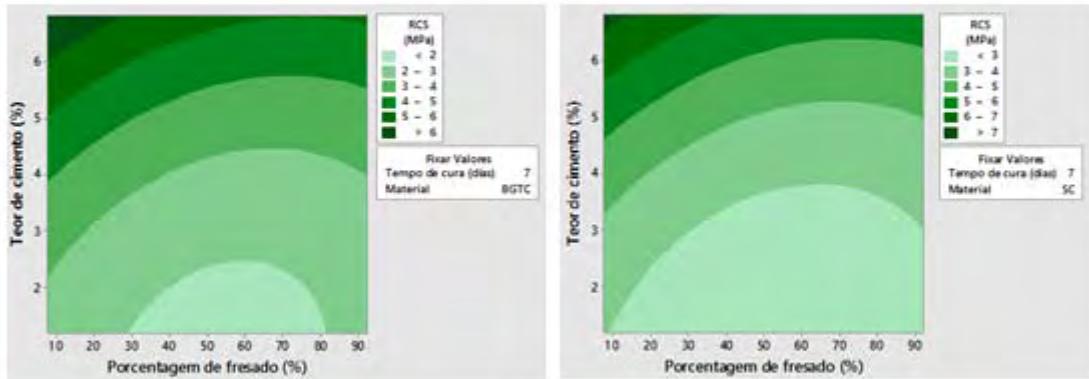
# Resistência à compressão simples

37



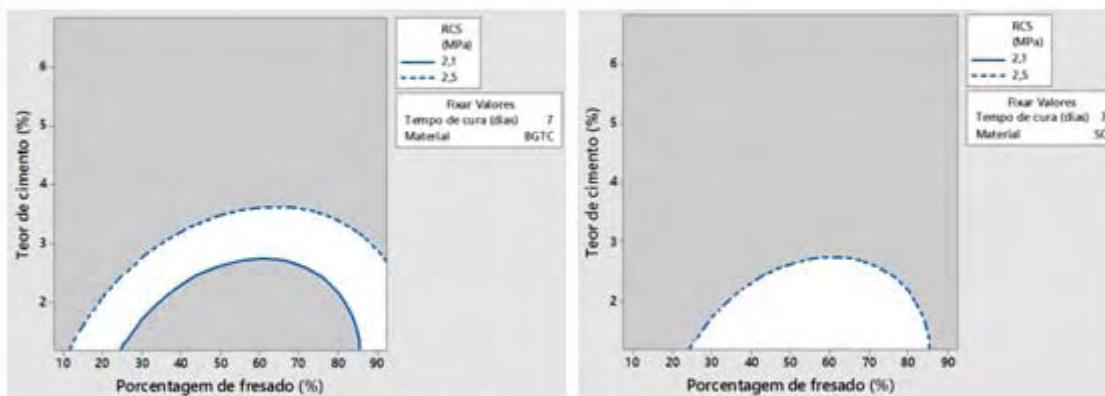
## Resistência à compressão simples (7 dias)

38



## Resistência à compressão simples (7 dias)

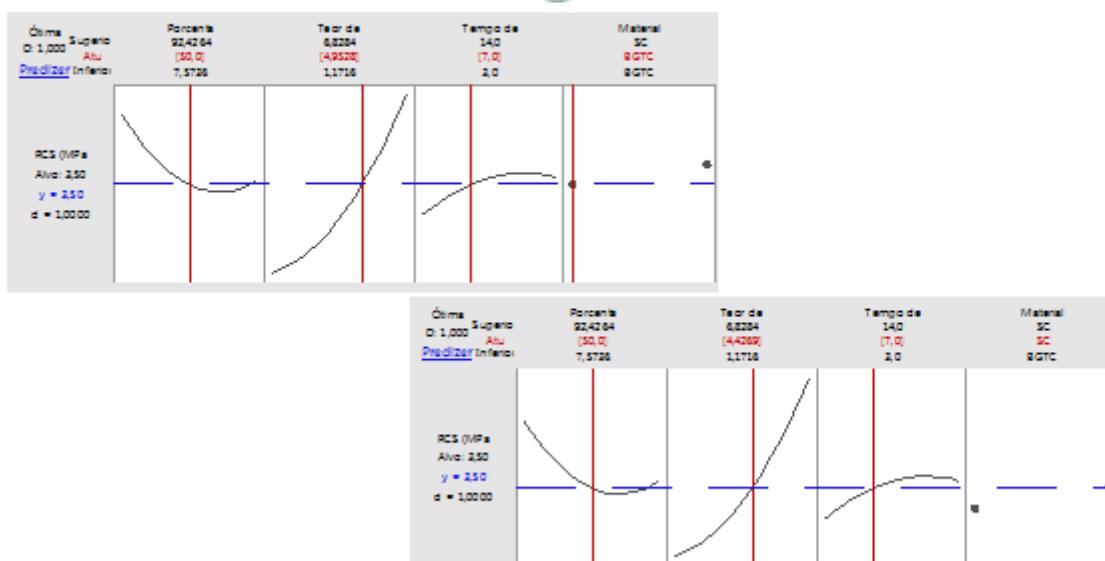
39



Intervalo sugerido pelo DEINFRA-SC (2012) e pelo DNIT (2013).

## Resistência à compressão simples (7 dias)

40



Resistência mínima sugerida pelo DER-PR (2005).

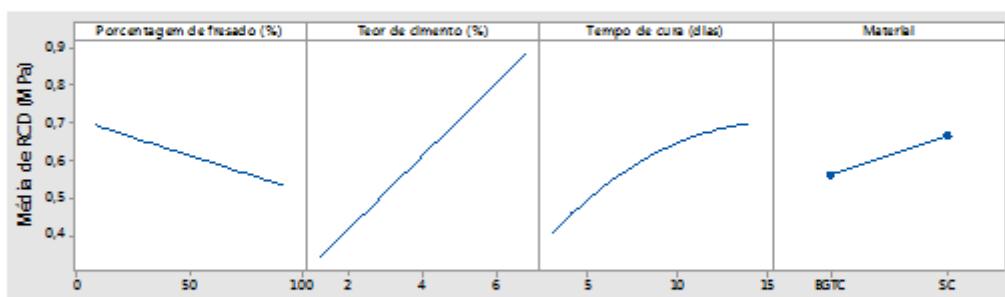
## Resistência à tração por compressão diametral

41

Mistura	RCD (MPa)			Mistura	RCD (MPa)		
	3 dias	7 dias	14 dias		3 dias	7 dias	14 dias
BGTC 1,17-50	0,19	0,25	0,23	SC 1,17-50	0,30	0,21	0,33
BGTC 2-20	0,29	0,33	0,51	SC 2-20	0,22	0,33	0,58
BGTC 2-80	0,17	0,23	0,33	SC 2-80	0,34	0,47	0,63
BGTC 4-7,57	0,38	0,80	0,73	SC 4-7,57	0,35	0,66	0,96
BGTC 4-50	0,32	0,54	0,59	SC 4-50	0,45	0,63	0,83
BGTC 4-92,43	0,37	0,67	0,51	SC 4-92,43	0,31	0,67	0,63
BGTC 6-20	0,63	0,75	1,18	SC 6-20	0,64	0,82	1,22
BGTC 6-80	0,64	0,67	0,58	SC 6-80	0,58	0,83	0,77
BGTC 6,83-50	0,58	0,86	0,86	SC 6,83-50	0,75	0,60	0,95

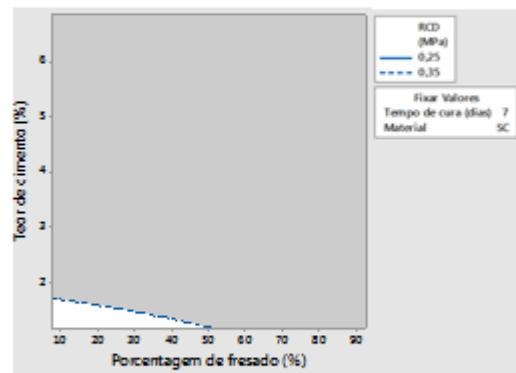
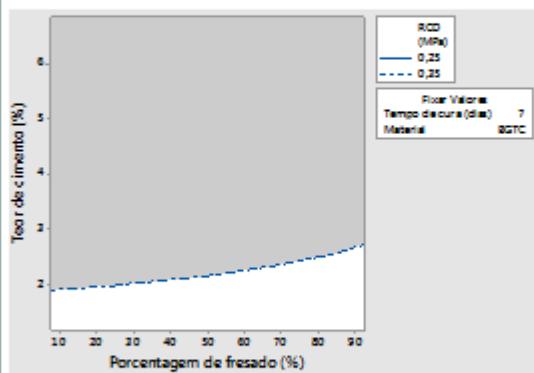
## Resistência à tração por compressão diametral

42



## Resistência à tração por compressão diametral (7 dias)

43



Intervalo sugerido pelo DNIT (2013).

## Coeficiente de Poisson

44

- Resultados obtidos a partir da média de 3 CP's:

Mistura SC 4-50  $\mu = 0,17$ ;

Mistura BGTC 4-50  $\mu = 0,26$ .

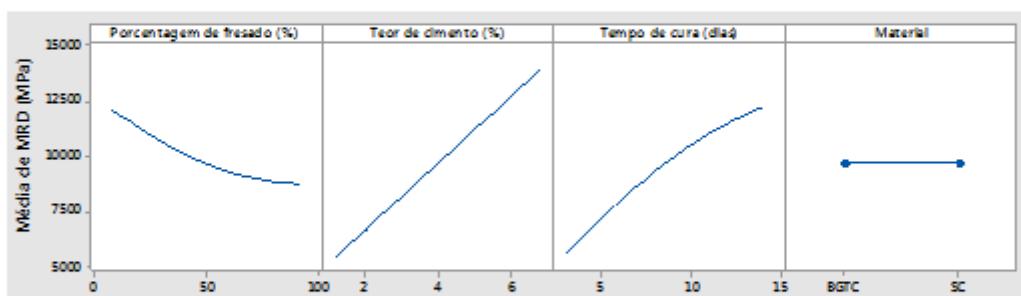
## Módulo de resiliência diametal

45

Mistura	MRD (MPa)			Mistura	MRD (MPa)		
	3 dias	7 dias	14 dias		3 dias	7 dias	14 dias
BGTC 1,17-50	484	7109	4779	SC 1,17-50	3832	2199	5855
BGTC 2-20	1910	8563	15793	SC 2-20	2571	7586	11233
BGTC 2-80	1858	3091	7130	SC 2-80	3377	6362	11139
BGTC 4-7,57	8292	10056	13574	SC 4-7,57	7515	9653	12848
BGTC 4-50	4605	8268	11061	SC 4-50	6737	9915	12674
BGTC 4-92,43	5804	9108	14123	SC 4-92,43	3104	6285	8505
BGTC 6-20	14296	16309	20031	SC 6-20	8680	11148	18182
BGTC 6-80	2759	7116	14887	SC 6-80	8241	13866	19357
BGTC 6,83-50	16025	16767	18917	SC 6,83-50	6624	5795	10435

## Módulo de resiliência diametal

46



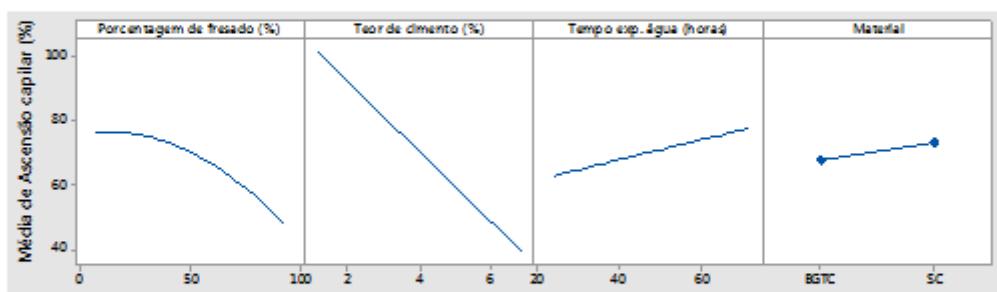
## Ascensão capilar

47

Mistura	Ascensão capilar (%)			Mistura	Ascensão capilar (%)		
	24 horas	48 horas	72 horas		24 horas	48 horas	72 horas
BGTC 1,17-50	90,98	100,00	100,00	SC 1,17-50	100,00	100,00	100,00
BGTC 2-20	67,80	100,00	100,00	SC 2-20	100,00	100,00	100,00
BGTC 2-80	84,32	100,00	100,00	SC 2-80	57,85	66,06	82,58
BGTC 4-7,57	67,07	67,07	67,07	SC 4-7,57	70,95	81,80	91,90
BGTC 4-50	53,46	65,97	77,46	SC 4-50	70,54	80,35	86,52
BGTC 4-92,43	58,14	66,33	70,54	SC 4-92,43	24,71	24,71	24,71
BGTC 6-20	33,39	50,13	58,38	SC 6-20	70,48	78,90	91,21
BGTC 6-80	28,74	32,95	32,95	SC 6-80	42,96	42,96	42,96
BGTC 6,83-50	24,81	37,19	37,19	SC 6,83-50	18,79	18,79	18,79

## Ascensão capilar

48



# Expansão

49

- Resultados obtidos não foram significativos;
- Materiais cimentados liberam cal durante a hidratação do cimento e por isso tendem a retrair, ao contrário do que o ensaio está verificando.

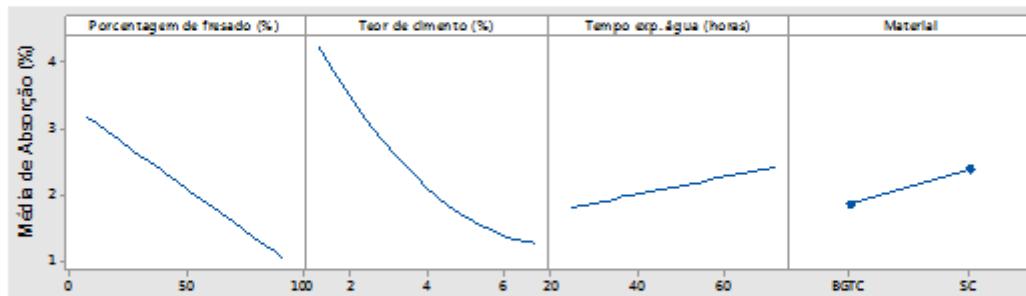
# Absorção

50

Mistura	Absorção (%)			Mistura	Absorção (%)		
	24 horas	48 horas	72 horas		24 horas	48 horas	72 horas
BGTC 1,17-50	2,43	2,83	3,24	SC 1,17-50	5,57	6,09	6,16
BGTC 2-20	3,52	4,28	4,52	SC 2-20	4,61	5,00	5,17
BGTC 2-80	2,40	3,02	3,30	SC 2-80	1,23	1,59	1,85
BGTC 4-7,57	1,55	1,77	1,98	SC 4-7,57	2,64	3,28	3,73
BGTC 4-50	1,61	1,98	2,30	SC 4-50	2,07	2,48	2,83
BGTC 4-92,43	1,36	1,41	1,62	SC 4-92,43	0,60	0,64	0,68
BGTC 6-20	1,60	1,88	2,12	SC 6-20	2,48	3,07	3,50
BGTC 6-80	0,60	0,66	0,69	SC 6-80	0,72	0,77	0,85
BGTC 6,83-50	0,96	1,05	1,22	SC 6,83-50	0,82	0,95	1,08

# Absorção

51



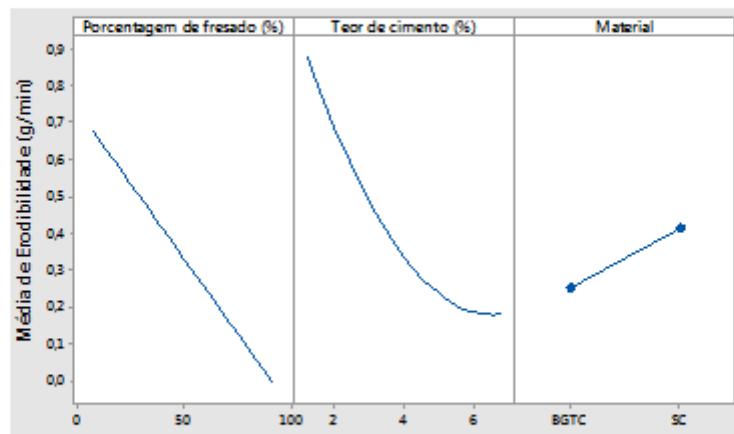
# Erodibilidade

52

Mistura	Erodibilidade (g/min)	Mistura	Erodibilidade (g/min)
BGTC 1,17-50	0,98	SC 1,17-50	0,79
BGTC 2-20	1,06	SC 2-20	1,25
BGTC 2-80	0,31	SC 2-80	0,11
BGTC 4-7,57	0,60	SC 4-7,57	0,81
BGTC 4-50	0,17	SC 4-50	0,46
BGTC 4-92,43	0,08	SC 4-92,43	0,10
BGTC 6-20	0,11	SC 6-20	0,42
BGTC 6-80	0,10	SC 6-80	0,15
BGTC 6,83-50	0,10	SC 6,83-50	0,25

## Erodibilidade

53



## Considerações finais

54

# Conclusões

55

- Método de dosagem proposto por Fedrigo (2015) pode ser aplicado para a reciclagem de bases rígidas e revestimento asfáltico com adição de cimento;
- Resistência: BGTC < SC;
- Rígidez: BGTC = SC;
- Variação volumétrica e durabilidade: BGTC > SC;
- Cimento é a variável mais importante;
- Acredita-se ser possível o emprego de maiores quantidades de fresado (> 50%), desde que sejam atendidas as recomendações;
- Planejamento experimental foi satisfatório;
- A reciclagem de pavimentos semirrígidos não é recomendada para locais onde pode haver a influência da água!

## AGRADECIMENTOS



# Obrigada pela atenção!

57

Thaís Radünz Kleinert

***ANEXO H – DOCUMENTAÇÃO COMPROBATÓRIO DE ESTÁGIO NO EXTERIOR DO ALUNO DOUGLAS ENGELKE.***



1205 Montgomery Street  
P.O. Box 2382  
West Lafayette, IN 47906  
phone (765) 463-2317  
fax (765) 497-2402

April 7, 2016

Douglas Cardoso Engelke

Dear Douglas:

I am very pleased to offer you an opportunity to work with us at the North Central Superpave Center at Purdue University this summer as part of your Brazilian Scientific Mobility Program. We are committed to providing students with the chance to fully participate in our research to learn about the test methods, analysis techniques and other research activities that we perform. Our laboratory is accredited under the Association of American State Highway and Transportation's (AASHTO's) Materials Reference Laboratory (AMRL) program, which means we have to adhere to strict lab quality standards, which would be good for you to experience.

We have two projects that will be intensely researched this summer in which you can participate. One involves testing tack coat materials used to bond layers of asphalt mixtures together so that they act as one. This work will involve fabricating test specimens in the lab, bonding them together with the tack coat material, and testing the bond strength that is developed using a shear test. It will also involve constructing a full scale pavement in an Accelerated Pavement Testing (APT) Facility (<http://rebar.ecn.purdue.edu/APT/>) to evaluate the performance of different types and amounts of tack. The study is funded by the Indiana Department of Transportation, and the results will be implemented by them to help ensure pavements will perform well for a long time. The second study is an industry-funded project to develop a test method to be used to determine the amount of polymer fibers in fiber-reinforced crack sealing material. Crack sealing is routinely done by highway agencies to prevent water from entering cracks in the pavement. Water can weaken the pavement and subgrade. So, asphalt-based materials are inserted into the cracks to seal them. Fibers are used to strengthen the sealants and make them more elastic over their service lives, which helps as the pavements expand and contract with changes in temperature, but agencies want to be able to test the sealants to make sure that the proper amount of fiber is present.

I believe that these two projects will expose you to the research process as well as give you an appreciation for good laboratory practices and relevant testing procedures. We will be happy to allow you to participate in other testing in the lab and demonstrate or explain other tests that we use. We can also show you around other labs at Purdue, the libraries and other facilities of interest. Therefore, I would like to invite you to Purdue University and the North Central Superpave Center for a few weeks this summer (from late May to early August) to participate in these research studies. I believe that this is an excellent opportunity for you to learn and grow professionally. Please do not hesitate to contact me should you have any additional questions.

Sincerely,

A handwritten signature in cursive ink that reads "Rebecca S. McDaniel".

Rebecca S. McDaniel, PE, PhD  
Technical Director, North Central Superpave Center  
Purdue University

April 29, 2016

Douglas Cardoso Engelke  
California State University Long Beach  
5851 Beach Drive  
Long Beach, CA 90815

Dear Douglas,

At the recommendation of Professor Rebecca McDaniel, I am pleased to invite you to join us as a Visiting Undergraduate Student in Civil Engineering from May 23, 2016 through August 4, 2016. During this period you will collaborate on research with Professor McDaniel in the area of tack coat materials performance and effect on pavement performance by exposure to current asphalt technology.

This is a temporary appointment and will result in no health insurance coverage from Purdue University. It is our understanding that you will be fully supported by the Brazil Scientific Mobility Program (BSMP) founded by the Institute of International Education (IIE) and that no additional financial support is required from our School.

Please review Purdue University's policy on Intellectual Property and Information Technology using the following links:

<http://www.purdue.edu/policies/information-technology/viia2.html#statement>

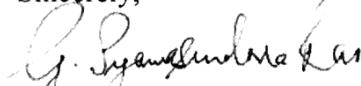
<http://www.purdue.edu/policies/academic-research-affairs/ia1.html>

If you accept our Visiting Undergraduate Student invitation, we would appreciate your signing this letter in the space below and emailing a copy back to [coevisa@purdue.edu](mailto:coevisa@purdue.edu) at your earliest convenience.

Please note it is important that you check in with Carmen Turner in Hampton Hall, Room 1141A when you arrive on campus. An appointment with the College of Engineering Visa and Immigration Office will be made at that time to request the courtesy clearance for your Purdue ID card. You will also need to show your IIE documents at the time you check in.

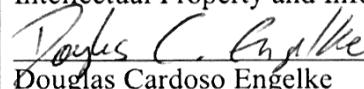
We look forward to your visit and are honored that you have chosen to come to Purdue University.

Sincerely,



Rao S. (G.S.) Govindaraju  
Bowen Engineering Head and  
Christopher B. and Susan S. Burke Professor  
Lyles School of Civil Engineering

I accept this invitation and have read and agree to the terms of Purdue University's Policy on Intellectual Property and Information Technology:

  
Douglas Cardoso Engelke

05/01/2016

Date



Serviço Público Federal  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Secretaria de Relações Internacionais - RELINTER

Ofício nº 111/2016 – RELINTER

Porto Alegre, 25 de abril de 2016.

Senhor Coordenador,

A Secretaria de Relações Internacionais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul manifesta-se a favor da realização de estágio de pesquisa no exterior, através do programa Ciência sem Fronteiras, pelo estudante **Douglas Cardoso Engelke**, do curso de Engenharia Civil. A atividade será realizada na Purdue University, West Lafayette/Indiana – Estados Unidos, entre 23 de maio e 04 de agosto de 2016, sob a supervisão de Rebecca S. McDaniel.

Atenciosamente,

Prof. Nicolas Bruno Maillard  
Secretário de Relações Internacionais



À Coordenação do Programa Ciência sem Fronteiras  
CAPES

***ANEXO I – APRESENTAÇÃO FEITA NO X WORKSHOP “DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NAS CONCESSÕES RODOVIÁRIAS: SOLUÇÕES TÉCNICAS E APLICADAS”***

**X Workshop “Desenvolvimento tecnológico nas concessões rodoviárias: soluções técnicas aplicadas”**

Brasília – 30/08/2016



**Triunfo**

CONCEPA



AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES

**INSTRUMENTAÇÃO IN SITU DE UM SEGMENTO DA  
BR-116 – ESTUDO COMPARATIVO DO EFEITO  
LABORATÓRIO-CAMPO DE FADIGA**



**Triunfo** | CONCEPA



AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES



**LAPAV**

LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



FUNDAÇÃO  
LUIZ ENGLERT

www.luzenglert.org.br

*Prof. Lélio Brito*

## Equipe

### Equipe executora



Prof. Lélio Brito  
PUCRS - RS



Profª Gracieli Colpo  
ULBRA - RS



Eng. Fernando Cronst  
Rio Guaiá - TPI



Prof. Jorge Ceratti  
UFRGS - RS



Prof. Dionísio Doering  
UERGS - RS

### Equipe de apoio

CONCEPA

- Eng. MSc. Thiago Vitorello
- Eng. Fernando Cronst
- Eng. MSc. Leandro Conterato
- Eng. MSc. Fábio Hirsch
- Eng. Eduardo Meirelles
- Eng. Keli Mallmann
- PETERs – LAPAV/UFRGS



## Instrumentação in situ de um segmento da BR-116

*Estudo comparativo do efeito laboratório-campo de fadiga*

### Objetivo da Pesquisa

- **Instrumentação in situ** de um pavimento em operação na BR-116 e uma OAE para **avaliação do comportamento à deformação e fadiga** observado no ciclo operacional da estrutura comparativamente ao observado em ensaios laboratoriais.
- Isto permitirá uma melhor avaliação da **correlação dos efeitos** previstos nas modelagens com os efeitos de campo através de análises de parâmetros de correlação campo-laboratório.

## Instrumentação in situ de um segmento da BR-116

Estudo comparativo do efeito laboratório-campo de fadiga

### Objetivo da Pesquisa



## Instrumentação in situ de um segmento da BR-116

Estudo comparativo do efeito laboratório-campo de fadiga

### Estudos anteriores

- Análise de Fadiga de Misturas Asfálticas Através do Ensaio de Flexão em Viga Quatro Pontos (2013)
- Estudo do Espectro de Cargas dos Veículos Comerciais rodantes na BR-290/RS, Free Way, através do uso da técnica do Weigh-in-Motion (WIM) (2013)
- COLPO, G. B. (2014) Análise de Fadiga de Misturas Asfálticas Através do Ensaio de Flexão em Viga Quatro Pontos. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Uso da tecnologia de Weigh-in-Motion (WIM) para avaliação de desempenho de pavimentos asfálticos da BR 290/RS – Free Way (2015)



## Instrumentação in situ de um segmento da BR-116

Estudo comparativo do efeito laboratório-campo de fadiga

### Modelos de comportamento à fadiga

$$N_{lab} = 9,07 \cdot 10^{-9} \cdot \left( \frac{I}{\varepsilon_t} \right)^{2,65} \cdot \left( \frac{I}{MR} \right)^{-0,033}$$

Pinto (1991)

$$N_{lab} = 1,904 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{I}{\varepsilon_t} \right)^{2,821} \cdot \left( \frac{I}{MR} \right)^{0,74}$$

Franco (2007), Misturas convencionais

$$N_{lab} = 4,455 \cdot 10^{-7} \cdot \left( \frac{I}{\varepsilon_t} \right)^{3,798} \cdot \left( \frac{I}{MR} \right)^{1,493}$$

Franco (2007), Misturas modificadas com polímero

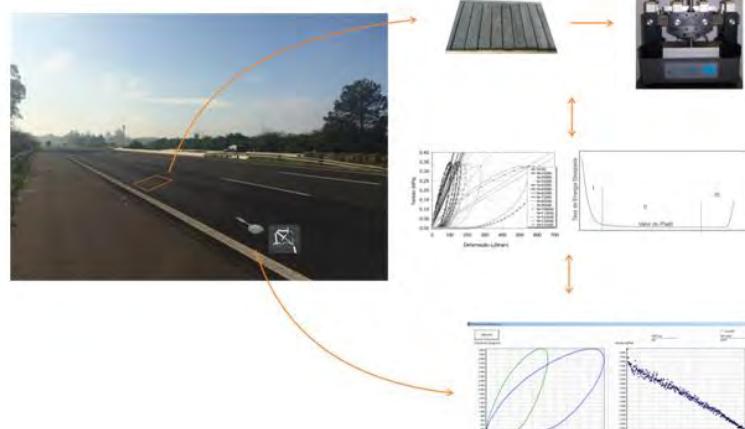
$$N_{lab} = 7,265 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{I}{\varepsilon_t} \right)^{3,103} \cdot \left( \frac{I}{MR} \right)^{1,918}$$

Franco (2007), Misturas com asfalto borracha

## Instrumentação in situ de um segmento da BR-116

Estudo comparativo do efeito laboratório-campo de fadiga

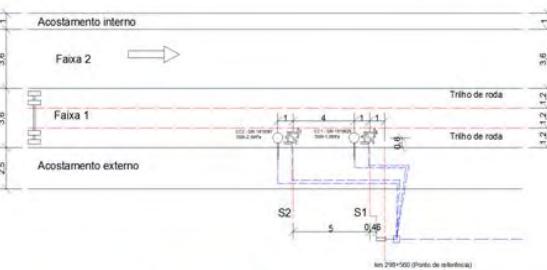
### Metodologia aplicada



## Etapas da instrumentação in situ

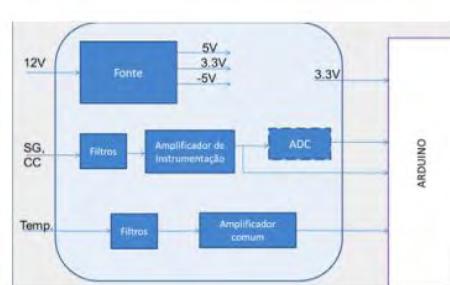
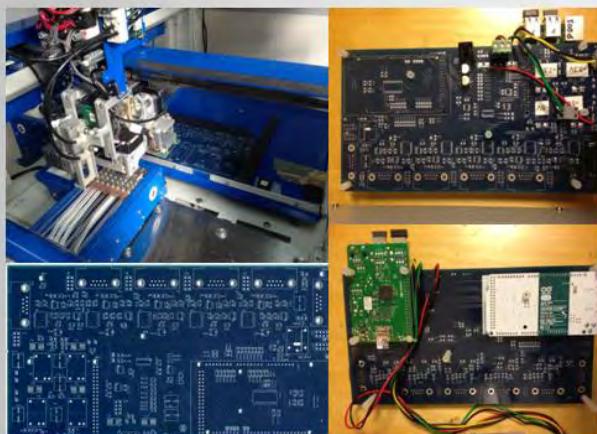
Trânsito | ANTT | LAPIV | UFRGS | EMBRÁZ

Segmento do pavimento Km 298+560 – BR-116/RS



## Sistema de aquisição de dados

Trânsito | ANTT | LAPIV | UFRGS | EMBRÁZ



## Etapas da instrumentação in situ

Trinuto | LARAVI | ANTT | LAPAV | UFRGS | CENIT |

Segmento do pavimento Km 298+560 – BR-116/RS



## Sistema de aquisição de dados

Trinuto | LARAVI | ANTT | LAPAV | UFRGS | CENIT |



## Obra de arte especial – Ponte sobre Canal Celupa

Trineto | LARON | ANTT | LAPRAV | UFRGS | EMBRBR

Km 298+420 – BR-116/RS



## Teste de instalação dos sensores na obra de arte especial

Trineto | LARON | ANTT | LAPRAV | UFRGS | EMBRBR

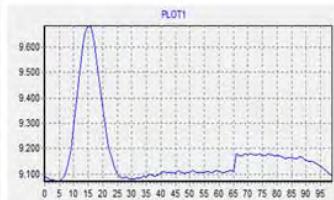
Km 298+420 – BR-116/RS



## Testes iniciais do Sistema de Aquisição de Dados in situ

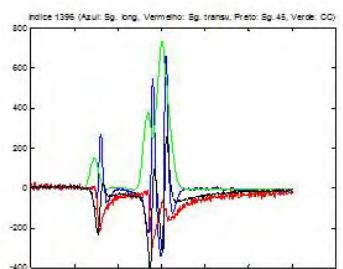


Rolo compactador utilizado nos testes iniciais dos sensores.



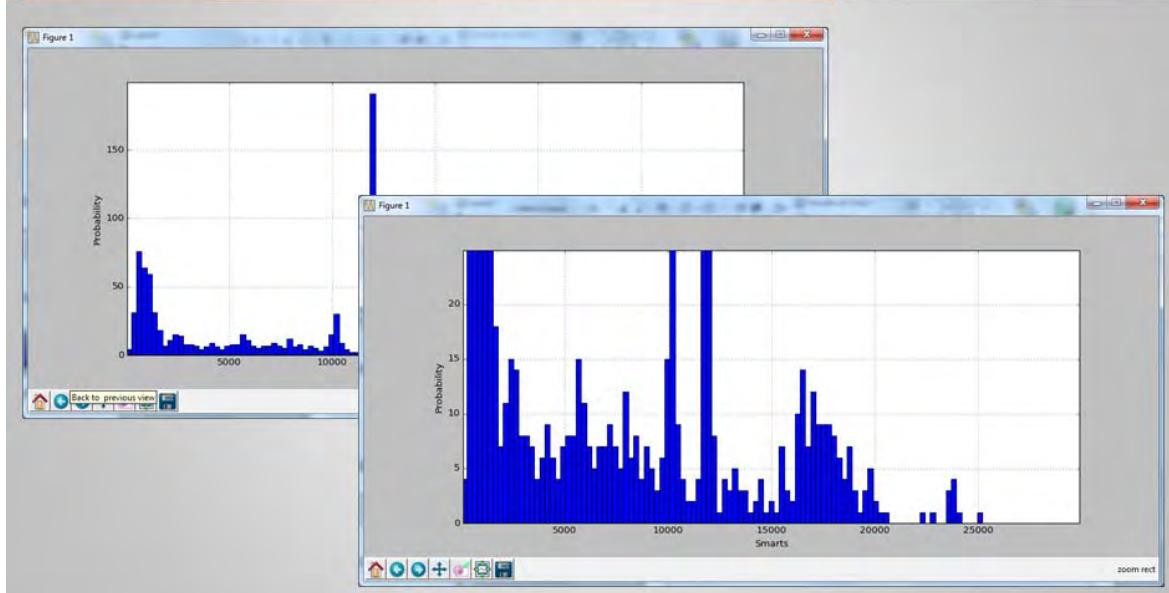
Tela do programa utilizado para fazer as leituras dos sinais, apresentando o pulso registrado pela célula de pressão quando solicitada pelo rolo instantes após a construção da pista experimental.

## Testes iniciais do Sistema de Aquisição de Dados in situ



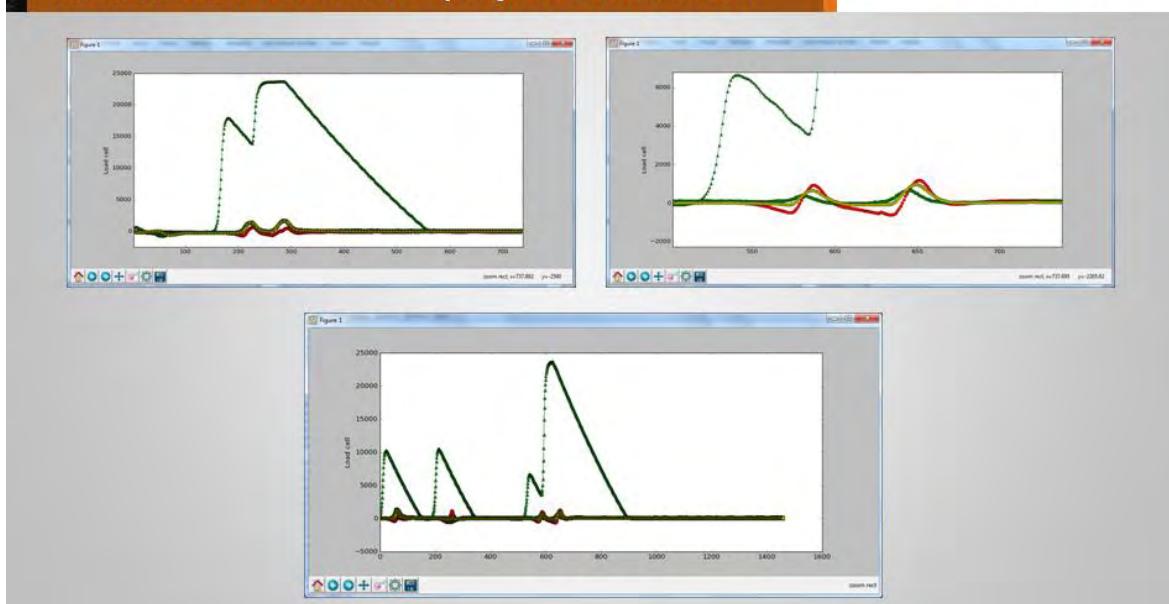
## Testes iniciais do Sistema de Aquisição de Dados in situ

Trininfo | INCA | ANTT | LAPAV | UFRGS | INPE



## Testes iniciais do Sistema de Aquisição de Dados in situ

Trininfo | INCA | ANTT | LAPAV | UFRGS | INPE



## Testes iniciais do Sistema de Aquisição de Dados in situ

Triunfo | CONCEPA | ANTT | LAPAV | UFRGS | FUNDAGEMAR

1k sample/sec. – 12-16bits que é equivalente a 2 kbytes/s

2kb/s sensor \* 5? Sensores = 10kb /s /nó \* 5 nós? = 50kb/s

50kb/s \* 3600s/h = 180 mb/h = 4.3 GB/dia

...Otimizando...

Esperamos 2500 eventos @ 5 seg /evento = 1K sample/sec \* 2 bytes = 2kb \* 5s = 10kb/evento

10 kb/evento \* 2500 eventos/day = 25mb / day \* 5 sensores/nós \* 5 nodes = 0.6 GB/dia

Como interpretar dados online? (big data) – SOLUÇÃO: “*embedded signal processing*”

## PROGRAMA ESPECIAL DE TREINAMENTO EM ENGENHARIA RODOVIÁRIA (PETER) FASE 2



Triunfo | CONCEPA



AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA – UFRGS



Prof. Lélio Brito

## Equipe

**Apresentação**

- Lélio A. T. Brito

**Equipe LAPAV**

- Prof. Jorge A. P. Ceratti, DSc
- Prog. Lélio A. T. Brito, PhD
- Prof. Dr. Washington P. Nuñez
- Drª Marlova Johnston
- Prof. MSc. Gracieli Bordin Colpo
- Engª Camila Kern

**Equipe Triunfo | CONCEPA**

- Eng. MSc. Thiago Vitorello
- Eng. MSc. Fábio Hirsch
- Eng. Eduardo Meirelles
- Eng. Keli Mallmann

## Plano de formação do programa PETER

**Objetivo Principal**

“Buscar **alunos de reconhecido desempenho acadêmico** que se interessem pelo ramo da **Engenharia Rodoviária**, trazendo-os para dentro do Laboratório de Pavimentação, onde farão um programa de aprendizado passando pelas várias áreas do conhecimento deste segmento, culminando em um **programa de intercâmbio Universidade - Empresa** ao final do estágio, com o intuito de aplicar o conhecimento adquirido”.

1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Accompanhamento tutorial	Estágio no Laboratório	Estágio no Laboratório	Estágio no Laboratório & Coop. na Concessionária	Estágio na Concessionária supervisionado Universidade
Leitura de artigos / Feedback	Auxílio em ensaios Laboratório	Ensaios em Laboratório e Campo	Atividades de Laboratório e campo	Desenvolvimento de Controle tecnológico
Visita em Campo	Auxílio na análise de resultados	Análise de dados	Cafezinhos rodoviários & SIC	Participação em uma palestra com publicação em congresso nacional
Participação dos Cafezinhos Rodoviários	Cafezinhos rodoviários & SIC	Cafezinhos rodoviários & SIC	Saídas de campo	Monitoria nos ensaios de campo e visitas realizadas
	Saídas de campo	Salidas de campo		

## Composição do quadro PETER-LAPAV

### Fase 2 - 2016

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Camila Kern
Líder 2	Larissa Montagner de Barros
Bolsista 1	Guilherme Lopes
Bolsista 2	Cynthia Milech Blank
Bolsista 3	Junior Vicenzi
Bolsista 4	Eduarda Fontoura
Bolsista 5	Felipe do Canto Pivetta
Bolsista 6	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 7	Gustavo Firmino
Bolsista 8	Daniel Pinheiro Fernandes
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas



## Divulgação e atividades desenvolvidas - 2016



Preparação de materiais  
Janeiro 2016



Curso Software ABAQUS  
Abril 2016



Aquisição de novos jalecos laboratoriais  
Agosto 2016



Atividades laboratoriais  
2016



Pen Drive PETER/LAPAV  
Maio 2016



Camiseta PETER  
Maio 2016

## Divulgação e atividades desenvolvidas - 2016

Traninfo | ANTT | UFRGS | DCTO | UFRGS | LPPAV



Curso de Ensaios de caracterização de materiais rochosos - Junho 2016



UFRGS – Portas Abertas  
Maio 2016



Instalação de sensores na BR-116  
Julho 2016



Visita a TRIUNFO-CENCEPA  
Maio 2016



Curso Software 3D Move  
Maio 2016



Cafezinho Rodoviário  
Maio 2016

## Divulgação e atividades desenvolvidas - 2016

Traninfo | ANTT | UFRGS | DCTO | UFRGS | LPPAV



1º lugar categoria PETER – IV Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários  
Julho 2016



Menção Honrosa categoria PETER –  
IV Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários - Julho 2016



Troféu Baiano de Peneiramento  
Julho 2016



Curso Avançado Excel  
Julho 2016



Tradicional Festa Junina  
Junho 2016



Levantamento de campo  
Julho 2016

## Principais realizações

- 3º ano do programa PETER
- Início previsto para os primeiranistas em Setembro/2016
- Pesquisas, publicações e premiações
- Baixa evasão
- Motivação continuada
- Continuada formação com elevado rendimento
- Impacto positivo da atividades de formação complementar



# Obrigado!

*Prof. Lélio Brito*

**ANEXO J – CARTAZ DE DIVULGAÇÃO DO V CONCURSO DE ESTUDOS TÉCNICOS  
RODOVIÁRIOS**



***ANEXO K – SLIDES APRESENTADOS NO CAFÉ RODOVIÁRIO – QUINTO TRIMESTRE***

## Aperesentação Dissertação: Larissa Montagner de Barros



# Deformação Permanente de Misturas Asfálticas: Avaliação do Desempenho conforme critério de *Flow Number* de Misturas Quentes e Mornas

Larissa Montagner de Barros

Orientador: Prof. Jorge Ceratti  
DSc. pela UFRJ

Coorientador: Prof. Lélio Brito  
PhD. pela The University of Nottingham

### Banca examinadora

Prof. <sup>a</sup>, Kamilla Vasconcelos (EPUSP) - PhD. pela Texas A&M University  
Luis Alberto Nascimento (CENPES) - PhD. pela North Carolina State University  
Prof. Washington Peres Núñez (UFRGS) - Dr. pela UFRGS

Porto Alegre, Março de 2017

Introdução

## Pavimento Asfáltico

O modal rodoviário é o **principal** meio de  
transporte nacional

É necessário a utilização de **misturas asfálticas**  
que sejam **resistentes** as **solicitações impostas**  
durante a vida de serviço do pavimento

O **aumento do tráfego** e das cargas vêm  
provocando **deteriorações precoces**  
comprometendo a segurança e trafegabilidade do  
usuário



## Pavimento Asfáltico

A mistura asfáltica empregada no pavimento deve garantir:

- flexibilidade;
- rigidez;
- aderência;
- impermeabilidade;
- resistência à fadiga;
- **resistência à deformação permanente.**



## Pavimento Asfáltico

**A deformação permanente**  
das misturas asfálticas é uma das  
**principais falhas** do  
pavimento flexível em todo o mundo



## Objetivo Geral

Utilizar o Ensaio Uniaxial de Carga Repetida para obtenção do parâmetro ***Flow Number*** para analisar o desempenho de Misturas Asfálticas **Quentes e Mornas**

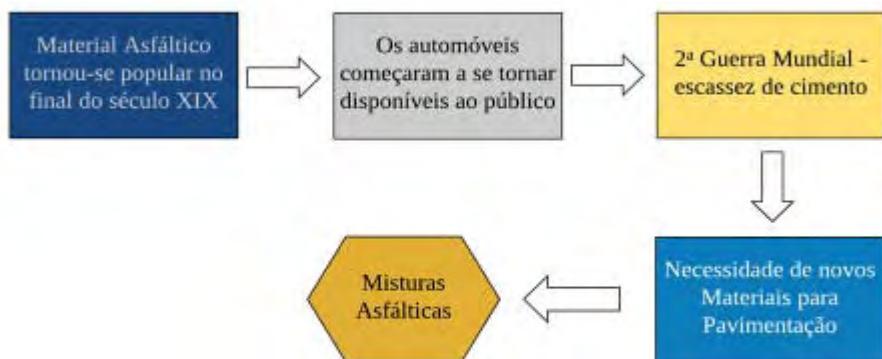


## Objetivos Específicos

- Utilizar o **ensaio uniaxial de carga repetida** para avaliação da deformação permanente (NBR 16505);
- Estudar **cinco misturas asfálticas quentes**: concreto asfáltico denso com AMP – 60/85-E; concreto asfáltico denso CAP TLA – 30/45; concreto asfáltico descontínuo (*gap-graded*) com AB-8 (adição de cal calcária e cal dolomítica) e concreto asfáltico denso com CAP 30/45;
- Realizar ensaios em **cinco misturas asfálticas mornas**;
- Realizar uma **comparação** do desempenho das misturas asfálticas quanto a **NBR 16505/2016** e a **AASHTO TP 79-15**

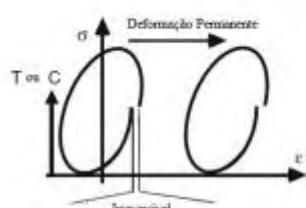


# Pavimento Asfáltico



# Pavimento Asfáltico

## Deformação Permanente



Deformação Permanente:  
acumulo de **pequenas**  
**deformações irreversíveis**



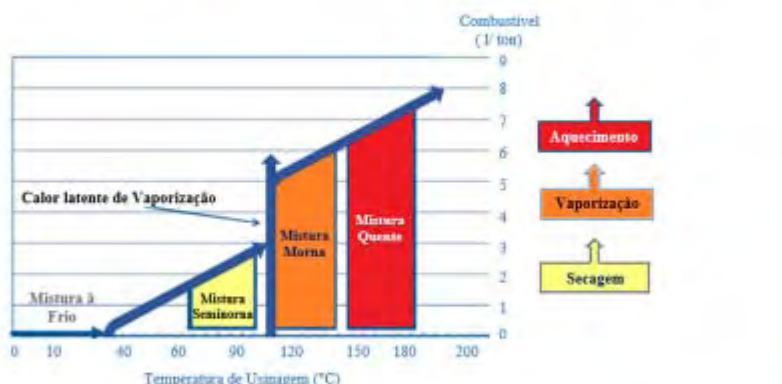
Definida por **depressões**  
superficiais longitudinais nas  
trilhas de roda:

- \* proporciona a **degradação acelerada** da estrutura do pavimento;
- \* **problemas de operacionalidade**, especialmente em condições ambientais ruins.

(Fonte: adaptado de PARTL et al., 2013)

# Misturas Asfálticas

Misturas Quentes *versus* Misturas Mornas



(fonte: adaptado de D'ANGELO et al., 2008)

# Misturas Asfálticas

Misturas Quentes *versus* Misturas Mornas

Misturas Mornas	Misturas Quentes
Melhoria na compactação	Temperaturas elevadas
Pavimentação em ambientes frios	Aumento na oxidação da mistura
Aumento na distância de transporte	Maior consumo de combustível
Redução do envelhecimento do ligante	Alta emissão de poluentes
Redução do consumo do combustível	
Redução de emissões de agentes nocivos	
Melhores condições de trabalho	
Menores danos ambientais	

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

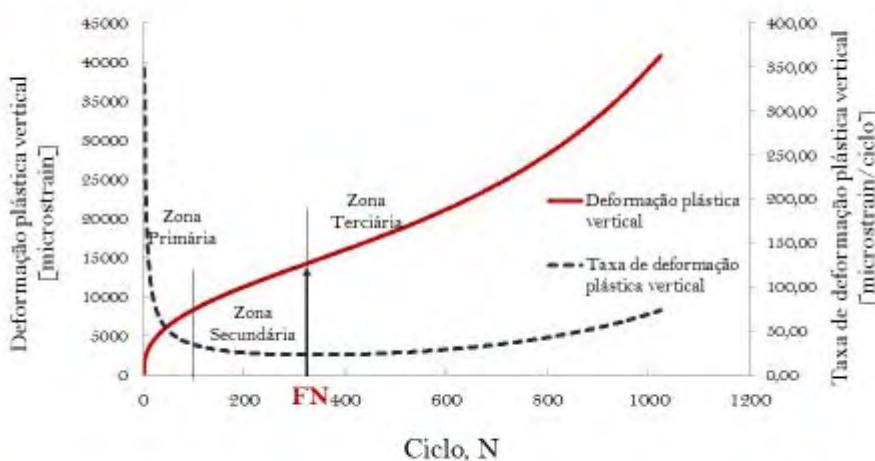


### Características do ensaio:

- Dimensões CP: 100 x 150 mm;
- Vv: 7 % ± 0,5;
- Temperatura: 60°C;
- Carga cíclica: 204 kPa
- Duração do ensaio: 7.200 ciclos

(NBR 16505/2016)

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida



**Modelo de deformação permanente:** Francken (1977)

$$\varepsilon_p = AN^B + C(e^{DN} - 1)$$

Onde:

$\varepsilon_p$  – deformação permanente [microstrain];

A, B, C e D – constantes de regressão determinados para cada CP;

N – número de ciclos de carregamento [ciclos].

Primeira derivada:

Segunda derivada:

$$\frac{d\varepsilon_p}{dN} = ABn^{B-1} + CD e^{DN}$$

$$\frac{d^2\varepsilon_p}{dN^2} = AB(B-1)N^{B-2} + CD^2 e^{DN}$$



**Taxa de deformação na zona secundária:**

$$b = \frac{\varepsilon_{pFN} - \varepsilon_{p10}}{FN - 10}$$

Onde:

b – taxa de deformação na zona secundária [microstrains/ciclo];

$\varepsilon_{pFN}$  – deformação plástica no FN [microstrains];

$\varepsilon_{p10}$  – deformação plástica no ciclo 10 [microstrains].

(fonte: adaptado NASCIMENTO, 2008)



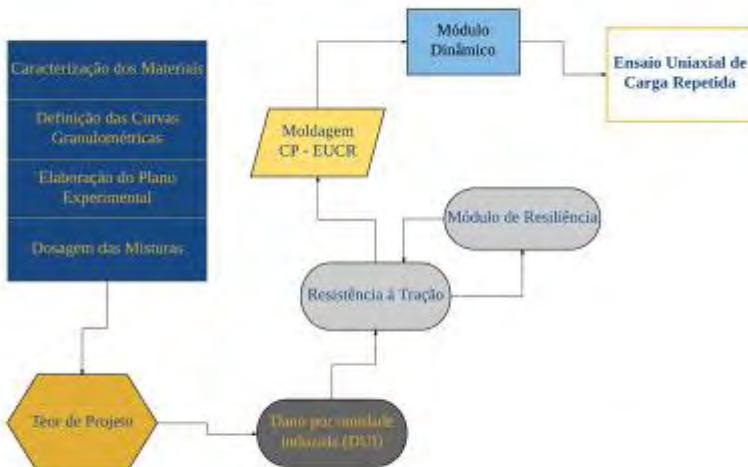
## Normas: NBR 16505 *versus* AASTHO TP-79

Parâmetro	Normas	
	NBR 16505/2016	AASHTO TP 79-15
Temperatura de ensaio (°C)	60 ± 0,5	Temperatura ajustada pelo PG
Condicionamento do CP na temperatura de ensaio	3 horas	Controle através do CP de monitoramento da temperatura
Volume de Variação do CP (%)	7 ± 0,5	7 ± 0,5
Altura do CP (mm)	150 ± 1,5	150
Dâmetro do CP (mm)	100 ± 2,0	100
Criterio de condicionamento da mistura	-	Sem
Tensão Axial de carregamento (kPa)	254 ± 4	600
Tensão Axial de corte (kPa)	18,2 ± 0,5	30
Rebaixo de fricção	Não	Sim
Modo de calibração	Franckon	Franckon
Critério de utilização da mistura	-	Sem

(Fonte: adaptado AASTHO TP 79-15;  
NBR 16505/2016)



## Etapas da Pesquisa



# Materiais Utilizados

Agregado pétreo – basáltico

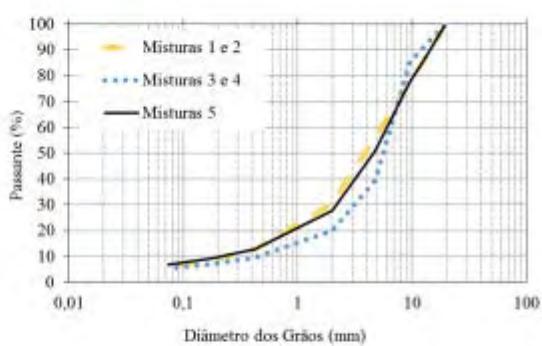


Pó de pedra - Brita  $\frac{3}{8}$ " - Brita  $\frac{3}{4}$ "

# Materiais Utilizados

Faixas granulométricas

Comparação das faixas  
granulométricas  
utilizadas



Metodologia

## Materiais Utilizados

### Ligantes Asfálticos

HMA 1	AMP 60/85
WMA 1	
HMA 2	CAP TLA - 30/45
WMA 2	
HMA 3	AB-8 - D*
WMA 3	
HMA 4	AB-8 - C*
WMA 4	
HMA 5	CAP 30/45 - C*
WMA 5	



Metodologia

## Materiais Utilizados

### Aditivo Surfactante



0,4 % na massa total do ligante

Redução de 30 °C nas temperaturas dos agregados e de compactação



# Materiais Utilizados

Misturas asfálticas estudadas:

Mistura Asfáltica	Aditivo para mistura seca	Ligante Asfáltico	Agregado	Distribuição Granulométrica (DNIT)	Temperatura do ligante (°C)	Temperatura dos agregados (°C)	Temperatura de usinagem - compactação (°C)
HMA 1 - AMP 60/85	—	AMP 60/85-E	Basáltico	Faixa - C	165	175	155
WMA 1 - AMP 60/85	Aditivo Surfactante					145	125
HMA 2 - CAP TLA - 30/45	—	TLA - 30/45	Basáltico	Faixa - C	158	168	148
WMA 2 - CAP TLA - 30/45	Aditivo Surfactante					138	118
HMA 3 - AB-8 - D*	—	AB - 8	Basáltico	Faixa - Gap-graded	175	185	175
WMA 3 - AB-8 - D*	Aditivo Surfactante					155	145
HMA 4 - AB-8 - C*	—	AB - 8	Basáltico	Faixa - Gap-graded	175	185	175
WMA 4 - AB-8 - C*	Aditivo Surfactante					155	145
HMA 5 - CAP 30/45 - C*	—	CAP 30/45	Basáltico	Faixa - C	158	168	148
WMA 5 - CAP 30/45 - C*	Aditivo Surfactante					138	118

# Dosagem das Misturas

## Metodologia Marshall

- Compactação por impacto
- 75 golpes por face



## Quatro dosagens:

- AMP 60/85-E
- CAP TLA - 30/45
- CAP AB-8
- CAP 30/45

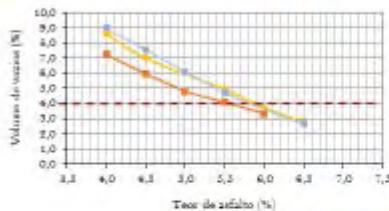


## Metodologia

# Dosagem das Misturas

### Parâmetros das dosagens – faixa-C

HMA 1 - AMP 60/93 — HMA 2 - CAP TLA — HMA 3 - CAP 30/48



Parâmetro	Especificação DNIT-E8 021/2006 - Capa	HMA 1 - AMP 60/93	WMA 1 - AMP 60/93	HMA 2 - CAP TLA - 30/48	WMA 2 - CAP TLA - 30/48	HMA 3 - CAP 30/48	WMA 3 - CAP 30/48
VV (%)	3 ± 5	4,0	3,9	4,2	4,9	4,0	4,0
REV (%)	7,3 ± 0,5	77,99	79,40	78,50	74,40	76,20	76,8
VAM (%)	> 1,5	14,25	16,18	17,10	17,30	17,10	17,3
Mest (g/cm³)	—	2,513	2,513	2,523	2,523	2,503	2,503
Mea (g/cm³)	—	2,917	2,918	2,909	2,911	2,908	2,904
Estabilidade (kgf)	> 300	1078	698	1218	823	833	1035
Fláscula (1/100 m)	8 ± 1,5	17,8	14,09	8,40	15,10	18,20	13,5
Téor de ligante de Projeto (%)	—	3,9	3,9	3,7	3,7	3,5	3,5

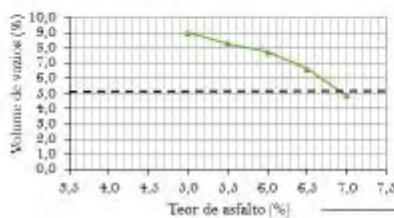


## Metodologia

# Dosagem das Misturas

### Parâmetros das dosagens – faixa gap-graded

HMA 3 - ABs



Parâmetro	Especificação DNIT-E8 112/2009 - Capa	HMA 3 - ABs - D+	WMA 3 - ABs - D+	HMA 4 - ABs C+	WMA 4 - ABs C+
VV (%)	4 ± 6	4,9	4,9	4,9	3,5
REV (%)	68 ± 7,3	76,70	76,90	76,70	79,00
VAM (%)	14,0	20,90	20,90	20,9	21,50
Mest (g/cm³)	—	2,445	2,445	2,445	2,463
Mea (g/cm³)	—	2,345	2,345	2,345	2,332
Estabilidade (kgf)	> 700	335	785	784	614
Fláscula (1/100 m)	—	10,60	8,70	8,7	9,6
Téor de ligante de Projeto (%)	—	7,0	7,0	7,0	7,0



# Ensaios Mecânicos

- Dano por umidade induzida: Comparação da RT de amostras com condicionamento e sem condicionamento
- Resistência à Tração: Aplicação de carregamento a velocidade constante de deformação igual a 0,8 mm/s.
- Módulo de Resiliência: Aplicação de 15 % da carga de ruptura na RT
- Módulo Dinâmico: Temperatura de 60 °C e frequência 10 Hz

↑ Módulo Dinâmico      ↑ Resistência à Deformação



## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

### Moldagem dos corpos de prova

Utilização do misturador de grande porte

- Mistura de 5 CPs

Envelhecimento da mistura por 2 horas na temperatura de compactação



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

### Moldagem dos corpos de prova

Compactação no Compactador Giratório

- Compactação por amassamento

Moldagem de 5 CPs por mistura

(5 CPs mais uniformes para o ensaio uniaxial de carga repetida)

- 7% volume de vazios ( $\pm 0,5$ )
- 100 mm x 150 mm



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

### Controle da temperatura



- Sensor interno – centro do CP
- Sensor de externo – borda do CP



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

NBR 16505-2016

Carga repetida - *haversine*: **204 kPa**  
(0,1 seg. de carregamento e 0,9 seg. de repouso)

Temperatura: **60 °C**

Vv do CP: 7 % ( $\pm 0,5$ )

Dimensões: 100 mm x 150 mm



Misturas avaliadas: **HMA 1 e WMA 1** – AMP 60/85 – E

**HMA 2 e WMA 2** – CAP TLA 80/45

**HMA 3 e WMA 3** – AB-8 D\*

**HMA + e WMA 4** – AB-8 C\*

**HMA 5 e WMA 5** – CAP 50/40



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida



Medição dos  
Deslocamentos

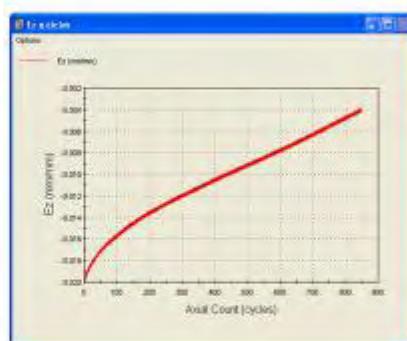


Comprimento dos  
extensômetros – 115mm  
( $100 \pm 2$  mm - NBR 16505)



Metodologia

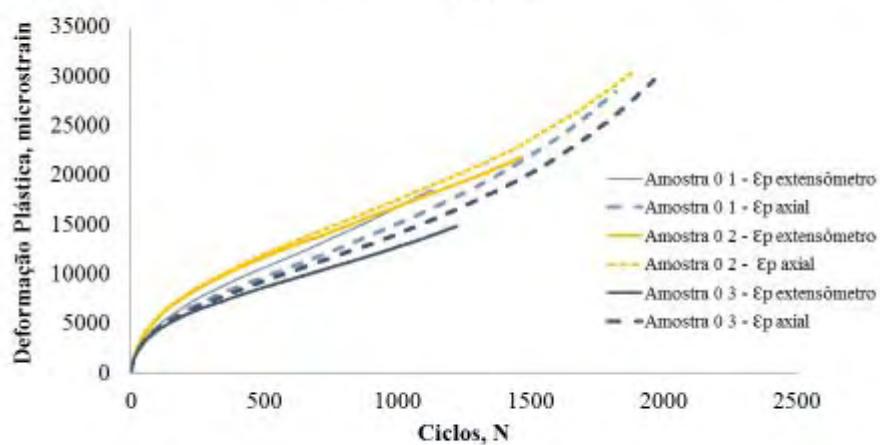
## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

WMA 1 - AMP 60/85



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

### AASTHO TP -79

Carga repetida - *haversine*: 600 kPa  
(0,1 seg. de carregamento e 0,9 seg. de repouso)  
Temperatura: conforme PG ligante (60 °C)  
Vv do CP: 7 % ( $\pm 0,5$ )  
Dimensões: 100 mm x 150 mm

Misturas avaliadas: HMA 1 e WMA 1 – AMP 60/85-E  
HMA 2 e WMA 2 – CAP TLA 50/45  
HMA 3 e WMA 3 – AB-8 D\*  
HMA 4 e WMA 4 – AB-8 C\*



Metodologia

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

FN mínimo

Nível de Tráfego, milhão ESALs	HMA mínimo valor exigido FN	WMA mínimo valor exigido FN
< 3 - leve	-	-
3 à < 10 - médio	50	30
10 à < 30 - pesado	190	105
≥ 30 - extremamente pesado	740	415

(fonte: AASTHO TP 79-2015)

Nível de Tráfego, milhão ESALs	HMA mínimo valor exigido FN
< 3 - leve	-
3 à < 10 - médio	300
10 à < 30 - pesado	750
≥ 30 - extremamente pesado	-

(fonte: Nascimento, 2008)



Metodologia

## Programa Experimental

Ensaios	Número de Amostras									
	HMA 1 AMP 50/50	WMA 1 AMP 50/50	HMA 2 CAP TLA- 50/50	WMA 2 CAP TLA- 50/50	HMA 3 AB-e - D*	WMA 3 AB-e - D*	HMA 4 AB-e C*	WMA 4 AB-e C*	HMA 5 CAP 50/50 - C*	WMA 5 CAP 50/50 - C*
Dosegem Marshall	15	3	13	7	10	3	3	3	13	3
Perímetros volumétricos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dado por Unidade Individual (DLI)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Módulo de Resistência (MR)***	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Resistência à Tração (RT)***	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Módulo Dinâmico (MD)***	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensaio uniaxial de carga repetida (NBR 14303)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensaio uniaxial de carga repetida (AASTHO TP 79)	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-
Total de amostras (CPs na dimensão Marshall)	168									
Total de amostras (CPs 100 x 150 mm)	34									



## Resultados

# Ensaios Mecânicos

Mistura	Módulo de resiliência médio à 25°C (MPa)	Resistência à tração média à 25°C (MPa)	DUI - Resistência retida à tração (%)	Módulo Dinâmico - 60°C e 10 Hz
HMA 1 - AMP 60/85	4863	1,25	93	403
WMA 1 - AMP 60/85	3087	1,16	97	442
HMA 2 - CAP TLA - 30/45	10549	1,67	87	491
WMA 2 - CAP TLA - 30/45	9398	1,52	90	654
HMA 3 - AB-8 - D*	3097	0,96	88	639
WMA 3 - AB-8 - D*	2670	0,86	85	487
HMA 4 - AB-8 C*	4119	1,01	81	382
WMA 4 - AB-8 C*	4439	0,92	83	469
HMA 5 - CAP 30/45	10441	2,11	89	475
WMA 5 - CAP 30/45	7279	1,59	85	547



## Resultados

# Ensaio Unaxial de Carga Repetida

Resultados obtidos a partir da média de 3 CPs por mistura – NBR 16505

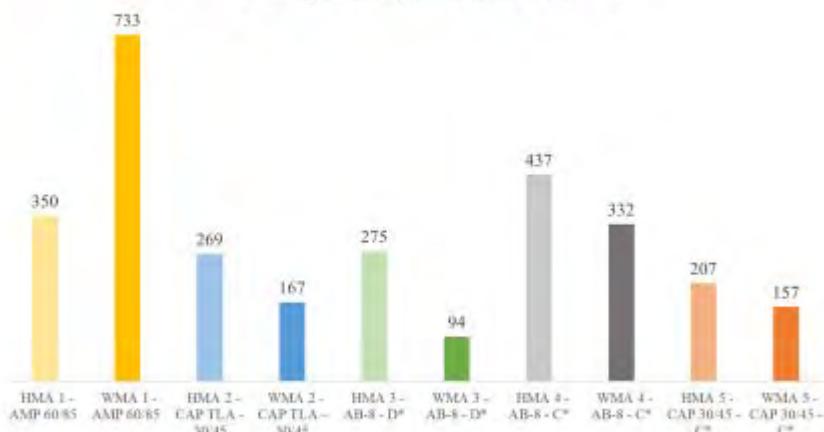
Norma	Mistura	VV médio (%)	VV desvio padrão	FN, ciclos	FN, desvio padrão
ABNT - NBR 16505/2016	HMA 1 - AMP 60/85	7,3	0,23	350	17
	WMA 1 - AMP 60/85	6,7	0,12	733	116
	HMA 2 - CAP TLA - 30/45	6,7	0,10	269	40
	WMA 2 - CAP TLA - 30/45	7,1	0,02	167	19
	HMA 3 - AB-8 - D*	6,5	0,46	275	30
	WMA 3 - AB-8 - D*	6,8	0,06	94	22
	HMA 4 - AB-8 - C*	7,0	0,36	437	130
	WMA 4 - AB-8 - C*	6,7	0,29	332	29
	HMA 5 - CAP 30/45 - C*	6,5	0,46	207	45
	WMA 5 - CAP 30/45 - C*	6,7	0,00	157	5



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

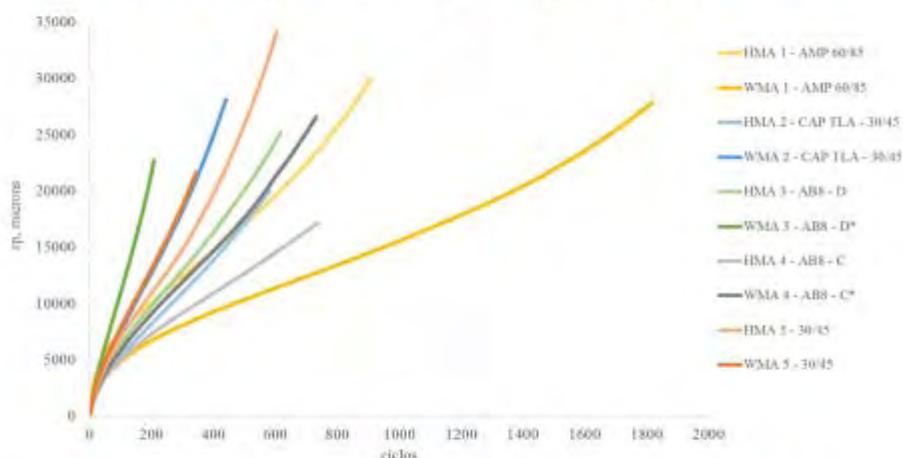
FN [ciclos] – NBR 16505



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

Curvas Ep [ microstrain] x FN [ciclos] – NBR 16505



## Resultados

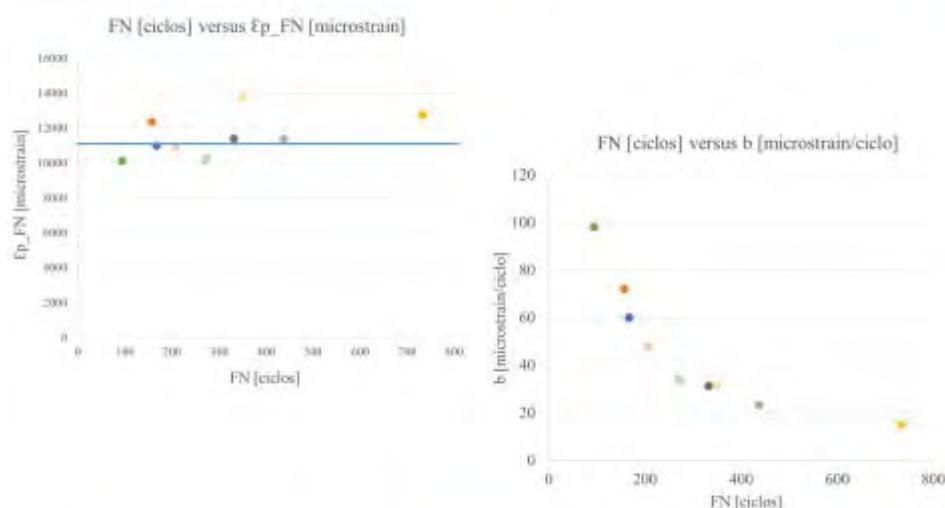
# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

Mistura	FN, ciclos	Valores médios - 3 CPs.		
		$\dot{\epsilon}_p$ 10 [microstrain]	$\dot{\epsilon}_p$ FN [microstrain]	b [microstrain/ciclo]
HMA 1 - AMP 60/85	350	2911	13683	32
WMA 1 - AMP 60/85	733	1699	12750	15
HMA 2 - CAP TLA - 30/45	269	1248	10126	34
WMA 2 - CAP TLA - 30/45	167	1572	10993	60
HMA 3 - AB-8 - D*	275	1436	10298	33
WMA 3 - AB-8 - D*	94	1874	10117	98
HMA 4 - AB-8 - C*	437	1376	11386	23
WMA 4 - AB-8 - C*	332	1341	11415	31
HMA 5 - CAP 30/45 - C*	207	1525	10933	48
WMA 5 - CAP 30/45 - C*	157	1766	12375	72



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

Resultados obtidos a partir da média de 3 CPs por mistura – AASTHO TP 79

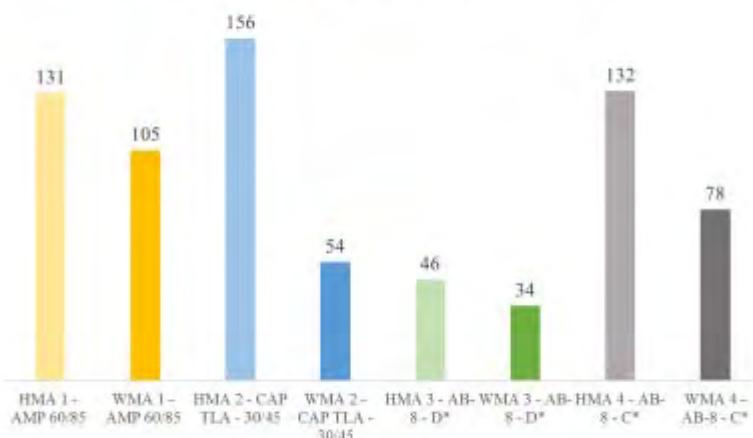
Norma	Mistura	VV médio (%)	VV desvio padrão	FN, ciclos	FN, desvio padrão
AASTHO TP 79-15	HMA 1 - AMP 60/85	6,9	0,06	131	7
	WMA 1 - AMP 60/85	6,6	0,21	105	31
	HMA 2 - CAP TLA - 30/45	6,7	0,21	156	75
	WMA 2 - CAP TLA - 30/45	6,7	0,35	54	10
	HMA 3 - AB-8 - D*	6,7	0,10	46	5
	WMA 3 - AB-8 - D*	6,9	0,23	34	4
	HMA 4 - AB-8 - C*	7,0	0,23	132	63
	WMA 4 - AB-8 - C*	6,8	0,21	78	16



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

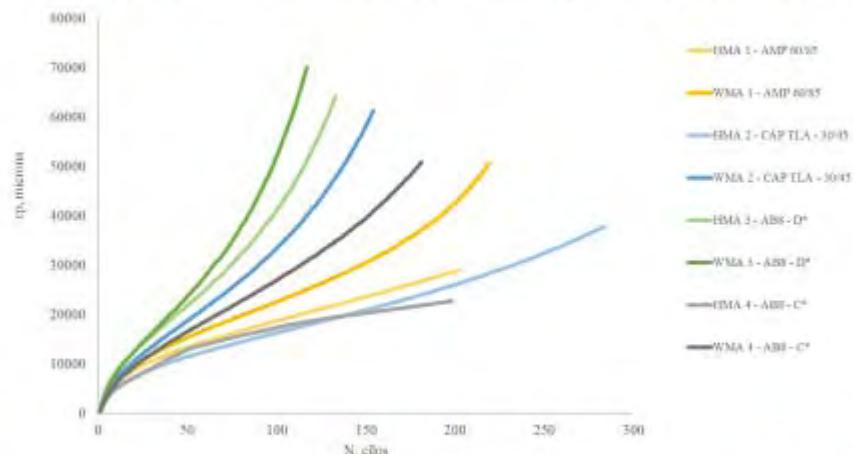
FN [ciclos] – AASTHO TP 79-15



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

Curvas Ep [ microstrain ] x FN [ ciclos ] – AASTHO TP - 79



LAPAV  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFGS



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

Norma	Mistura	FN, ciclos	Valores médios - 3 CPs		
			Ep 10 [microstrain]	Ep FN [microstrain]	b [microstrain/ciclo]
AASTHO TP 79-15	HMA 1 - AMP 60/85	131	6183	21494	127
	WMA 1 - AMP 60/85	105	6620	21860	160
	HMA 2 - CAP TLA - 30/45	156	5199	18126	89
	WMA 2 - CAP TLA - 30/45	54	6910	18815	271
	HMA 3 - AB8 - D*	46	8247	20691	346
	WMA 3 - AB8 - D*	34	7630	18097	436
	HMA 4 - AB8 - C*	132	5229	19332	116
	WMA 4 - AB8 - C*	78	6076	21601	228

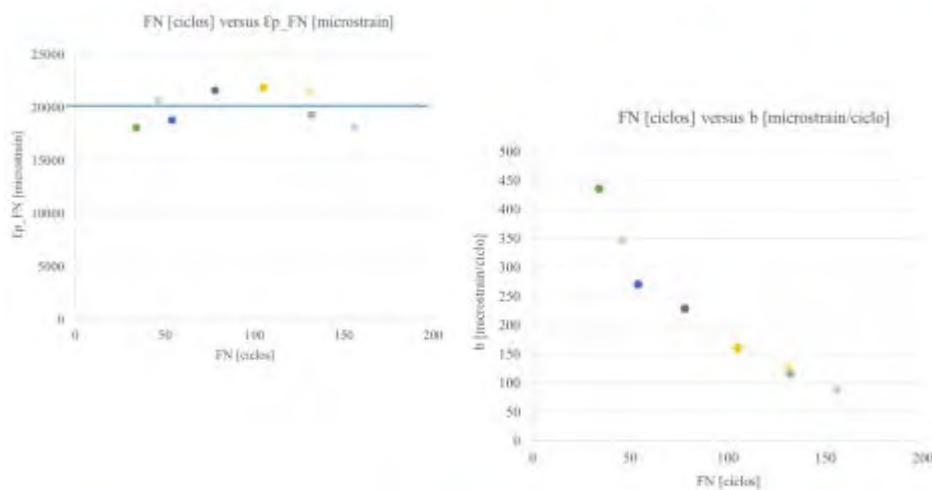


LAPAV  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFGS



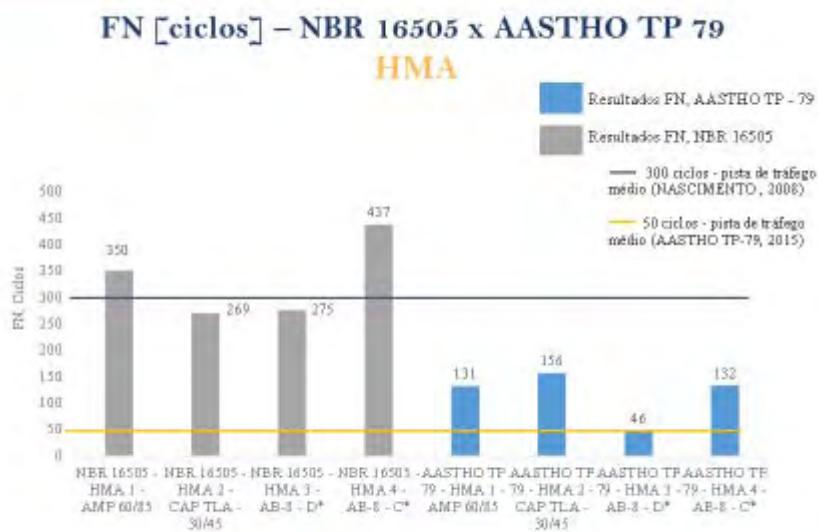
## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida



## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

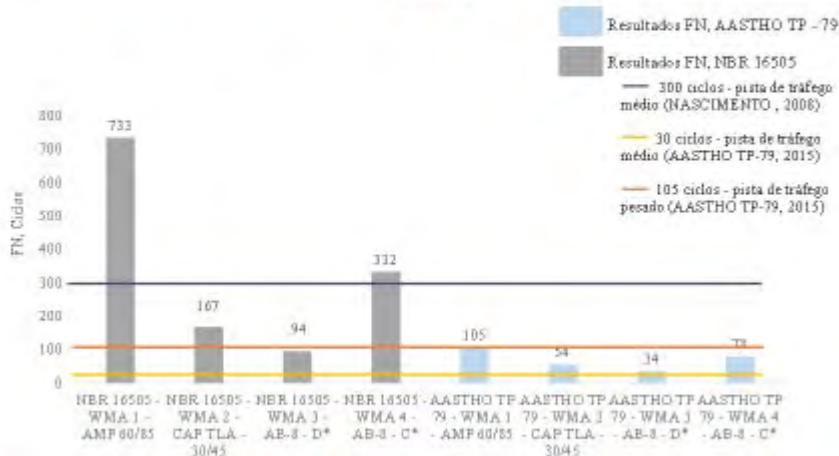


## Resultados

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

FN [ciclos] – NBR 16505 x AASTHO TP 79

WMA



## Conclusões

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- O ensaio uniaxial de carga repetida se mostrou-se adequado para identificar a suscetibilidade da mistura asfáltica à deformação permanente;
- Durante a realização do ensaio uniaxial de carga repetida detectou-se que este ensaio seria inadequado para modelar a evolução da deformação permanente ao longo da vida útil de um pavimento, já que o ensaio é realizado em uma temperatura e em uma tensão;



Conclusões

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- O procedimento adotado para a fabricação das amostras e realização dos ensaios mostrou-se adequando, alcançando resultados semelhantes para as amostras de uma mesma mistura;
- A leitura dos deslocamentos verticais pelos extensômetros mostrou-se ineficaz, concluindo que deva ser realizado um estudo para aprimorar estas medições;



Conclusões

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- Ao analisarmos o ensaio uniaxial de carga repetida pela norma brasileira - NBR 16505/2016, observou-se que as misturas mornas obtiveram desempenho inferior as misturas quentes com exceção da mistura WMA1 que teve desempenho superior à sua mistura quente;
- A mistura WMA 1 obteve o melhor desempenho à deformação permanente quanto o parâmetro FN.



Conclusões

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- Ao analisarmos as misturas moldadas com asfalto borracha constatou-se que a mistura dosada com cal calcítica teve desempenho superior ao da mistura com cal dolomítica. Comprovando os benefícios da cal calcítica, que possui maior concentração de óxido de cálcio disponível;
- Ao inserirmos TLA as misturas (HMA 2 e WMA 2), observa-se que há uma aumento no FN principalmente na mistura quente;



Conclusões

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- Nos ensaios uniaxiais de carga repetida pela norma americana AASTHO TP 79-2015, todos os resultados de FN foram inferiores aos obtidos segundo a NBR 16505/2016, este fato pode ser explicado devido à taxa de carregamento da AASTHO ser superior a da NBR 16505;
- Ao avaliar os critérios estabelecidos pela AASTHO para aplicação da mistura em campo verifica-se que as misturas obtiveram desempenho superior (salienta-se que os resultados foram obtidos a partir de uma variação do tempo e da temperatura de envelhecimento da mistura e da temperatura de ensaio, sendo necessária a realização de mais ensaios para confirmar os resultados obtidos.)



## Conclusões

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- Ao analisarmos os resultados dos ensaios verifica-se que o FN negligencia a magnitude das deformações, visualizando primordialmente a taxa em que as deformações crescem;
- Salienta-se que este trabalho serviu de subsídio para discussões quanto o desempenho de misturas asfálticas a deformação permanente pela norma brasileira na UFRGS, visando que a norma foi publicada durante a realização da pesquisa.



## Sugestões

# Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- Analisar diferentes faixas granulométricas para o mesmo ligante;
- Analisar a influência da temperatura de ensaio na obtenção do FN;
- Avaliar a obtenção do ciclo inicial da zona secundária para que seja feita uma análise mais apurada do início da zona secundária, já que a principal diferença entre as misturas é a taxa que a deformação acontece;
- Estudar os parâmetros oriundo do modelo de Francken, verificando se há uma relação com o comportamento distinto das misturas;



Sugestões

## Ensaio Uniaxial de Carga Repetida

- Avaliar os critérios utilizados para estipular a utilização das misturas em campo;
- Compreender as diferenças de realizar o ensaio através da norma brasileira e da norma americana;
- Monitorar o comportamento de pistas experimentais visando comparar o desempenho em campo e em laboratório das misturas asfáltica.



## *Apresentação Dissertação: Camila Kern*



Café Rodoviário

### **ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PAVIMENTOS DA REDE TEMÁTICA DE ASFALTO NO RIO GRANDE DO SUL – A AVALIAÇÃO DE UM PAVIMENTO SUBMETIDO À OSCILAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO**

Porto Alegre,  
maio de 2017

**Camila Kern**

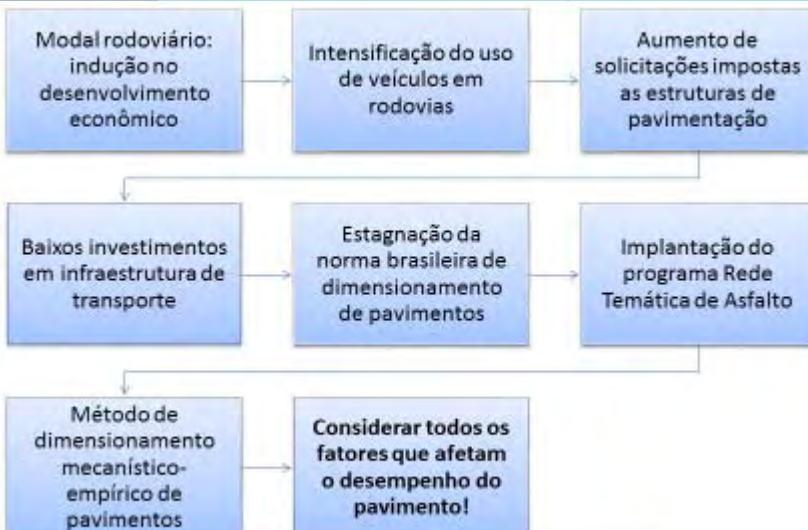
Introdução

Estrutura da Apresentação



## Introdução

## Problema e Justificativa da Pesquisa



## Introdução

## Objetivo Geral

Avaliar o desempenho de dois trechos da rodovia BR-290/RS incluídos no Projeto Rede Temática de Asfalto no Rio Grande do Sul, dando ênfase a análise da influência da variação do nível do lençol freático na deflexão deste pavimento.



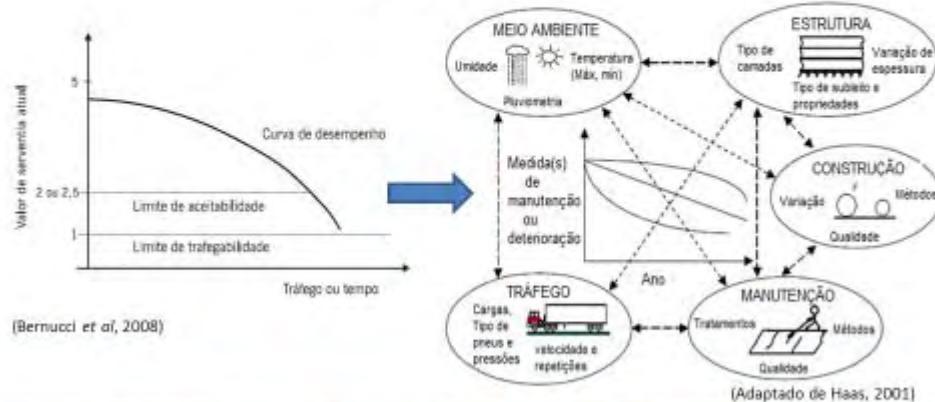
- ✓ Dar continuidade no monitoramento da rodovia BR-290/RS através de levantamentos de deflexões, de deformações permanentes, de defeitos superficiais e textura;
- ✓ Analisar os dados obtidos e calibrar as linhas de tendência propostas por Mattos (2014);
- ✓ Avaliar a oscilação do lençol freático da BR-290/RS através de um medidor de nível de água;



- ✓ Analisar o efeito da secagem e umedecimento no módulo de resiliência do solo do subleito da BR-290/RS, compactado com diferentes teores de umidade;
- ✓ Verificar através de retroanálise a relação entre a variação do nível do lençol freático da BR-290/RS e as deflexões medidas.

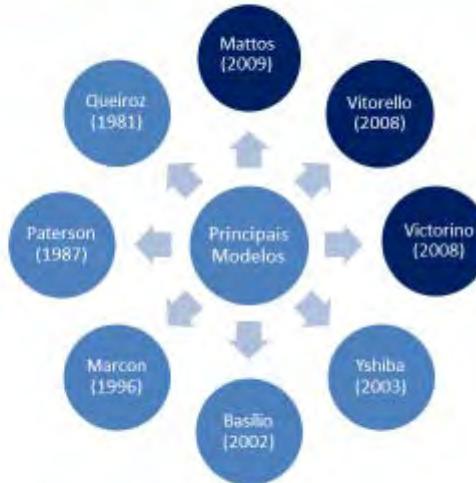


Desempenho: variação da **serventia** que o pavimento oferece aos seus usuários, ao longo do tempo ou após um determinado número de aplicações de carga do tráfego.

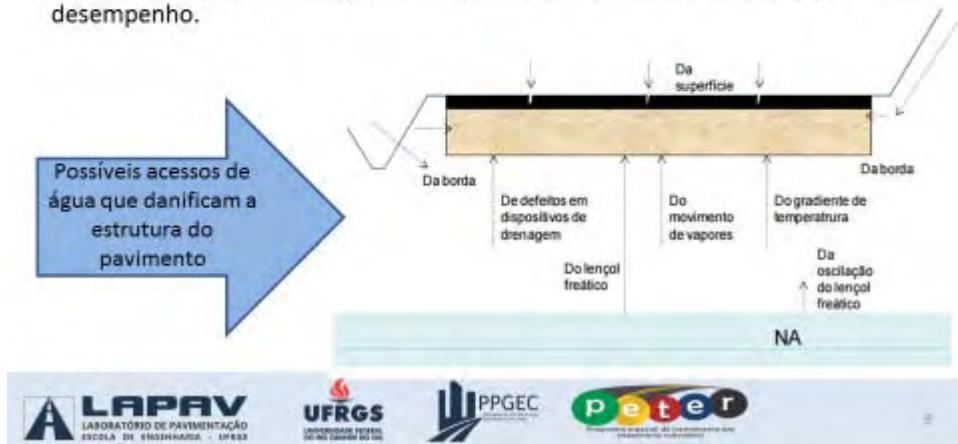


Estimam a **evolução** da condição do pavimento ao longo do tempo de vida útil;

- Fatores mais considerados:
- ✓ Idade;
  - ✓ Número estrutural;
  - ✓ Tráfego; e
  - ✓ Clima.**



- ✓ A influência das condições climáticas e ambientais é bastante significativa;
- ✓ Em pavimentos existentes ou novas estruturas, a temperatura, as precipitações de águas da chuva e a variação do lençol freático são fatores decisivos para o seu desempenho.



### Pesquisas realizadas dentro do projeto:

- ✓ Tese João Rodrigo Mattos (2014) – Monitoramento e análise de desempenho de pavimentos flexíveis da ampliação da rodovia BR-290/RS – A implantação do Projeto Rede Temática de Asfalto no Rio Grande do Sul.
  - Avaliação da Pré-execução, Execução e Pós-execução (2 anos) de três trechos da BR-290/RS;

- ✓ Tese André Bock (2016) – Pesagem em movimento de cargas atuantes em rodovias e seu impacto no desempenho de pavimentos da Rede Temática de Asfalto.

- Avaliação da Pré-execução, Execução e Pós-execução (2 anos) de dois trechos da BR-448/RS e continuação dos levantamentos pós-execução da BR-290/RS.

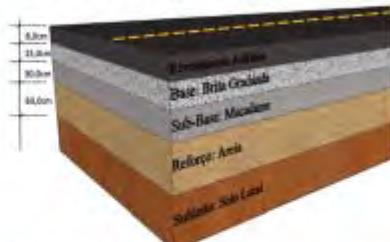
Calibração das linhas de tendências obtidas anteriormente  
para a BR-290/RS

## Metodología

## Trechos Monitorados

**Rodovia BR-290/RS (Freeway): Trecho I (entre o km 14+700 e km 14+400) e Trecho II (entre o km 5+500 e km 5+000), entre as cidades de Osório e Porto Alegre.**

Possui seis anos de monitoramento no Trecho I e cinco anos no Trecho II



## Metodología

## Monitoramento Pós-Execução

#### **Ensajos de campo realizados:**

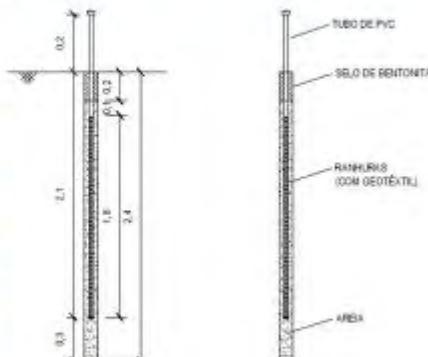
BB-290/BS → Junho e novembro de 2016

- ✓ Levantamento de Deflexões → Viga Benkelman
  - ✓ Irregularidade Longitudinal → AMAC e Perfilômetro a Laser
  - ✓ Afundamento de Trilha de Roda → Treliça de Alumínio
  - ✓ Macrotextura → Mancha de Areia
  - ✓ Microtextura → Pêndulo Britânico
  - ✓ Levantamento de Defeitos → Visualmente

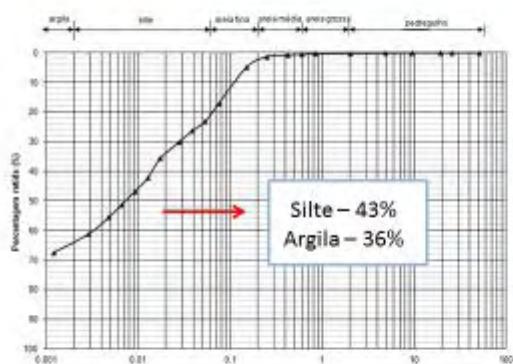


**Instrumentação da BR-290/RS para monitoramento do lençol freático**

Instalado no Km 14+630 (Trecho I)

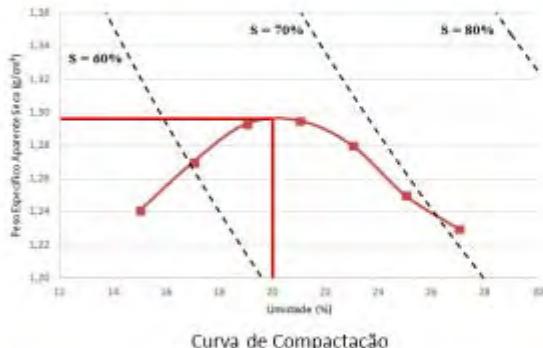


Medidor de nível d'água

**Ensaios de laboratório realizados:**

Material analisado

Curva Granulométrica

**Ensaios de laboratório realizados:****Características do material:**

- ✓ LL: 53%
- ✓ LP: 36%
- ✓ IP: 17%

**Classificação SUCS:**  
Grupo dos solos siltosos de alta compressibilidade (MH)

W<sub>d</sub>: 20%  
γ<sub>d</sub>: 1,295 g/cm<sup>3</sup>



✓ Amostras moldadas em condições de umidade pré-determinadas, submetidos a umedecimento e secagem.

✓ Duas amostras para cada variação de umidade.

Teor de umidade de moldagem	Unidade de Compactação (%)	Unidade de Ensaio (%)
W <sub>ds</sub>	20	20
W <sub>ds+1%</sub>	21	21
W <sub>ds+2%</sub>	22	22
W <sub>ds-1%</sub>	19	19
W <sub>ds-2%</sub>	18	18
W <sub>ds + 1%</sub>	20	21
W <sub>ds + 2%</sub>	20	22
W <sub>ds - 1%</sub>	20	19
W <sub>ds - 2%</sub>	20	18
W <sub>ds-1%</sub> + 2%	19	21
W <sub>ds+1%</sub> - 2%	21	19
W <sub>ds+1%</sub> + 2%	21	23
W <sub>ds-1%</sub> - 2%	19	17
W <sub>ds-2%</sub> + 2%	18	20
W <sub>ds+2%</sub> - 2%	22	20

✓ As amostras foram armazenadas por 24 horas para uniformizar a umidade.

**Ensaio Triaxial de Cargas Repetidas**

- ✓ Seguiu DNIT-ME 134 (2010)
- ✓ Limitação do condicionamento a 600 ciclos iniciais com tensão desvio de 21kPa e tensão confinante de 21kPa.

**Relatório de Ensaio Triaxial**

Laboratório de Pavimentação

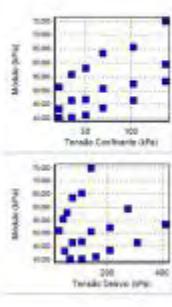
**Dados do Ensaio**

Operador: CARLA K. PFER  
Data: 19/09/19  
Altura C.R. (cm): 30  
Diâmetro C.R. (cm): 10

Cliente: DIRETORIA GERAL  
Verificação da C.R. MATERIAIS  
C.G.: 065

**Resultados**

$\sigma_3$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	$E$ (cm)	M.R.
1	21	0.0000	31140
2	41	0.0000	41429
3	42	0.0000	42291
4	42	0.0000	20071
5	39	0.0047	45410
6	42	0.0028	45442
7	42	0.0028	27142
8	50	0.0028	45001
9	50	0.0028	44938
10	50	0.0028	44938
11	50	0.0028	44938
12	50	0.0028	44938
13	50	0.0028	50701
14	50	0.0028	43941
15	50	0.0028	43941
16	50	0.0028	43941
17	50	0.0028	43941
18	50	0.0028	43941
19	50	0.0028	43941
20	50	0.0028	43941
21	50	0.0028	43941
22	50	0.0028	43941
23	50	0.0028	43941
24	50	0.0028	43941
25	50	0.0028	43941
26	50	0.0028	43941
27	50	0.0028	43941
28	50	0.0028	43941
29	50	0.0028	43941
30	50	0.0028	43941
31	50	0.0028	43941
32	50	0.0028	43941
33	50	0.0028	43941
34	50	0.0028	43941
35	50	0.0028	43941
36	50	0.0028	43941
37	50	0.0028	43941
38	50	0.0028	43941
39	50	0.0028	43941
40	50	0.0028	43941
41	50	0.0028	43941
42	50	0.0028	43941
43	50	0.0028	43941
44	50	0.0028	43941
45	50	0.0028	43941
46	50	0.0028	43941
47	50	0.0028	43941
48	50	0.0028	43941
49	50	0.0028	43941
50	50	0.0028	43941
51	50	0.0028	43941
52	50	0.0028	43941
53	50	0.0028	43941
54	50	0.0028	43941
55	50	0.0028	43941
56	50	0.0028	43941
57	50	0.0028	43941
58	50	0.0028	43941
59	50	0.0028	43941
60	50	0.0028	43941
61	50	0.0028	43941
62	50	0.0028	43941
63	50	0.0028	43941
64	50	0.0028	43941
65	50	0.0028	43941
66	50	0.0028	43941
67	50	0.0028	43941
68	50	0.0028	43941
69	50	0.0028	43941
70	50	0.0028	43941
71	50	0.0028	43941
72	50	0.0028	43941
73	50	0.0028	43941
74	50	0.0028	43941
75	50	0.0028	43941
76	50	0.0028	43941
77	50	0.0028	43941
78	50	0.0028	43941
79	50	0.0028	43941
80	50	0.0028	43941
81	50	0.0028	43941
82	50	0.0028	43941
83	50	0.0028	43941
84	50	0.0028	43941
85	50	0.0028	43941
86	50	0.0028	43941
87	50	0.0028	43941
88	50	0.0028	43941
89	50	0.0028	43941
90	50	0.0028	43941
91	50	0.0028	43941
92	50	0.0028	43941
93	50	0.0028	43941
94	50	0.0028	43941
95	50	0.0028	43941
96	50	0.0028	43941
97	50	0.0028	43941
98	50	0.0028	43941
99	50	0.0028	43941
100	50	0.0028	43941

Altura Final C.R.(cm): 10,01724  
Carga(2000kN)/Desenvolvimento-Característica(MPa): 1,0

Sistema de Aquecimento SEPAR 2010 - DB-

**Software Everstress 5.0**

- ✓ Obtenção de deflexões no topo do revestimento e topo do subleito.

Dados utilizados:

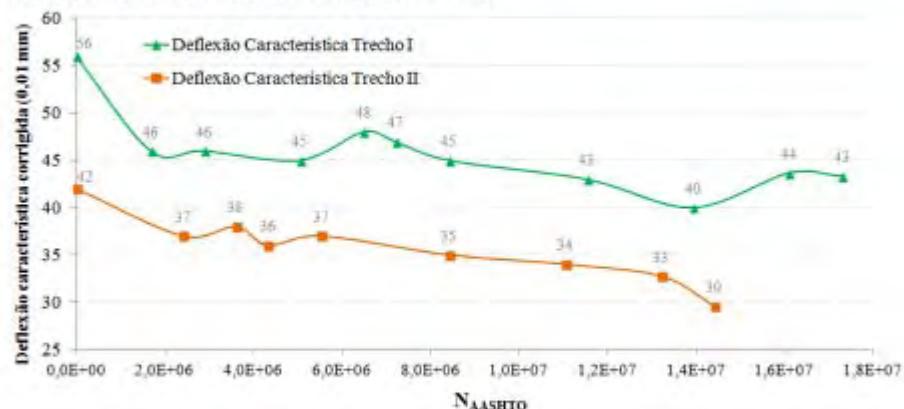
- ✓ Duas cargas uniformemente distribuídas (semi-eixo): 20,5 KN
- ✓ Pressão de Inflação: 560 kPa

Camada	Espessura (cm)	Módulo Resiliente (MPa)	Coef. De Poisso
Revestimento/C.A.	8	3340	0,3
Base/BGS	15	$MR = 105 \times \left(\frac{\theta}{\text{Patm}}\right)^{0,71}$	0,35
Sub-base/MS	30	300	0,35
Reforço/Arraia	60	$MR = 65 \times \left(\frac{\theta}{\text{Patm}}\right)^{0,68}$	0,4
Sobracho	00	$MR = R_t \times \left(\frac{\sigma_d - \sigma_u}{\text{Patm}}\right)^{\alpha_0}$	0,4

Mattos (2014)

Foram avaliadas quinze estruturas variando apenas o módulo resiliente do subleito, ou seja, variando em função da umidade pré-determinada.

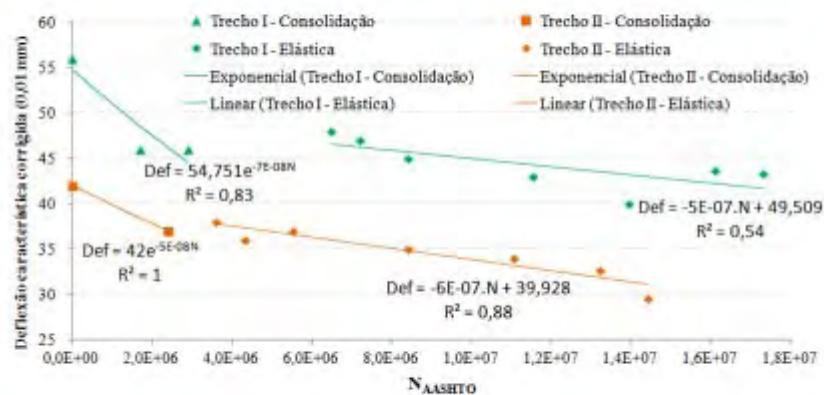
Avaliação Estrutural – Deflexões Viga Benkelman



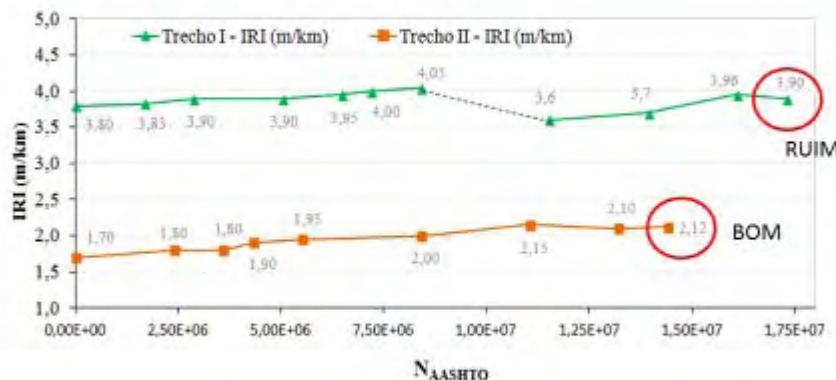
✓ Oscilação das deflexões: Fase elástica

✓ Reforço do subleito

Avaliação Estrutural – Deflexões Viga Benkelman

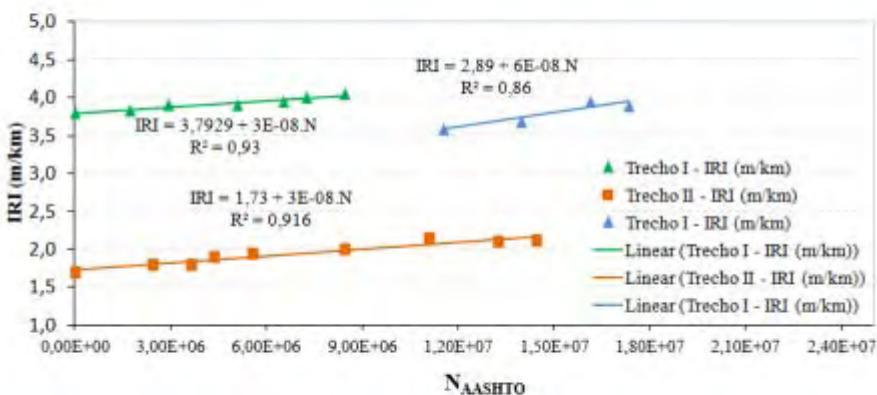


Avaliação Irregularidade Longitudinal



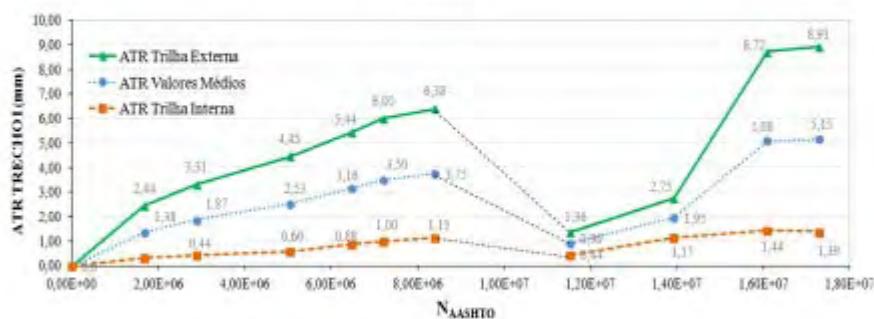
✓ Limite de 2,7 m/km (Manual de Conservação Rodoviária – DNIT)

Avaliação Irregularidade Longitudinal



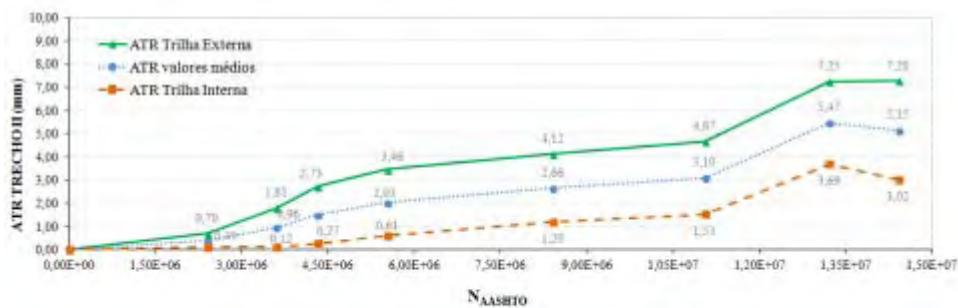
Afundamento nas Trilhas de Rodas (ATR)

Trecho I

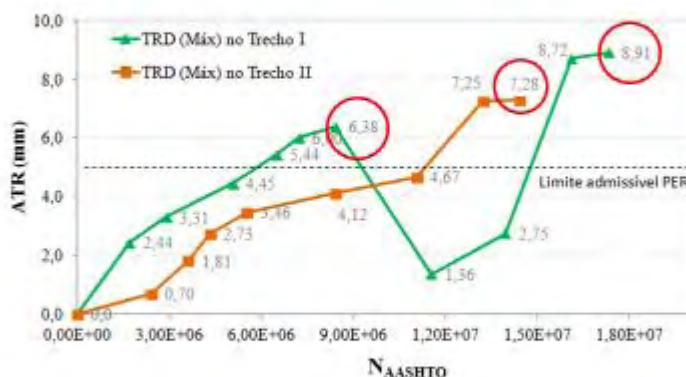


Afundamento nas Trilhas de Rodas (ATR)

Trecho II

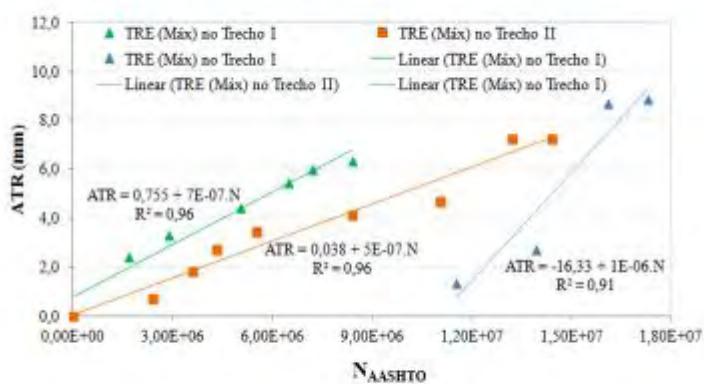


Afundamento nas Trilhas de Rodas (ATR)



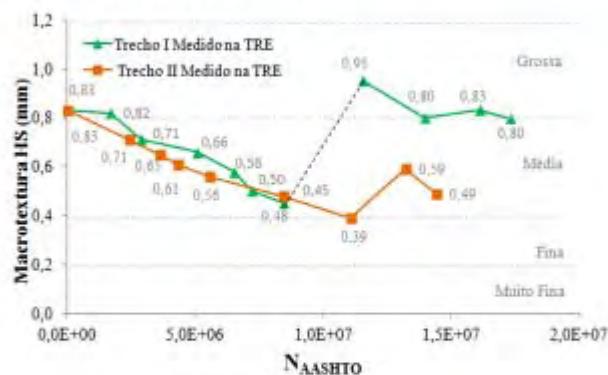
✓ Limite 5 mm (PER)

Afundamento nas Trilhas de Rodas (ATR)



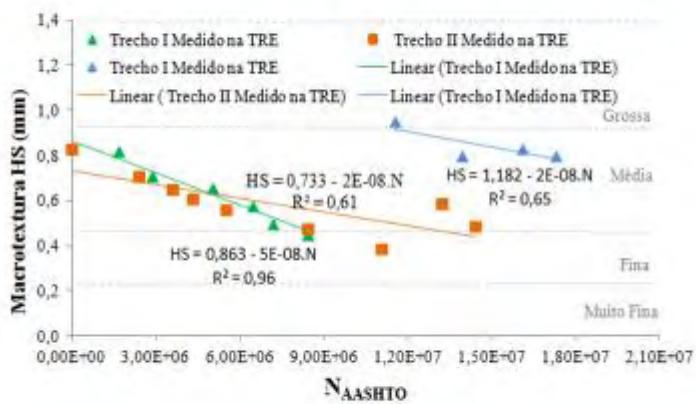
- ✓ Taxa de crescimento do trecho I é mais elevada (ainda maior após intervenção)
- ✓ Diferente evolução dos dois trechos

Determinação da Macrotextura Superficial

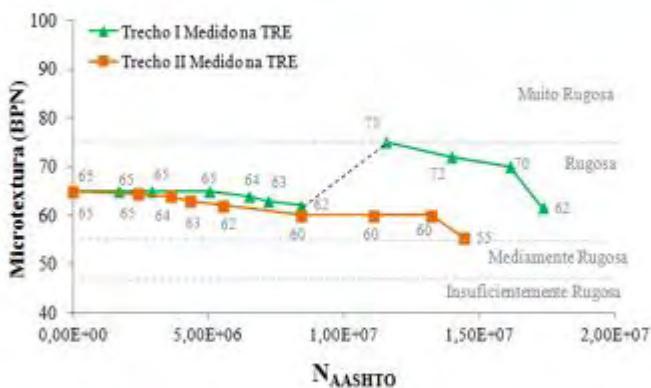


- ✓ Evolução semelhante até a intervenção
- ✓ Trecho II: mudança nos últimos levantamentos (Defeitos)

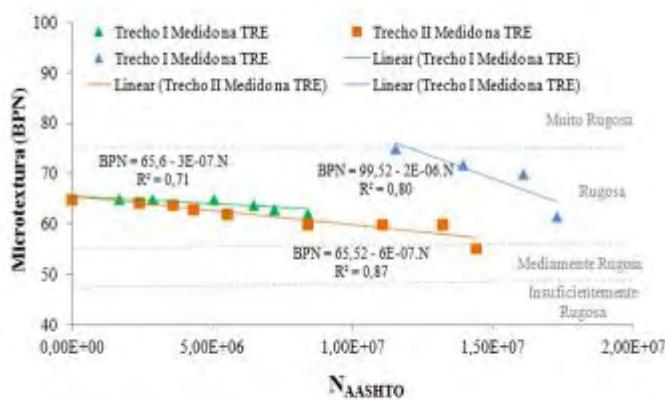
Determinação da Macrotextura Superficial



Determinação da Microtextura Superficial



Determinação da Microtextura Superficial



Levantamento de Defeitos

- ✓ Manutenções realizadas desde o início do monitoramento



Remendo executado em outubro de 2012

Afetando as avaliações  
dos trechos!

Sobreposição de camada  
de microrrevestimento  
asfáltico entre  
2013/2014

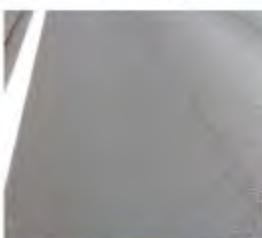
Levantamento de Defeitos



Trecho I

- ✓ Aumento no trincamento apresentando bombeamento de finos, arrancamento de agregados e até mesmo pequenas panelas.

Levantamento de Defeitos



Trecho II

- ✓ Baixa evolução dos defeitos
- ✓ Arrancamento de agregados
- ✓ Desgaste superficial e fissuras

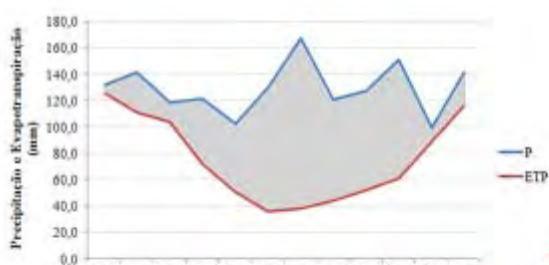


Aspecto atual dos trechos

IGG: Classificação  
REGULAR para o trecho I  
e BOA para o trecho II

Balanço hídrico da região

Índice de Umidade de Thornthwaite (TMI): Município de Osório/RS (km 0+000 da rodovia)



Embrapa (2012)

TMI = 72%

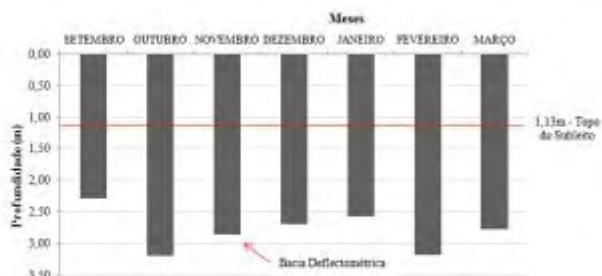
As camadas do pavimento  
tendem a permanecerem  
úmidas ao longo do ano

Classificação	Limites de TMI
Permanenteente Úmido	≥ 100
Úmido	20 - 99
Seco	0 - 19
Semi-árido	< 0

**Medidor de NA**

Trecho I - (km 14+630)

- ✓ Menor profundidade no mês de setembro (2,29m) – Grande quantidade de chuvas

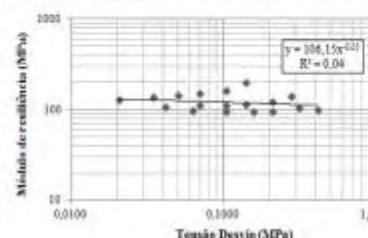


Mês de novembro: 2,86m → Deflexão máxima medida:  $43 \times 10^{-3}$  mm

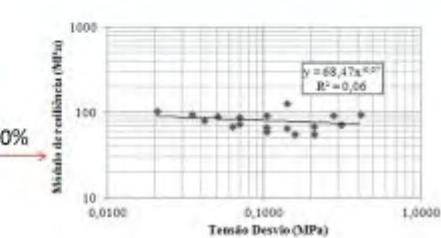
Valor de deflexão influenciada pela variação do lençol freático?



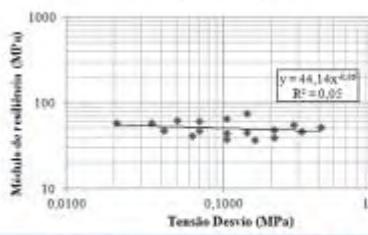
**Ensaios de Módulo de Resiliência**



18%



20%



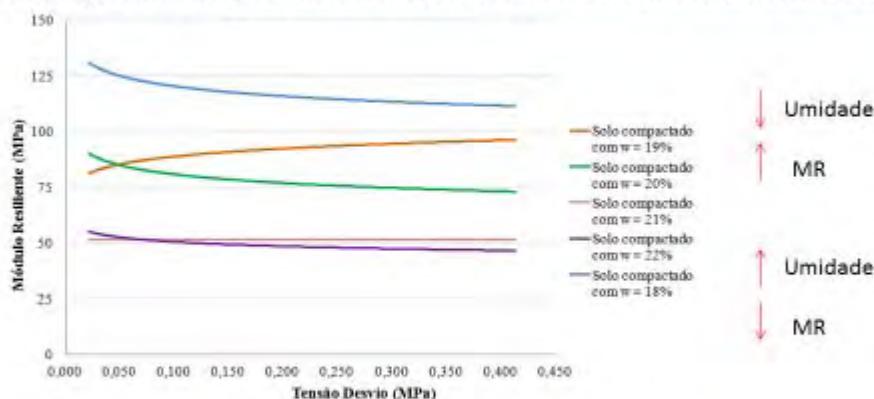
22%

- ✓  $R^2$  muito baixo e próximo à zero
- ✓ MR independe do estado de tensões

Maior fração de silte nos finos: menos sensível se torna o MR a variação da tensão desvio e mais deformável a ação de cargas repetidas

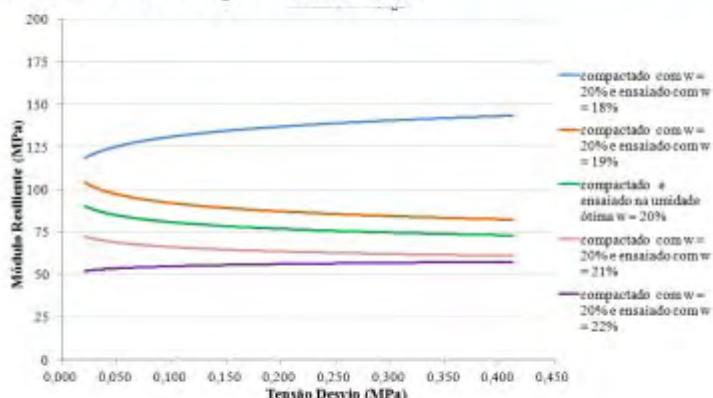


### Comparações entre MR para amostras compactadas e ensaiadas em diferentes umidades



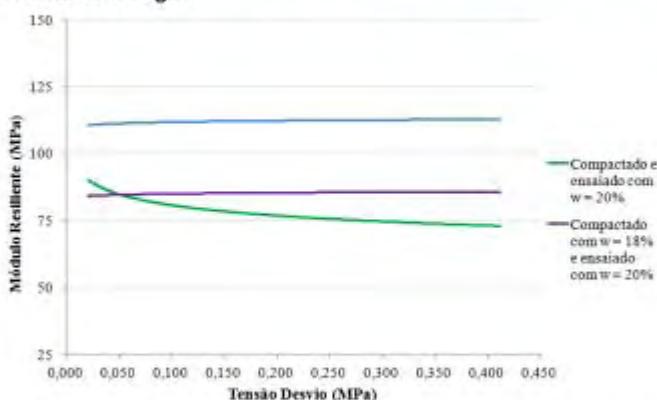
- ✓ Menor variação de MR no ramo úmido e maior no ramo seco
- ✓ Não dependência das tensões

### Comparações de MR para amostras compactadas na umidade ótima (20%) e submetidas a ciclos de umedecimento e secagem antes do ensaio



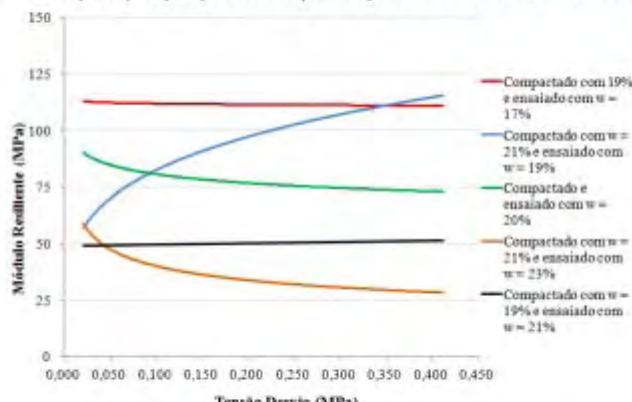
- ✓ Menor variação de MR no ramo úmido e maior no ramo seco
- ✓ Amostra ensaiada com  $w = 18\%$  → Aumento do MR pode ser atribuído à succção

Comparações de MR para amostras que alcançaram a umidade ótima (20%) por trajetória de umedecimento ou secagem



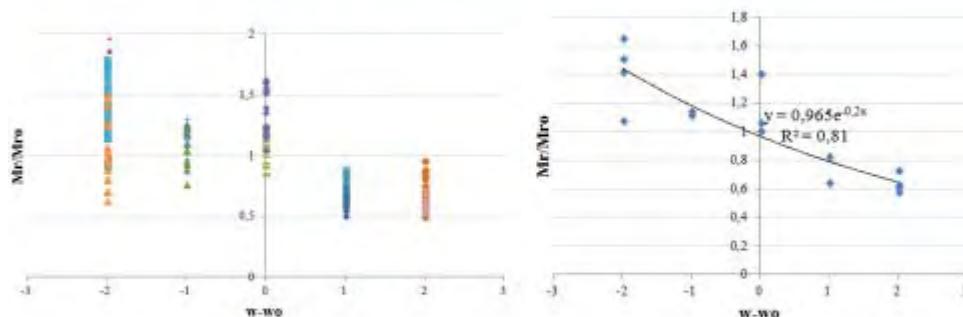
- ✓ Amostra submetida ao processo de secagem apresentou maior MR
- ✓ Amostra submetida ao processo de umedecimento apresentou MR maior que Wótima

Comparações de MR para amostras compactadas mais secas ou mais úmidas em relação à umidade ótima (20%) e que passaram por trajetória de umedecimento ou secagem



- ✓ Menor variação de MR no ramo úmido e maior no ramo seco
- ✓ Amostra mais úmida rompeu na metade do ensaio

### Modelagem dos resultados de MR



- ✓ Maior MR para amostras ensaiadas a 18% e 20%
- ✓ Pouca variação com o aumento da umidade

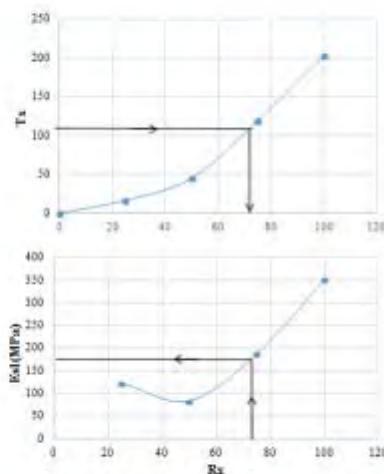
### Retroanálise – Método de Albernaz (1997)

Obtenção do MR de campo utilizando a bacia deflectométrica obtida com a viga Benkelman.

R <sub>x</sub> (cm)	0	25	50	75	100
D <sub>x</sub> (cm)	0,043	0,039	0,029	0,009	0,003
T <sub>x</sub> (cm)	0	16,60	44,93	118,53	202,64
MR Subleito (MPa)	0,0	122,0	82,6	187,1	350,9
MR Pavimento (MPa)	0	2772,9	868,7	370,9	332,7

- ✓ Espessura do pavimento: 1,13m

$$MR = 175 \text{ MPa}$$



### Utilização do Software Everstress 5.0

- ✓ Aumento das deflexões com a umidade
- ✓ Variação de umidade na etapa de compactação
- ✓ Ciclos de secagem: diminuição das deflexões
- ✓ Ciclos de umedecimento: aumento das deflexões
- ✓ Deflexão de campo  $43 \times 10^{-2}$  mm
- ✓ Menor deflexão com 17% de umidade:  $46 \times 10^{-2}$  mm

Amostra	Deflexões topo do pavimento (0,01mm)		Deflexões topo do subleito (0,01mm)
	18%	21%	
1	47	13	
2	50	17	
3	52	19	
4	56	23	
5	59	26	
6	54	21	
7	55	22	
8	50	17	
9	46	13	
10	56	23	
11	46	13	
12	57	24	
13	51	17	
14	51	17	
15	47	13	

### Projeto Rede Temática de Asfalto

Realizado dois levantamentos: junho e novembro de 2016

#### Avaliação estrutural: Deflexões (Viga Benkelman)

Continuam apresentando descontinuidade nos valores, podendo estar relacionada a oscilação do NA, que causa variação das deflexões medidas (como concluído em laboratório).

#### Avaliação da Irregularidade Longitudinal

O valor de IRI continua muito elevado no Trecho I (3,90 m/km), demonstrando ser necessária uma intervenção. O Trecho II apresentou um IRI de 2,12 m/km.

#### Afundamento em Trilha de Roda

Os ATRs continuam muito elevados e acima do permitido para a rodovia (Trecho I com 8,91mm e Trecho II 7,28mm).

#### Aderência pneu-pavimento

Não houve mudanças significativas. A superfície se apresentou **rugosa e medianamente aberta**, mas pode-se ter problemas ao se considerar a aderência e os elevados ATRs (**aquaplanagem**).

#### Defeitos

**Continua evolução** dos defeitos já existentes, apresentando maior incidência de trincas, fissuras, desgaste, arrancamento de agregados e elevados ATRs.

#### Linhas de tendência obtidas para IRI, ATR, deflexões, macro e microtextura

Apresentaram **R<sup>2</sup> elevados**, variando entre **0,54 a 0,96**. As linhas de tendência obtidas após a realização do microrrevestimento asfáltico no Trecho I demonstraram taxas de crescimento maiores.



- ✓ Obtenção de **Coeficientes de Determinação muito baixos** e próximos a zero. Acredita-se que isso ocorra por o solo possuir **elevado índice de silte** em sua composição, ficando menos sensível a variação de tensões e mais deformável a ação de cargas repetidas.
- ✓ Amostras moldadas **abaixo da umidade ótima** apresentaram **MR maiores** se comparados as **amostras moldadas acima da umidade ótima**. Elas adquirem mais rigidez e sofrem menos deformações.
- ✓ As amostras compactadas na umidade ótima e que passaram por trajetórias de **umedecimento não apresentaram variação significativa** (MR de 62,4MPa para a amostra ensaiada com 22% de umidade e 62,7MPa para a amostra ensaiada com 21% de umidade).



- ✓ As amostras compactadas na umidade ótima e que sofreram **secagem** antes de serem ensaiadas, observa-se que quanto **menor o teor de umidade** no qual a amostra foi ensaiada, **maior é o módulo medido**. Este aumento tão significativo no MR pode ser atribuído à **sucção**.
- ✓ A **linha de tendência** obtida entre o MR normalizado médio e as variações de umidade (compactação e trajetórias) para os ensaios realizados apresentou significância estatística (**R<sup>2</sup> de 0,81**).



- ✓ **MR de 175MPa** obtido pelo Método de Albernaz (1997) foi bastante superior aos obtidos em laboratório. Conclui-se que o **solo do subleito estava mais seco** no dia em que foi realizado o levantamento de campo com a coleta da bacia deflectométrica;
- ✓ Utilizando o *software* Everstress 5.0 verificou-se que **existem relações entre a variação de NA (umidade do solo) e as deflexões**. Um maior nível de água apresenta maiores deflexões.
- ✓ Relacionando a bacia deflectométrica com as deflexões obtidas através do *software* Everstress 5.0, os MR obtidos em laboratório e o MR obtido pelo método de Albernaz, concluiu-se que o **solo do subleito estava mais seco neste período**.





UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



Laboratório de Pavimentação  
Área de Testes e Pesquisas de  
Pavimentos

Av. Bento Gonçalves, 9500.  
Prédio 43-B10, Bairro Agronomia.  
CEP 91501-970.

Fone: +55 51 3308-7049  
Fax: +55 51 3308-8999  
[lapev1@cpgec.ufrgs.br](mailto:lapev1@cpgec.ufrgs.br)



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS

## *Apresentação Dissertação: Luiza Carbunk Godoi*



# **APLICAÇÃO DO ENSAIO DE FLEXÃO EM AMOSTRA SEMICIRCULAR PARA AVALIAÇÃO DE TRINCAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS**

Luiza Carbunk Godoi

Orientador: D.Sc. Jorge Augusto Pereira Ceratti



## Objetivo Geral

Avaliar a resistência à propagação do trincamento e estimativa de vida de fadiga de três misturas asfálticas no teor de projeto. Além disso, buscou-se analisar a influência do teor de ligante asfáltico na mistura com ligante convencional, o qual foi moldado tanto no teor de projeto quanto com 0,5% a mais do produto adicionado à composição.

Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## Controle de Volume de Vazios, Grau de Compactação e Dimensões das Amostras Semicirculares

Mistura	Corpo de Prova	Vv (%)	GC (%)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)
CAP 50/70 (TP)	1	3,32	100,6	149,7	73,6	49,4
	7	3,38	100,6	149,2	73,2	51,5
	8	3,45	100,5	149,1	72,4	50,2
	5	3,70	100,2	149,5	72,8	49,6
AMP 60/85	1	3,12	101,2	149,6	73,1	48,9
	5	3,24	101,0	149,3	73,3	52,5
	8	3,43	100,8	149,6	73,4	52,0
	10	3,87	100,4	149,8	75,0	53,0
AB8	1	3,49	104,1	149,2	73,8	51,8
	2	3,49	104,1	149,5	74,4	50,5
	3	3,19	104,4	149,4	73,5	51,7
	6	3,36	104,2	149,8	73,6	53,1
CAP 50/70 (TP+0,5%)	6	3,32	100,7	155,0	74,6	52,0
	8	3,00	101,0	149,4	73,2	55,3
	25	3,48	100,5	150,0	73,9	52,4
	26	4,33	99,7	150,8	73,0	51,1

Introdução

Revisão Bibliográfica

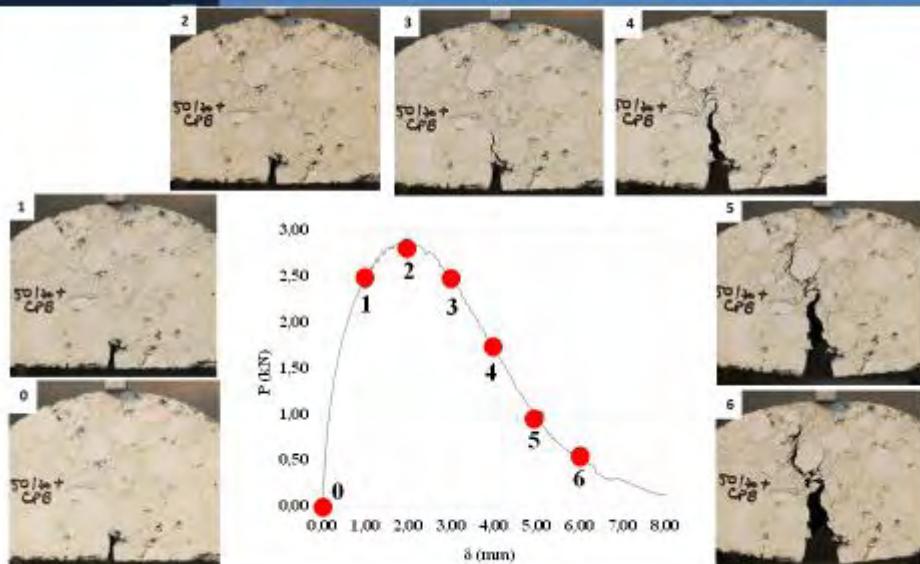
Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

### Método de avaliação dos resultados: SCB estático



Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

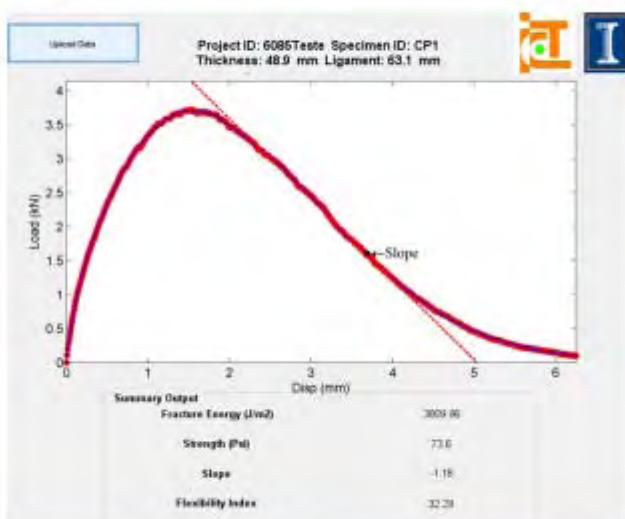
## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

### Método de avaliação dos resultados: SCB estático



## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

### Método de avaliação dos resultados: SCB estático



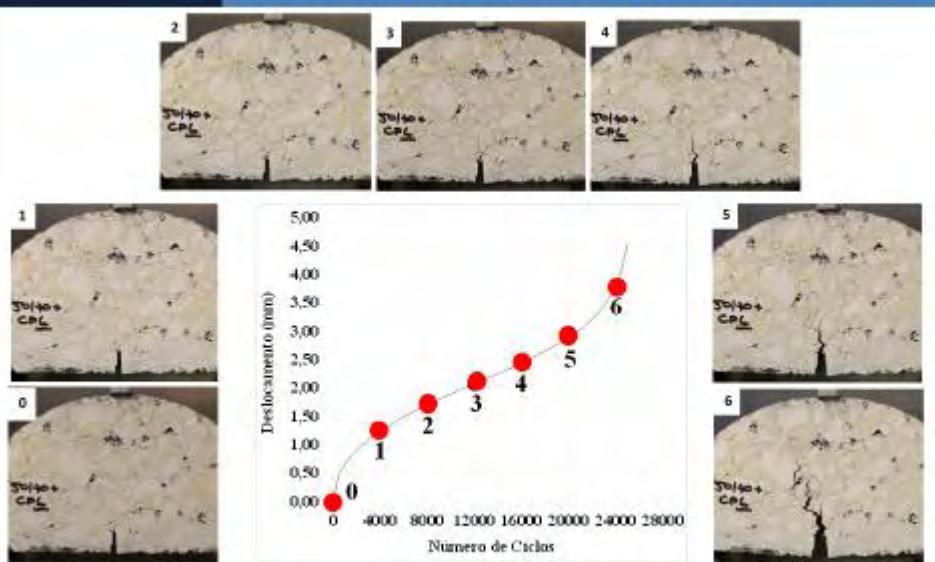
## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

### Método de avaliação dos resultados: SCB estático

Introdução Revisão Bibliográfica Materiais e Métodos Apresentação e Análise de Resultados Considerações Finais

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

Método de avaliação dos resultados: SCB dinâmico



Introdução

Revisão Bibliográfica

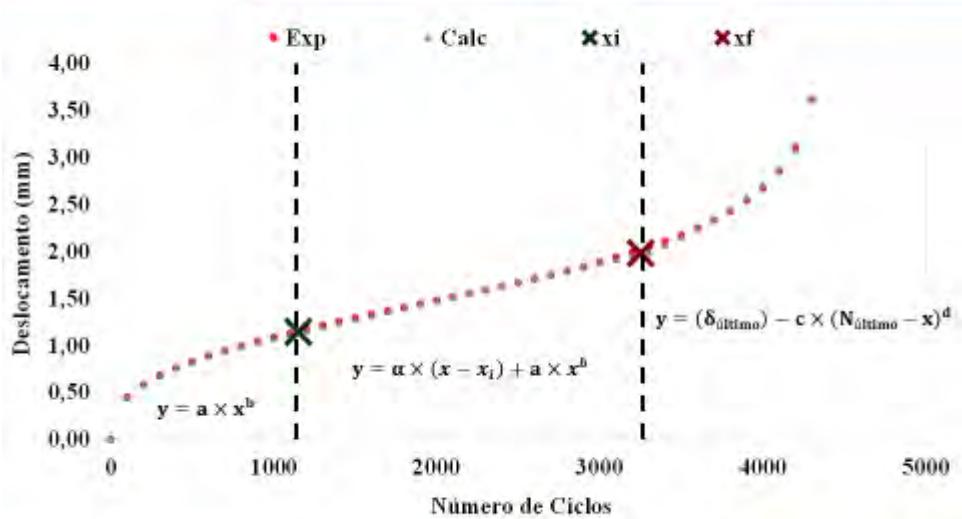
Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

Método de avaliação dos resultados: SCB dinâmico



Introdução

Revisão Bibliográfica

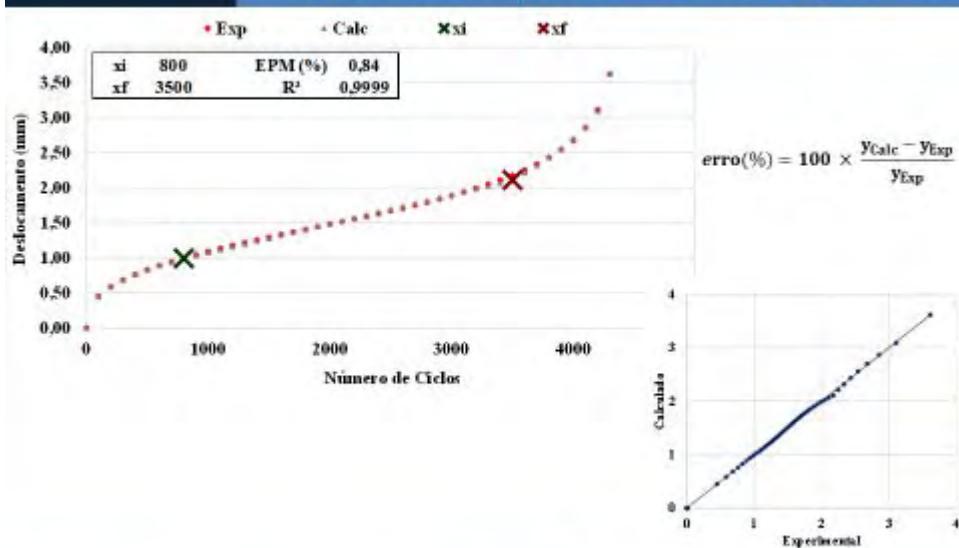
Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

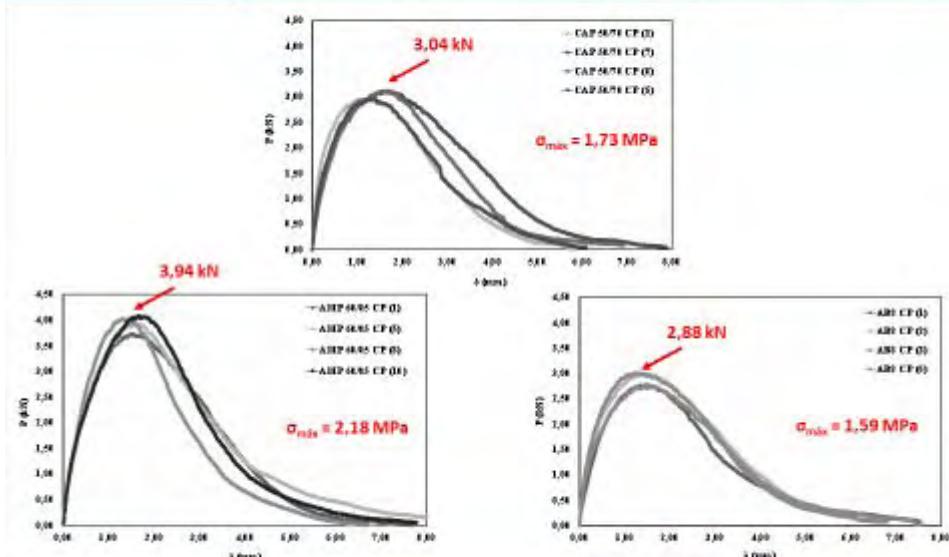
### Método de avaliação dos resultados: SCB dinâmico



[Introdução](#)   [Revisão Bibliográfica](#)   [Materiais e Métodos](#)   **Apresentação e Análise de Resultados**   [Considerações Finais](#)

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

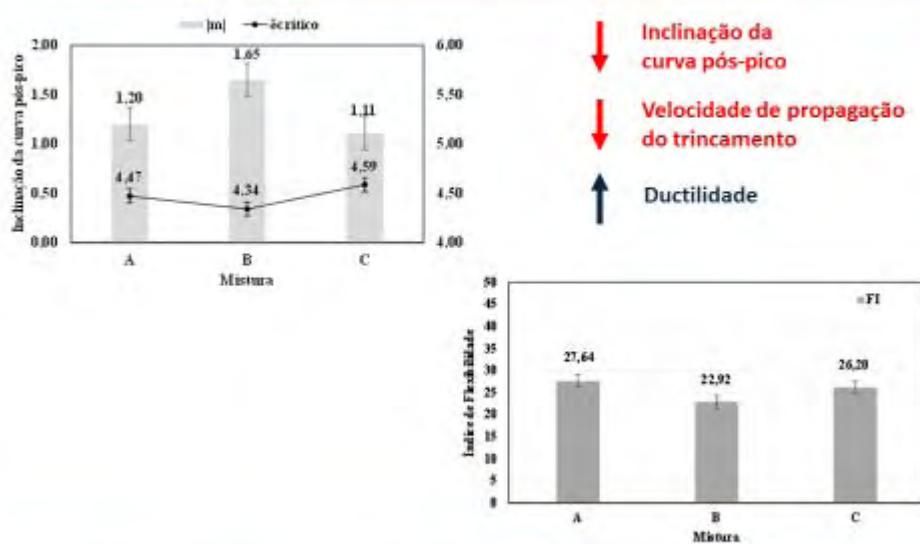
### Análise de diferentes misturas asfálticas: SCB estático



[Introdução](#)   [Revisão Bibliográfica](#)   [Materiais e Métodos](#)   **Apresentação e Análise de Resultados**   [Considerações Finais](#)

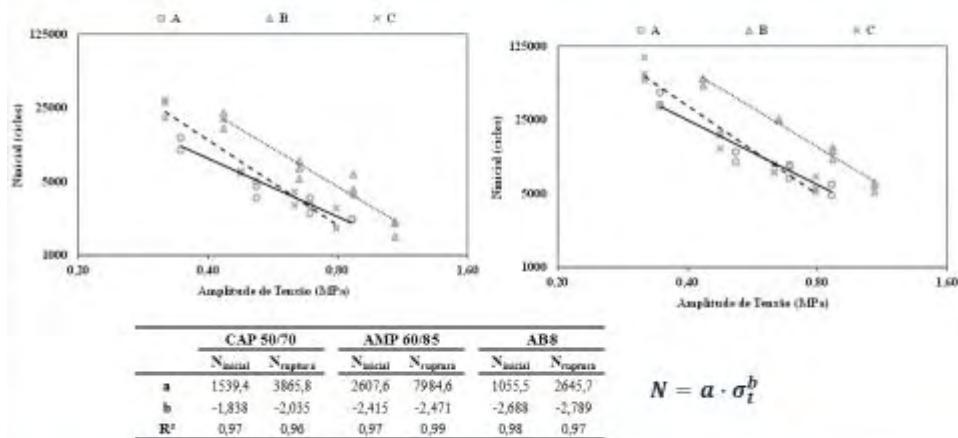
## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

### Análise de diferentes misturas asfálticas: SCB estático


[Introdução](#)
[Revisão Bibliográfica](#)
[Materiais e Métodos](#)
[Apresentação e Análise de Resultados](#)
[Considerações Finais](#)

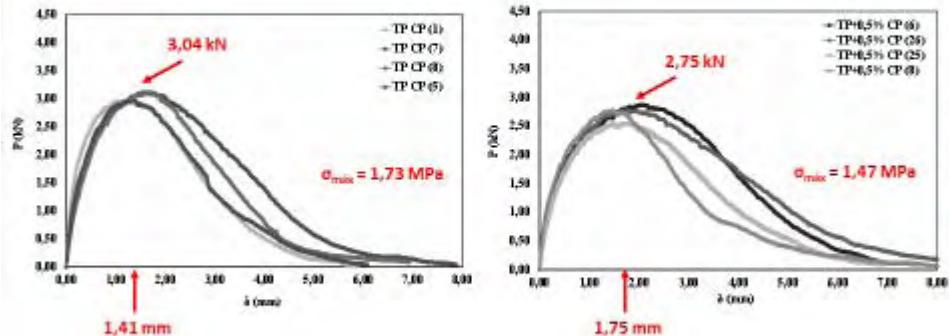
## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

### Análise de diferentes misturas asfálticas: SCB dinâmico


[Introdução](#)
[Revisão Bibliográfica](#)
[Materiais e Métodos](#)
[Apresentação e Análise de Resultados](#)
[Considerações Finais](#)

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

Análise da influência do teor de ligante asfáltico: SCB estático



Introdução

Revisão Bibliográfica

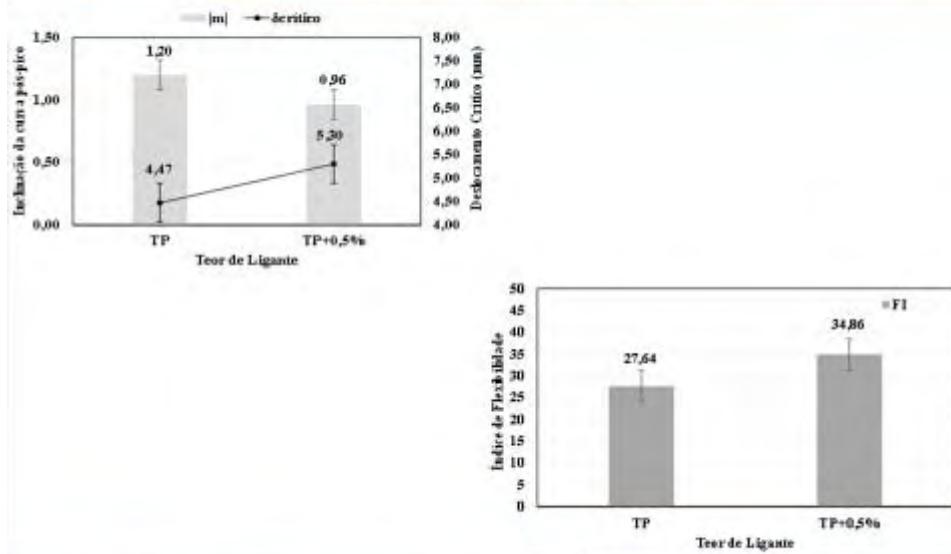
Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

Análise da influência do teor de ligante asfáltico: SCB estático



Introdução

Revisão Bibliográfica

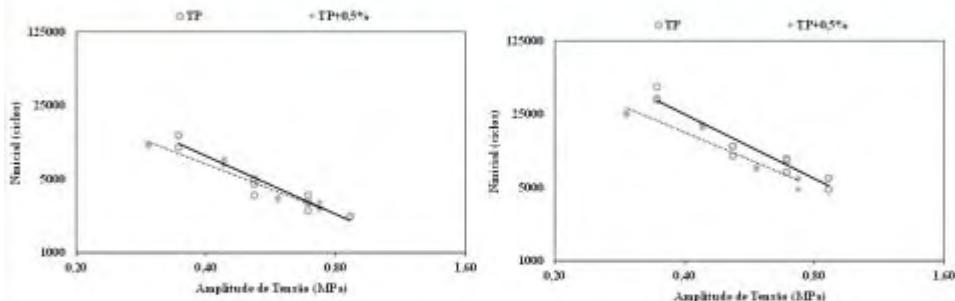
Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

Análise da influência do teor de ligante asfáltico: SCB dinâmico



	TP		TP+0,5%	
	N <sub>inicial</sub>	N <sub>expansão</sub>	N <sub>inicial</sub>	N <sub>expansão</sub>
a	1539,4	3865,8	1839,4	3443,3
b	-1,838	-2,035	1,576	-1,73
R <sup>2</sup>	0,97	0,96	0,94	0,93

$$N = a \cdot \sigma_t^b$$

Introdução

Revisão Bibliográfica

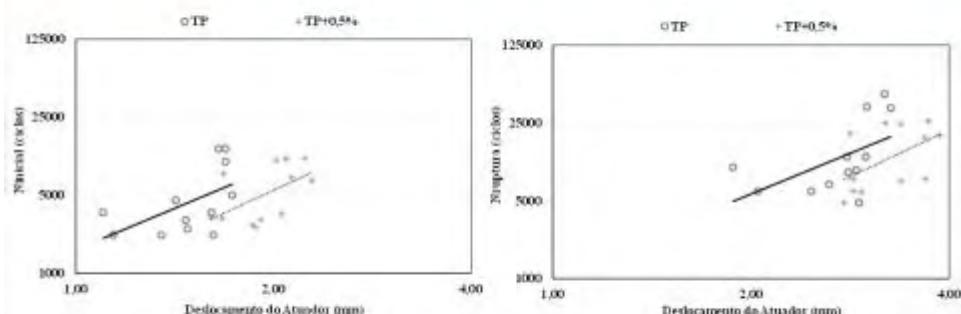
Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## ENSAIOS DE FRATURA EM AMOSTRA SEMICIRCULAR

Análise da influência do teor de ligante asfáltico: SCB dinâmico



Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## Conclusões

AMP 60/85 (TP 5,6%)



Comportamento mais frágil e rígido



Valores elevados de pico de carga ( $P_{máx}$  3,94 kN)



Maior resistência máxima média ao início da propagação do trincamento ( $\sigma_{máx}$  2,18 MPa)

CAP 50/70 (TP 5,3%)



Valores intermediários de pico de carga ( $P_{máx}$  3,04 kN)



Resistência máxima média ao início da propagação do trincamento intermediária ( $\sigma_{máx}$  1,73 MPa)

AB8 (TP 7,2%)



Maior ductilidade



Valores inferiores de pico de carga ( $P_{máx}$  2,88 kN)



Menor resistência máxima média ao início da propagação do trincamento ( $\sigma_{máx}$  1,59 MPa)

Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## Conclusões

AMP 60/85 (TP 5,6%)



Inclinação ingreme do trecho pós-pico ( $|m|$  1,65)



Maior velocidade de propagação das microtrincas



Menor deslocamento crítico ( $\delta_{crítico}$  4,34mm)



Composição mais rígida  
FI 22,92

CAP 50/70 (TP 5,3%)



Inclinação intermediária do trecho pós-pico ( $|m|$  1,20)



Valor intermediário de deslocamento crítico ( $\delta_{crítico}$  4,47mm)



Composição mais flexível  
FI 27,64

AB8 (TP 7,2%)



Inclinação mais suave do trecho pós-pico ( $|m|$  1,11)



Menor velocidade de propagação do trincamento



Maior deslocamento crítico ( $\delta_{crítico}$  4,59mm)



Composição flexível  
FI 26,20

Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## Conclusões

AMP 60/85 (TP 5,6%)



Apresentou melhor desempenho, tanto no que se refere ao início da propagação do trincamento, quanto no número de ciclos necessário para o rompimento das amostras

CAP 50/70 (TP 5,3%)



Quando submetidas a amplitudes de tensão superiores a 0,65 MPa, passa a ser mais eficaz contra o desenvolvimento do trincamento e a ruptura por fadiga

AB8 (TP 7,2%)



Quando submetidas a amplitudes de tensão menores que 0,65 MPa, mostrou-se mais eficiente em retardar o desenvolvimento do trincamento assim como da ruptura

Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## Conclusões

CAP 50/70 (TP)



Pico de carga mais elevado ( $P_{máx}$  3,04 kN)



Maior resistência máxima média ao início da propagação do trincamento

( $\sigma_{máx}$  1,73 MPa)



O deslocamento do atuador ( $\delta_{máx}$  1,41 mm) correspondente ao ponto máximo é menor

CAP 50/70 (TP + 0,5%)



Pico de carga inferior ( $P_{máx}$  2,75 kN)



Menor resistência máxima média ao início da propagação do trincamento

( $\sigma_{máx}$  1,47 MPa)



É necessário maior deslocamento do atuador ( $\delta_{máx}$  1,78 mm) para que se atinja este ponto máximo



Maior ductilidade

Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de Resultados

Considerações Finais

## Conclusões

CAP 50/70 (TP)



Inclinação do trecho pós-pico mais  
ingreme ( $|m|$  1,26)



Maior velocidade de propagação do  
trincamento



Menor deslocamento crítico  
(4,47 mm)



Composição menos flexível  
(FI 27,64)

CAP 50/70 (TP + 0,5%)



Inclinação do trecho pós-pico  
inferior no valor de 0,96



Menor velocidade de propagação do  
trincamento



Deslocamento crítico superior  
(5,30 mm)



Composição mais flexível  
(FI 34,86)

Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de  
Resultados

Considerações Finais

## Conclusões

CAP 50/70 (TP)



Apresentou maior número de ciclos  
necessários para o desenvolvimento do  
trincamento e também para ruptura por  
fadiga

CAP 50/70 (TP + 0,5%)



Embora o início do trincamento e a  
ruptura ocorram com uma  
quantidade inferior de ciclos, foi  
necessário maior deslocamento  
vertical (medido a partir do atuador)  
para iniciar a propagação das trincas  
e romper as amostras com mais  
ligante

Destaca-se a necessidade de maiores estudos em torno do assunto.

Introdução

Revisão Bibliográfica

Materiais e Métodos

Apresentação e Análise de  
Resultados

Considerações Finais



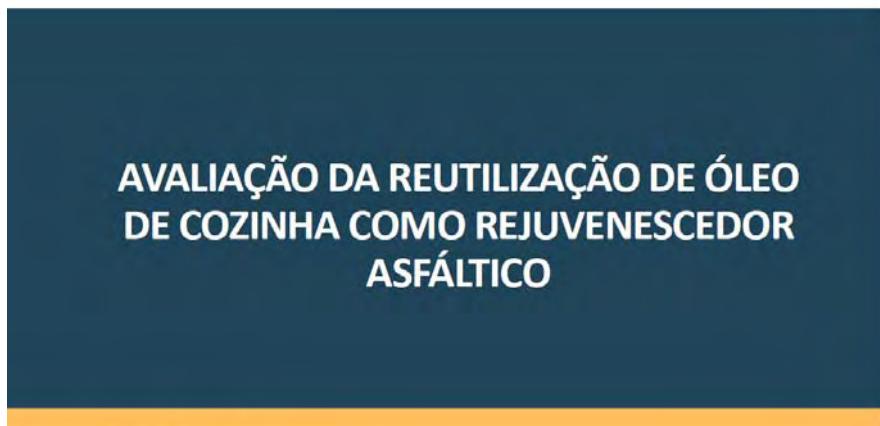
## APLICAÇÃO DO ENSAIO DE FLEXÃO EM AMOSTRA SEMICIRCULAR PARA AVALIAÇÃO DE TRINCAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS

Luiza Carbunck Godoi

Orientador: D.Sc. Jorge Augusto Pereira Ceratti



## *Apresentação GEORS: Eduarda Fontoura*



Autores: Eduarda Fontoura

Engº. Douglas Martins Mocelin

Prof. PhD. Lélio Antônio Teixeira Brito

Prof. DSc. Jorge Augusto Pereira Ceratti



Apresentação

Introdução

Objetivo

Metodologia

Resultados

Considerações Finais

Cimento asfáltico de petróleo (CAP):



O óleo de cozinha é um dos resíduos **mais poluentes** do meio ambiente.



Apenas **1 litro de óleo** pode contaminar até **1 milhão de litros de água**, além de **encarecer em até 45% o tratamento de resíduos** para descontaminação da água.



## Objetivo

**Avaliar a possibilidade da reutilização de óleo de cozinha como agente rejuvenescedor de ligantes asfálticos a partir da análise das características do ligante asfáltico antes e depois de ser submetido à envelhecimento de curto prazo através do equipamento RTFOT.**

## Metodologia

### Materiais:

- O ligante AMP(asfalto modificado por polímero) 60/85;
- Óleo de cozinha reutilizado filtrado;
- Agregado basáltico para a adesividade;



Óleo já filtrado

**Procedimento:**

Antes da caracterização os diferentes teores de óleo (1%, 3% e 5%) foram adicionados ao ligante envelhecido.

Os ligantes passaram pelo processo de envelhecimento no RTFOT (*Rolling Thin Film Oven Test*) exceto o virgem.



Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico envelhecido:

## Metodologia

Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico envelhecido:

- **Penetração;**



## Metodologia

Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico envelhecido:

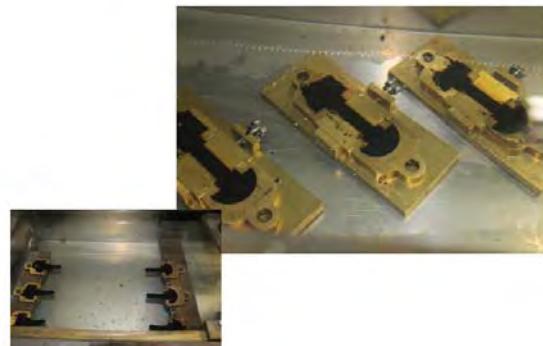
- **Penetração;**
- **Viscosidade Brookfield;**



## Metodologia

Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico envelhecido:

- **Penetração;**
- **Viscosidade Brookfield;**
- **Recuperação elástica;**



## Metodologia

Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico envelhecido:

- **Penetração;**
- **Viscosidade Brookfield;**
- **Recuperação elástica;**
- **Ponto de amolecimento.**



## Metodologia

Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico envelhecido:

- **Penetração;**
- **Viscosidade Brookfield;**
- **Recuperação elástica;**
- **Ponto de amolecimento;**
- **Adesividade.**



## Metodologia

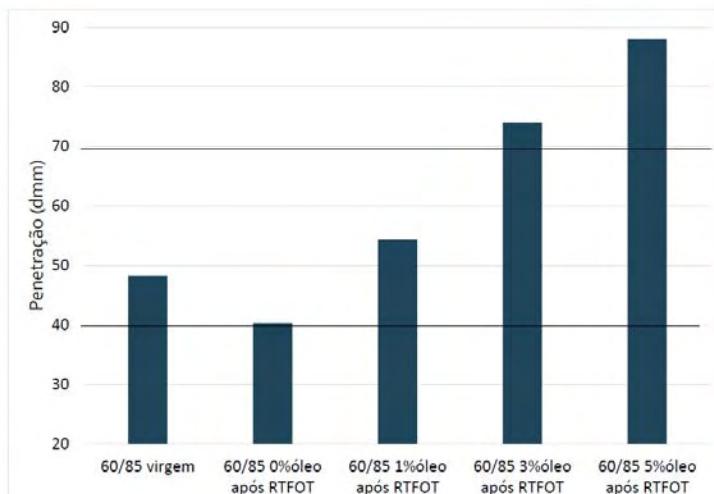
Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do ligante asfáltico envelhecido:

- **Penetração;**
- **Viscosidade Brookfield;**
- **Recuperação elástica;**
- **Ponto de amolecimento;**
- **Adesividade.**

antes e após ser submetido ao envelhecimento, e também com diferentes quantidades do rejuvenescedor adicionado (**teores 1%, 3% e 5%**).

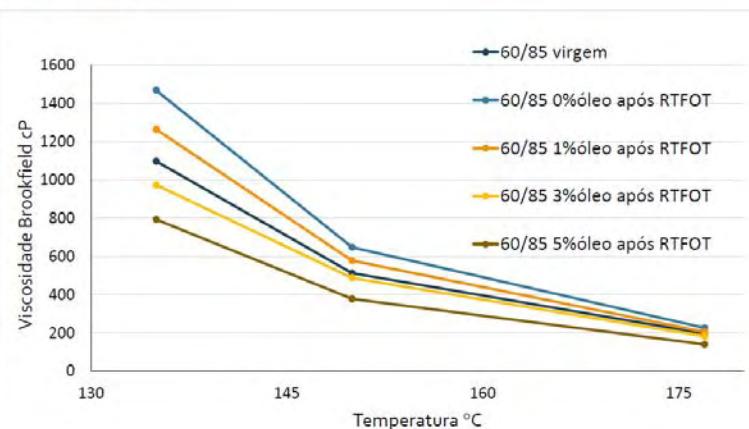
## Resultados

### Penetração:



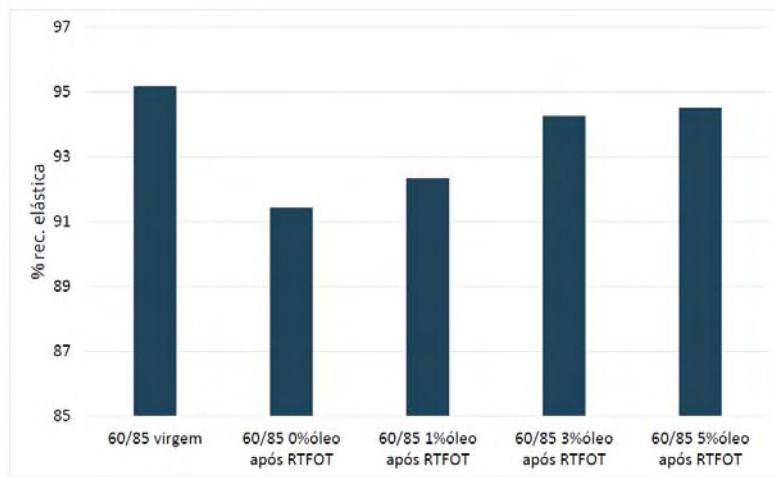
## Resultados

### Viscosidade Brookfield:



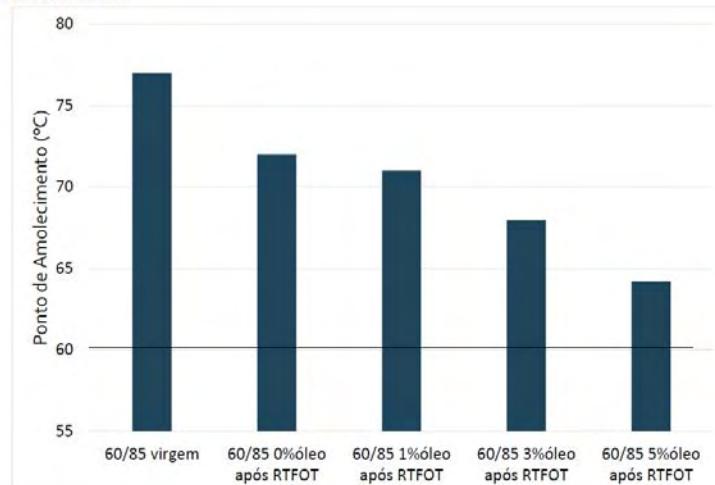
## Resultados

### Recuperação Elástica:



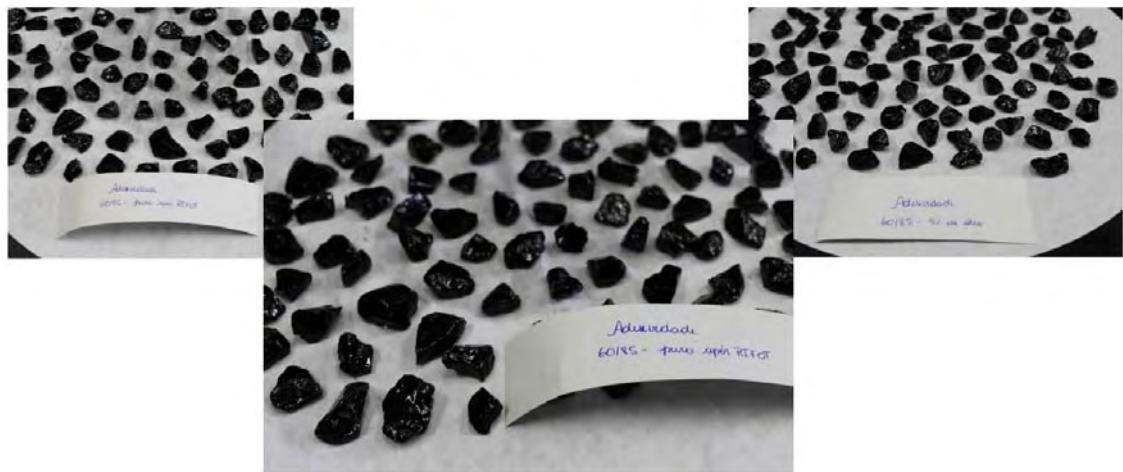
## Resultados

### Ponto de Amolecimento:



## Resultados

### Adesividade:



## Considerações Finais

- A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que **o óleo de cozinha apresenta potencial para ser utilizado como agente rejuvenescedor**.
- **O teor de 1% pode ser considerado o mais indicado**, pois além de melhorar as características, em todos os quesitos ficou nos limites especificados e próximo dos valores do ligante virgem.
- A utilização de **teores mais elevados pode trazer problemas em relação à deformação permanente** da mistura asfáltica, devido à baixa consistência do ligante, indicado pelo alto valor de penetração e baixo ponto de amolecimento.

## Considerações Finais

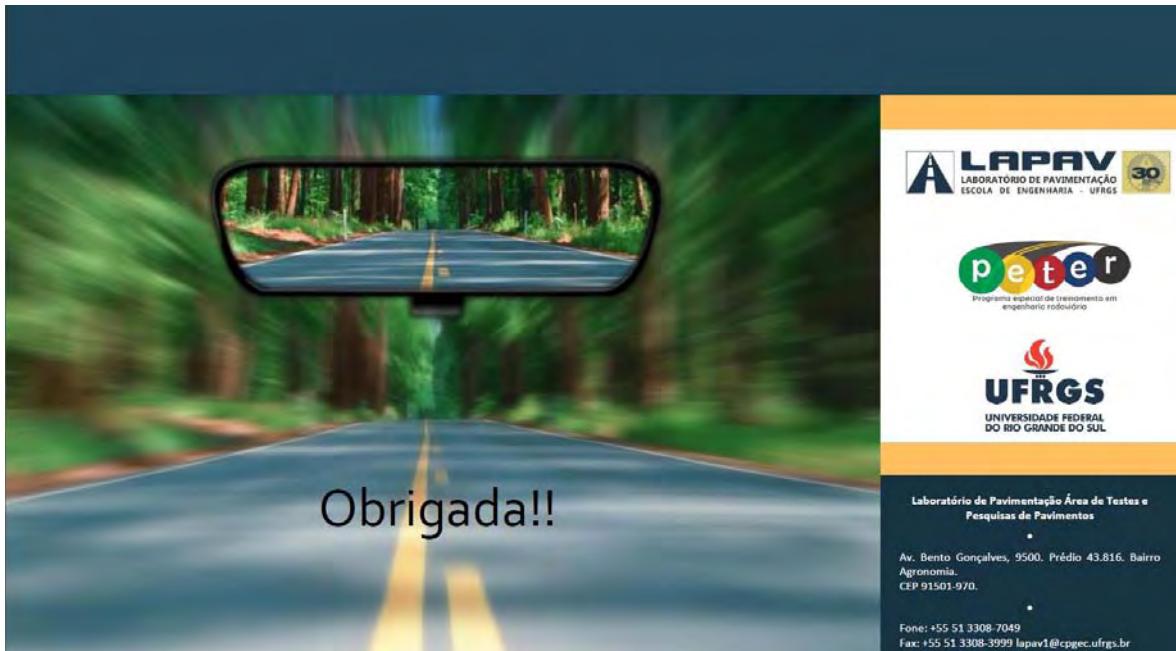
- Os teores mais elevados de óleo podem ser melhor explorados para a produção de misturas asfálticas em temperaturas menores devido a menor consistência do ligante nestas condições.
- Próximos passos são o estudo da interação do óleo com outros tipos de ligantes e a análise das características de misturas asfálticas recicladas com utilização deste material.
- Comparativos econômicos entre a reutilização de óleo de cozinha e os agentes rejuvenescedores disponíveis no mercado.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária - **PETER**, ao Laboratório de Pavimentação da UFRGS - **LAPAV** e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.



]



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS

**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

Laboratório de Pavimentação Área de Testes e  
Pesquisas de Pavimentos

Av. Bento Gonçalves, 9500. Prédio 43.816. Bairro  
Agronomia.  
CEP 91501-970.

Fone: +55 51 3308-7049  
Fax: +55 51 3308-3999 lapav1@cpgec.ufrgs.br

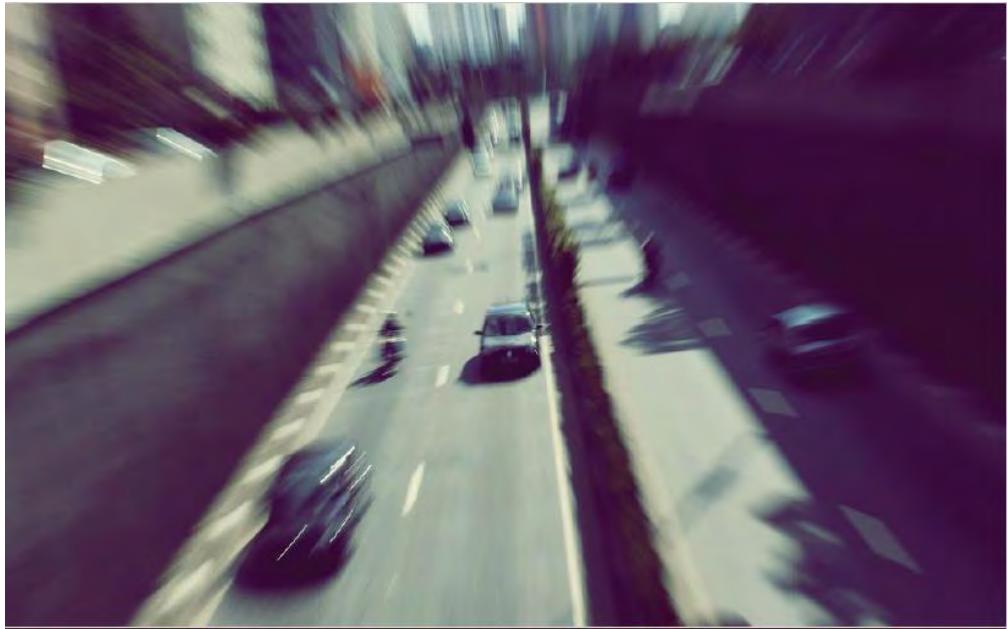
Obrigada!!

## *Apresentação GEORS: Thaís Kleinert*





Problemas



Readaptação

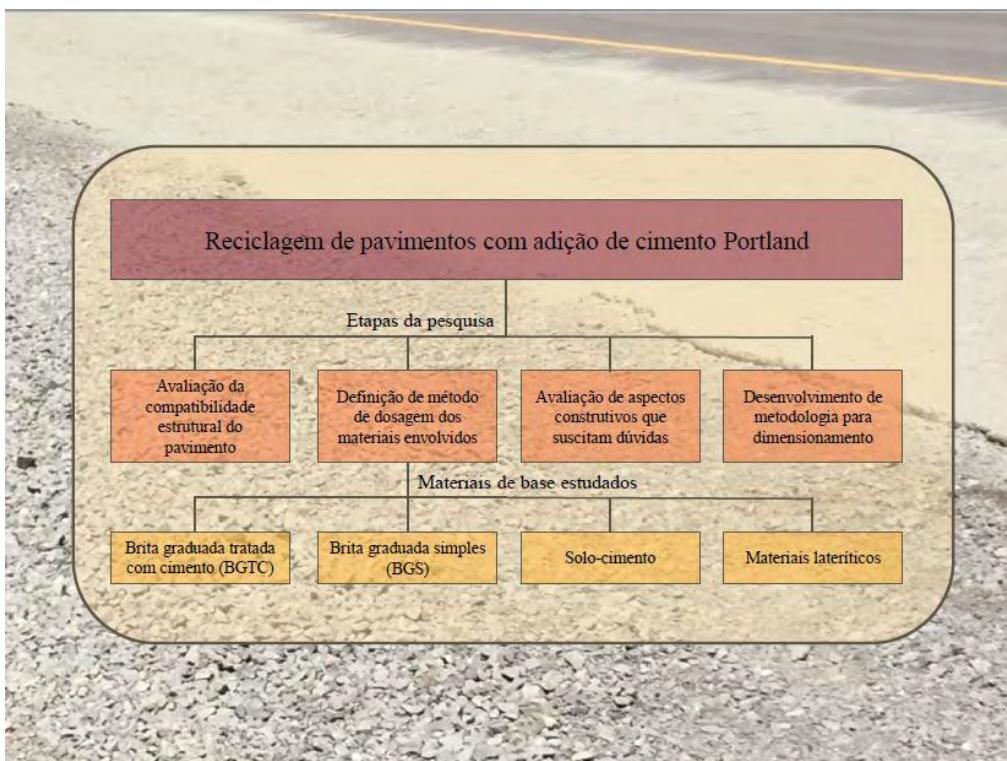




## NORMAS TÉCNICAS NACIONAIS



## PESQUISA





**Avaliação da  
influência do  
material de base na  
resistência de  
misturas recicladas  
com cimento**

## **PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS**

**ENERGIA  
MODIFICADA**

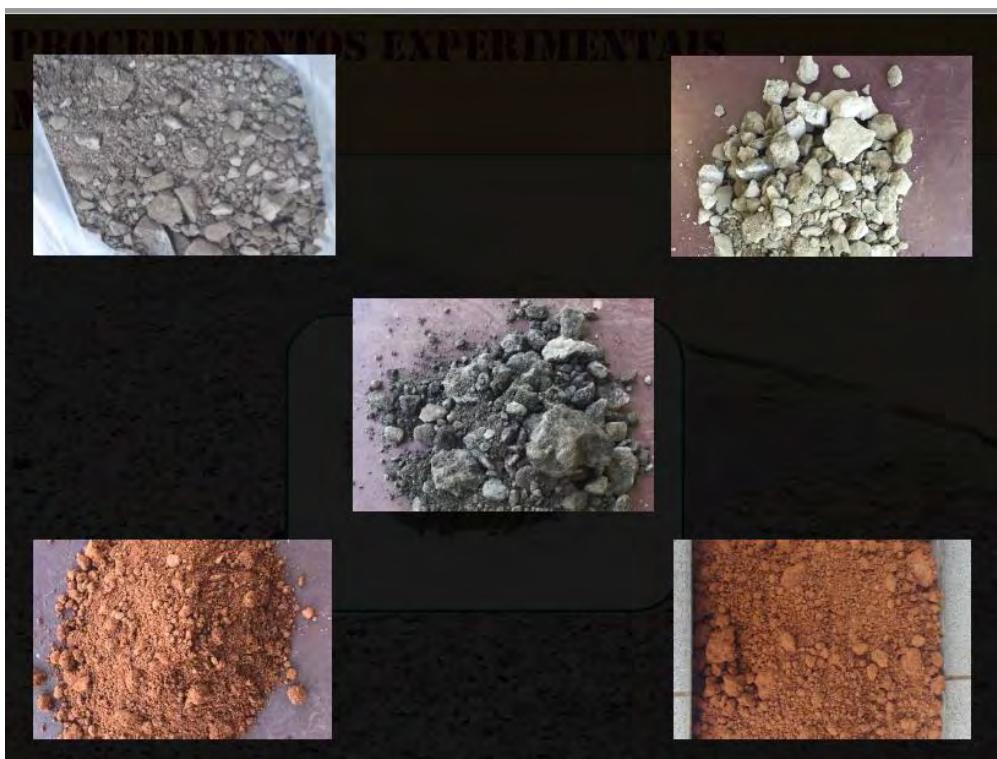
**7 DIAS DE  
CURA**

**4% DE  
CIMENTO**

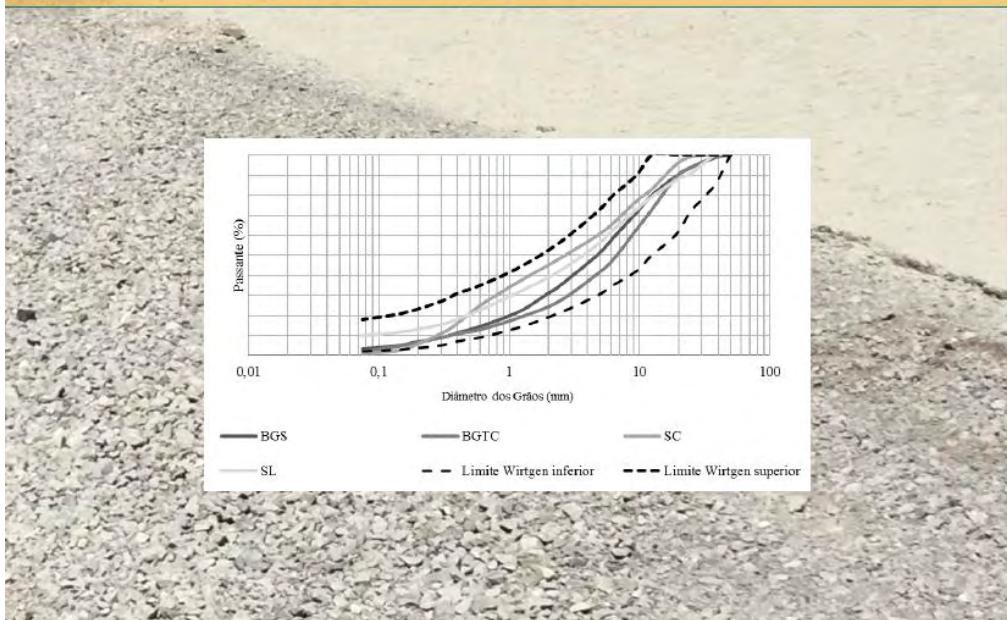
**50:50  
BASE:FRESADO**

## **PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

### **MATERIAIS**



## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS GRANULOMETRIA



## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS COMPACTAÇÃO



## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS COMPACTAÇÃO

MATERIAL DE BASE	TEOR DE UMIDADE ÓTIMO (%)	PESO ESPECÍFICO APARENTE SECO MÁXIMO (kN/m³)
BGS	7,1	20,7
BGTC	8,6	21,3
SC	9,6	21,3
SL	10,9	19,6

## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS MOLDAGEM E CURA



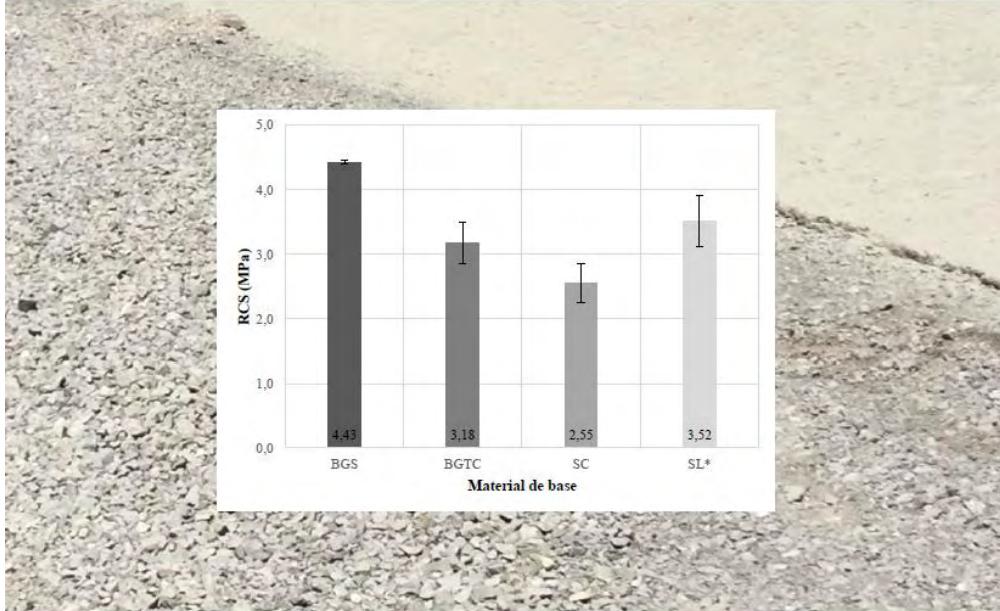
## **PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS RCS**



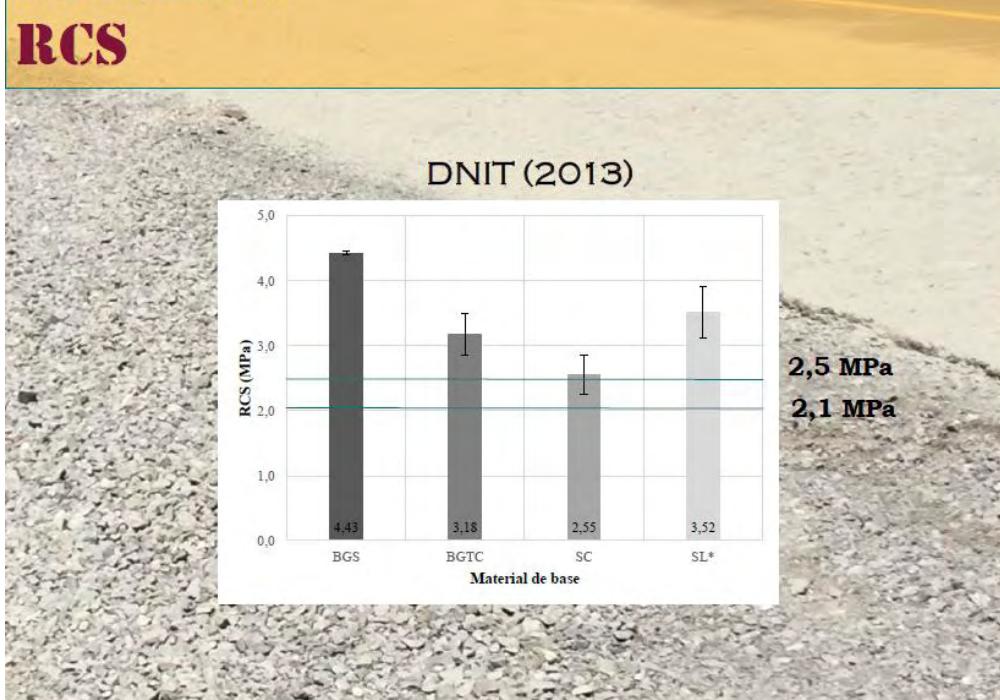
## **PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS RCD**



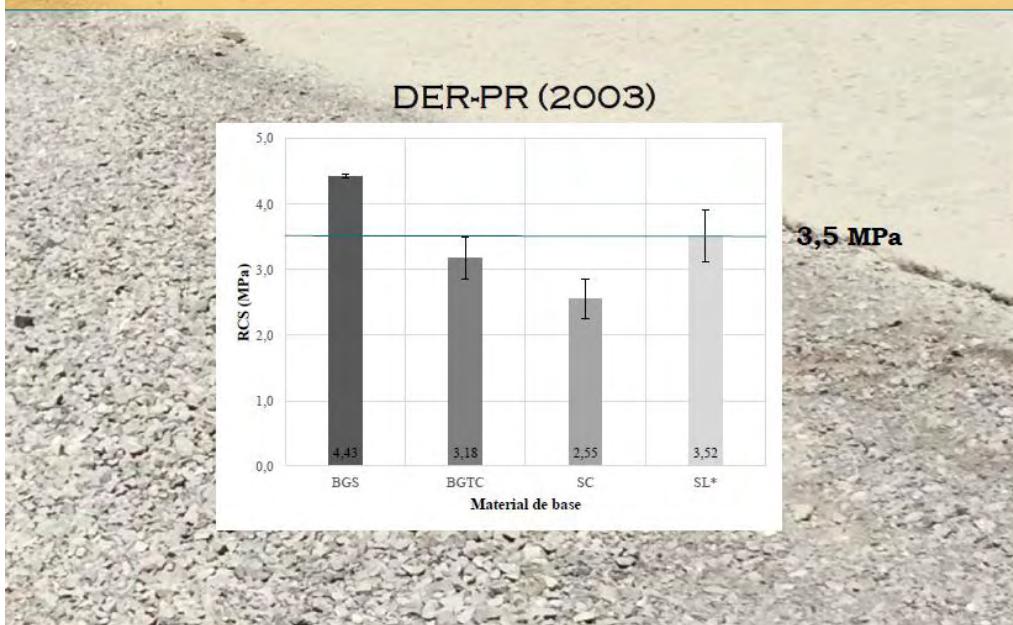
## RESULTADOS RCS



## RESULTADOS RCS



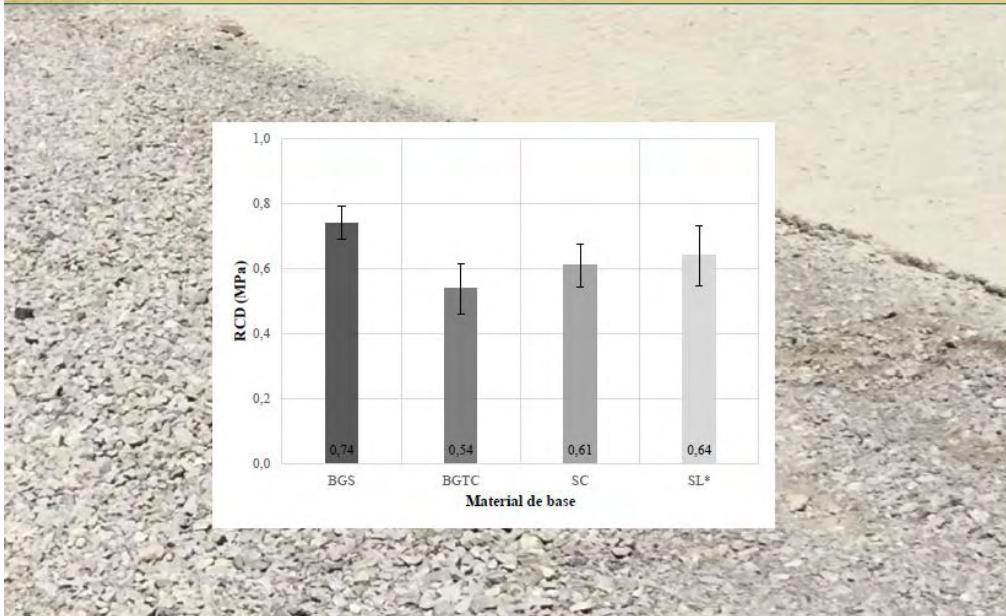
## RESULTADOS RCS



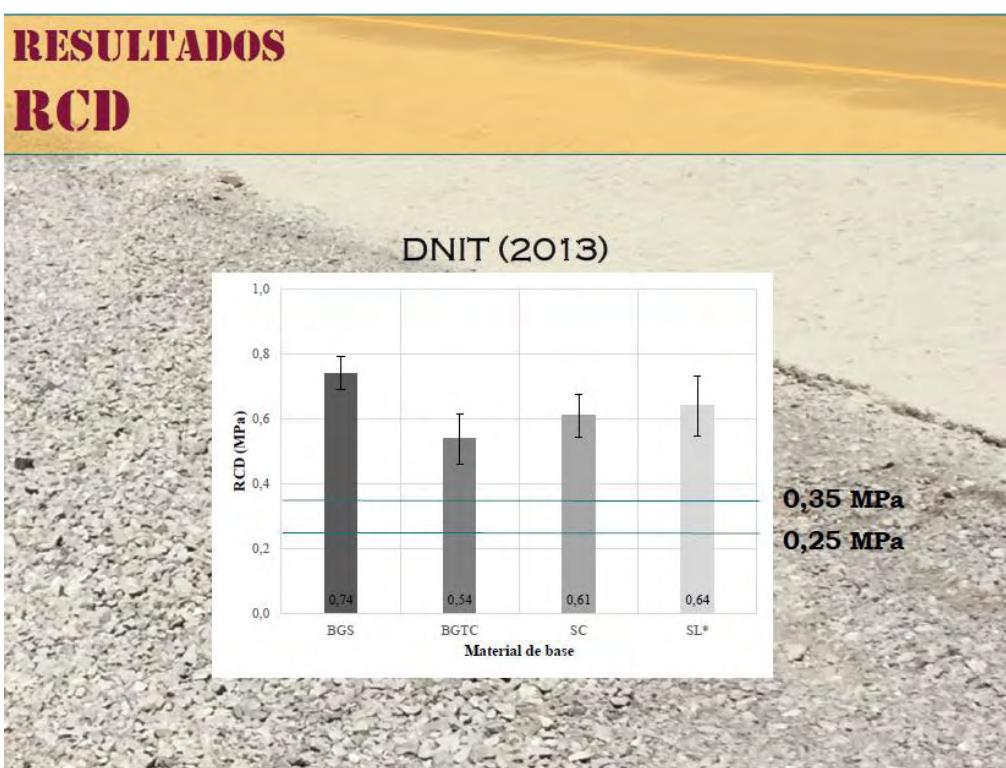
## RESULTADOS RCS



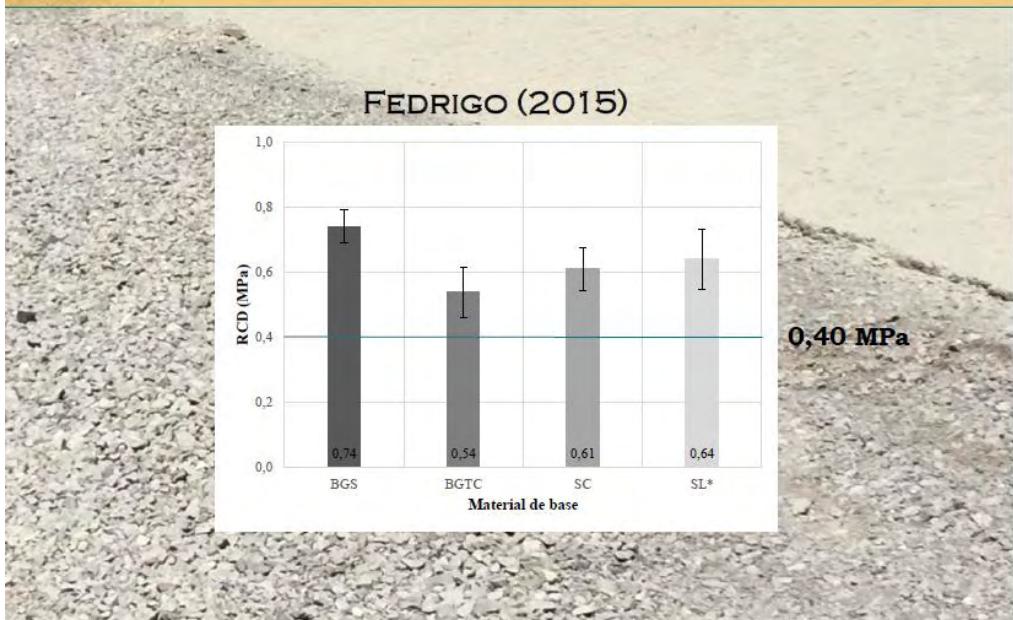
## RESULTADOS RCD



## RESULTADOS RCD



## RESULTADOS RCD



## CONCLUSÕES RCD





**OBRIGADA PELA  
ATENÇÃO!**

Thaís Radiünz Kleinert  
[trkleinert@gmail.com](mailto:trkleinert@gmail.com)



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



***ANEXO L – SLIDES APRESENTADOS NO CAFÉ RODOVIÁRIO – SEXTO BIMESTRE***



## INTRODUÇÃO A REGENERAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Autor: Felipe do Canto Pivetta

Orientador: Prof. D.Sc. Lélio Antônio Teixeira Brito



### PLANO DE APRESENTAÇÃO

1. O que é Healing?
2. Viscoelasticidade
3. Induced-Healing
4. Estudos no Mundo



# 1. O que é *Healing*? (Regeneração)

3



*"A capacidade de regeneração de um corpo asfáltico é a resposta intrínseca deste corpo (originada pelo ligante asfáltico) de regenerar as fissuras, e recuperar parcialmente suas propriedades originais."*

[Ayar et al. 2016]

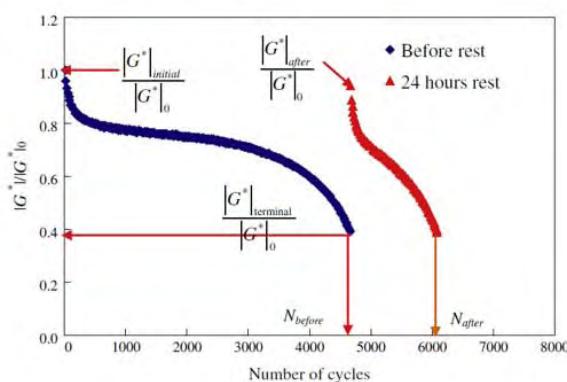
4

## COMO SE MANIFESTA?



5

Por exemplo, no ensaio de módulo dinâmico:



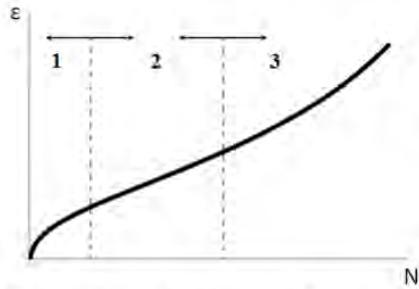
- Ensaio realizado com período de repouso de 24 horas.
- Análise do módulo antes e depois do repouso.
- Eixo das abscissas mede um parâmetro chamado de  $HI^1$ , denominado Índice de Regeneração:

$$HI^1 = \frac{|G^*|_{after}}{|G^*|_{initial}}$$

Gráfico modificado de TAN, et. al. "Healing characteristics of asphalt binder".

6

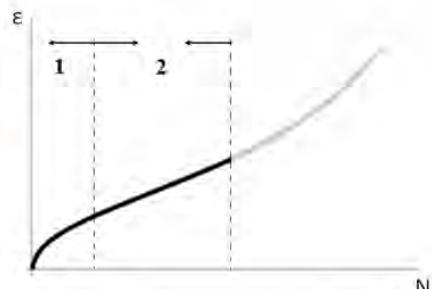
## COMPORTAMENTO EM DEFORMAÇÃO PERMANENTE



Etapa 1: Encruamento por tensão

Etapa 2: Início e propagação de micro trincas

Etapa 3: Início e propagação de macro trincas



- Efeito limitado à reversão de microtrincas
- Incapaz de reverter deformação permanente

7

## 1.1 Fatores internos que influenciam a capacidade de regeneração

8

### 1.1.1 Ligante asfáltico

A literatura indica que ligantes com:

- **Menor resistência à penetração**, tem **maior** efeito de regeneração;
- **Menor viscosidade**, tem **maior** efeito de regeneração;
- **Menor peso molecular**, tem **maior** efeito de regeneração;
- **Menor envelhecimento**, tem **maior** efeito de regeneração.



9

### 1.1.2 Características da mistura

Característica da mistura	Efeito na regeneração
Alto teor de ligante	<b>Maior</b> taxa de regeneração
Granulometria grossa	<b>Maior</b> taxa de regeneração
Baixo Volume de Vazios	<b>Maior</b> taxa de regeneração

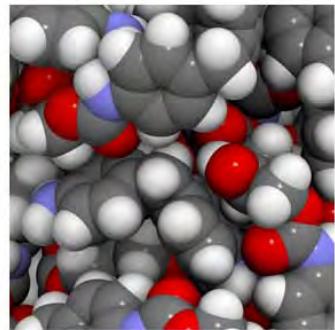


10

### 1.1.3 Aditivos e modificadores

Tema ainda bastante discutido, no qual procura-se aumentar o efeito da regeneração utilizando:

- Polímeros e ligantes modificados por polímeros;
- Cal hidratada;
- Aditivos rejuvenescedores;
- Microcápsulas contendo agentes rejuvenescedores;
- Fibras metálicas.



11

## 1.2 Fatores externos que influenciam a capacidade de regeneração

12

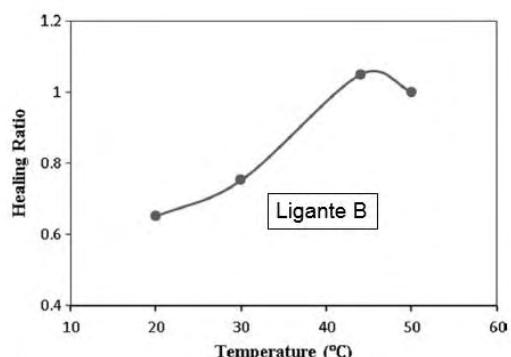
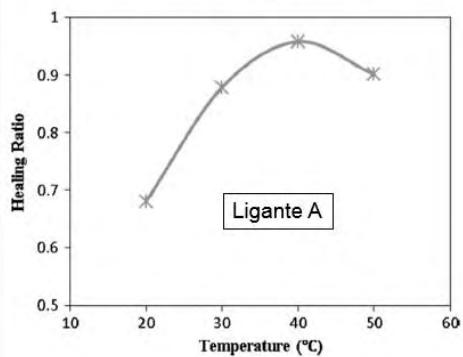
## 1.2.1 Temperatura

- Diretamente relacionado com a capacidade de regeneração asfáltica.
- Comportamento altamente não-linear, causando um aumento da taxa de regeneração conforme a temperatura aumenta, especialmente em misturas com alto teor de ligante.
- Grant et al. (2001) sustentam que para temperaturas suficientemente altas, a regeneração de micro trincas pode acontecer imediatamente.



13

## 1.2.1 Temperatura



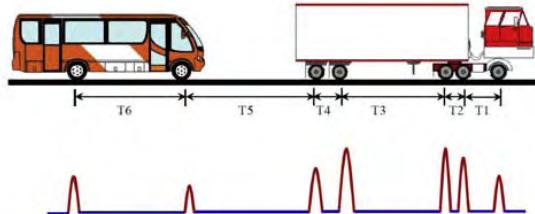
Gráficos modificados de TANG, et. al: "Investigation of the optimal self-healing temperatures and healing time of asphalt binders".

14

## 1.2.2 Carregamento

O tipo de carregamento aplicado ao pavimento modifica a capacidade de regeneração do pavimento, de forma que:

- Cargas **maiores**, geram trincas mais significativas, prejudicando a regeneração;
- Frequências **menores** de aplicação, aumentando a capacidade de regeneração do pavimento;



15

## 1.2.3 Período de Repouso

O período de repouso é caracterizado como o período em que o pavimento não recebe solicitações, e quanto maior for sua duração, melhor será a recuperação das características do pavimento.

*Castro et al. (2006)*, sustentam que o período de repouso ótimo é de cerca de **10 vezes** o tempo de duração da aplicação da carga.

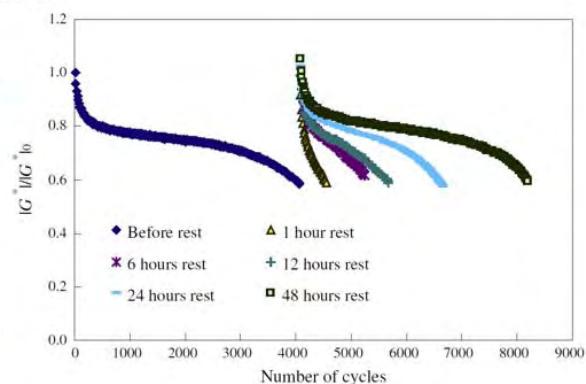


Gráfico modificado de *TAN, et. al: "Healing characteristics of asphalt binder"*.

16

## 1.2.4 Umidade

A literatura indica que a presença de água em asfaltos é **prejudicial** para o efeito de **healing** devido a maior afinidade das moléculas de água pelosa agregados que o ligante, podendo até **impedir** a regeneração.

Entretanto, estudos (*Liu, 2012*) indicam que a presença de água faz com que as moléculas de hidrogênio no ligante asfáltico tenham suas ligações fortalecidas, **melhorando** a capacidade de regeneração **a longo prazo**.

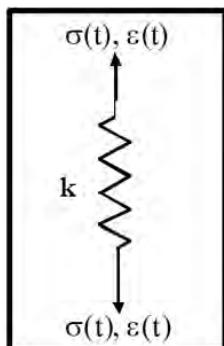


17

## 2. Viscoelasticidade

18

## 2.1 Elemento perfeitamente Elástico: Mola de Hook



**Elasticidade:** *Resposta instantânea* a um estímulo e *recuperação completa* imediatamente após a remoção deste"

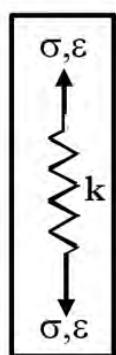
$$\sigma_s = k\varepsilon_s$$

$\sigma_s$  = Tensão na mola [Pa]

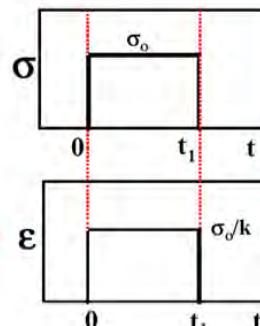
$k$  = módulo de elasticidade da mola [Pa]

$\varepsilon_s$  = deformação (strain) na mola [ ]

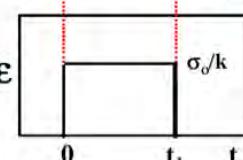
19



Estímulo  
(input)

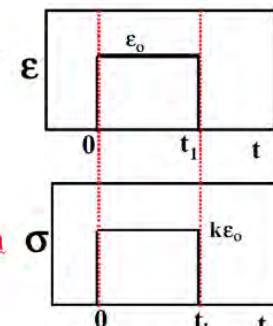


Resposta  
(output)



$$\sigma_s = k\varepsilon_s$$

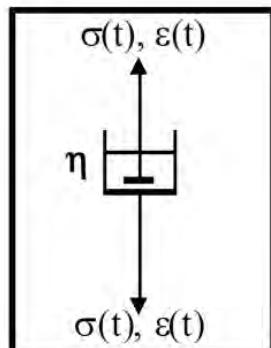
Estímulo  
(input)



Resposta  
(output)

20

## 2.2 Elemento perfeitamente viscoso: Amortecedor Newtoniano



**Viscosidade:** Resposta variante no tempo sob aplicação de um "estímulo" e deformação irrecuperável após a remoção deste"

$$\sigma_D = \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

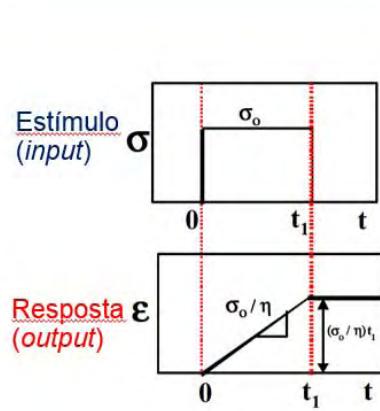
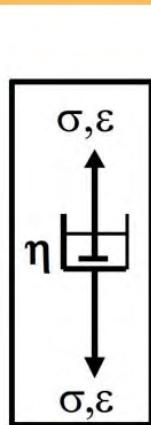
$\sigma_D$  = Tensão (stress) no amortecedor [Pa]

$\eta$  = viscosidade [Pa.s]

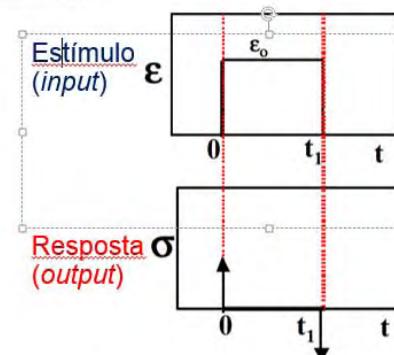
$\varepsilon$  = deformação (strain) no amortecedor [ ]

$t$  = tempo [s]

21

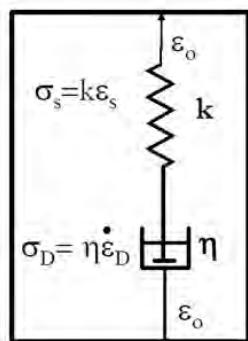


$$\sigma_D = \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$$

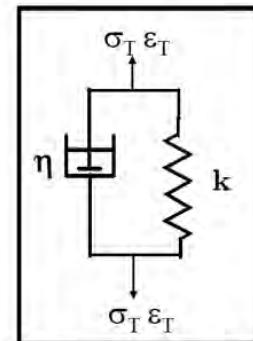


22

## 2.3 Modelos que associam os elementos



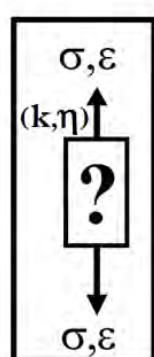
Modelo de Maxwell  
(Associação Série)



Modelo de Voight  
(Associação Paralelo)

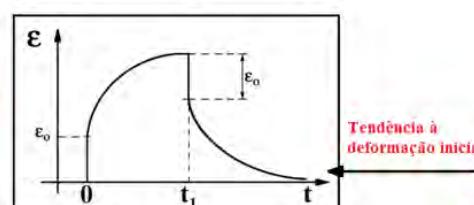
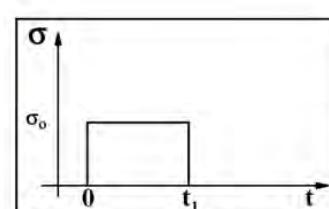
23

## 2.4 Resposta Viscoelástica



Estímulo  
(input)

Resposta  
(output)



Tendência à  
deformação inicial

24

## 2.5 Diferença entre Healing e Resposta Viscoelástica

25

### Healing

- É a tendência do material a retornar ao estado inicial de suas propriedades
- Acontece em paralelo ao acúmulo de dano
- Ocorre por umedecimento e interdifusão do ligante nas fissuras
- Muito dependente da temperatura e dos períodos de repouso

### Resposta Viscoelástica

- Ocorre a diminuição da viscosidade do material durante o período de aplicação de cargas
- A viscosidade do material só é recuperada na ausência de esforços solicitantes
- Ocorre devido ao rearranjo das moléculas no ligante
- Depende principalmente das características químicas do ligante

26

### 3. Induced-Healing

Como o processo de healing é fortemente dependente da temperatura, utilizam-se artifícios para promover um aumento de temperatura afim de intensificar a recuperação das propriedades asfálticas. Este processo recebe o nome de regeneração induzida (*Induced Healing*).

27

#### 3.1 Regeneração induzida com uso de fibras

Um dos métodos possíveis de regeneração induzida.

Incorporam-se fibras de metal na matriz asfáltica, afim de utilizar suas propriedades eletromagnéticas para gerar um aumento de temperatura.

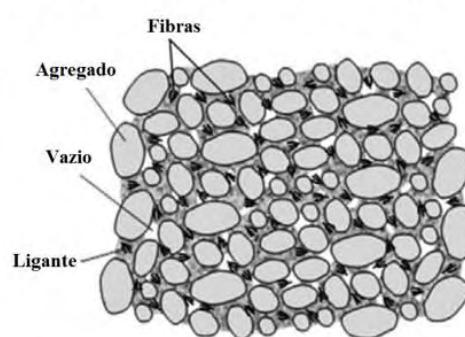


Figura modificada de DAI, et. al: "Investigation of induction healing effects on electrically conductive asphalt mastic and asphalt concrete beams through fracture-healing tests".

28

## 3.2 Fibras utilizadas

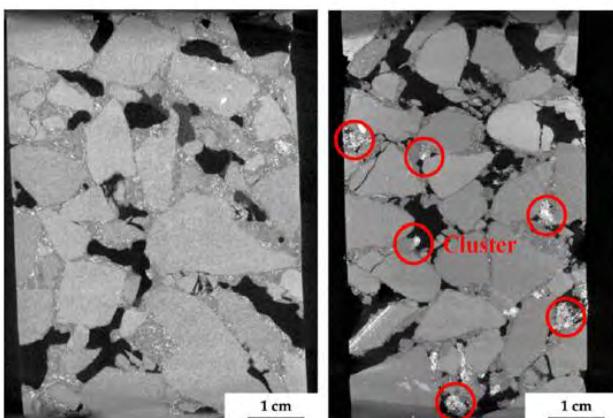
- O objetivo **NÃO É** a melhoria das propriedades mecânicas;
- As fibras devem ser preferencialmente **curtas** (comprimento menor que 2 mm) e de **diâmetro elevado** (maior que 0.155 mm) afim de promover melhor dispersão de fibras;
- É importante que as fibras sejam **metálicas** devido a necessidade de elétrons livres para gerar o efeito de indução magnética.



Figura modificada de LIU, et. al: "Characterization of the material from the induction healing porous asphalt concrete trial section".

29

## 3.3 Dispersão das fibras



Má dispersão de fibras gera **aglomerados** ("clusters") que aumentam o volume de vazios e o consumo de ligante e diminuem a resistência mecânica da mistura.

Figura modificada de GARCÍA, et. al: "Optimization of composition and mixing process of a self-healing porous asphalt".

30

## 3.4 Quantidade de fibras

- Poucas fibras não servem ao propósito;
- Muitas fibras prejudicam o comportamento mecânico
- Quantidade ótima varia de acordo com a mistura
- Normalmente se recomendam entre 5% e 12% da massa de ligante

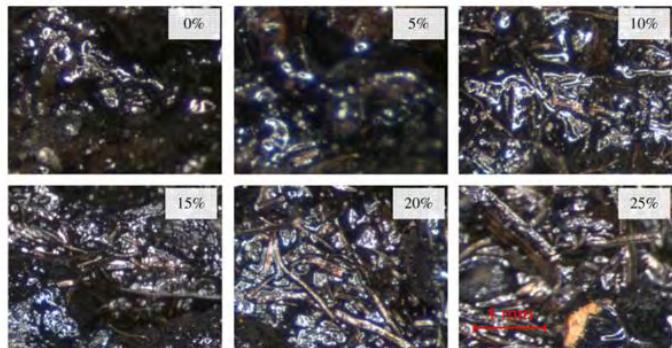


Figura modificada de LIU, et. al: "Induction heating of electrically conductive porous asphalt concrete".

31

## 3.5 Indução magnética

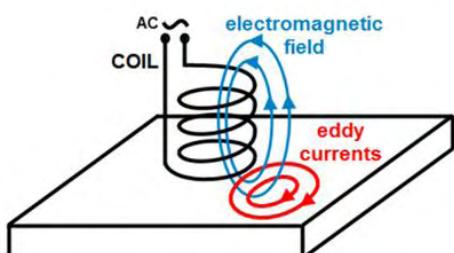


Figura modificada de LIU, et. al: "Induction heating of electrically conductive porous asphalt concrete".



- Correntes de Foucault movimentam os elétrons livres aquecendo as fibras

32

## 3.6 Processo de fechamento de trincas

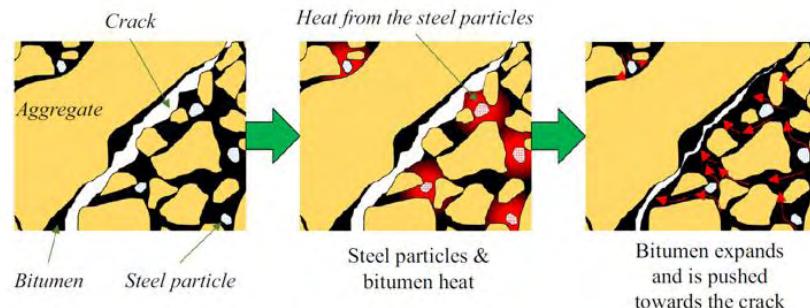


Figura modificada de GÓMEZ-MEJÍDE, et. al: "Effect of air voids contente on asphalt self-healing via induction and infrared heating".

33

- Efeito em macro trincas
- Manutenção preventiva

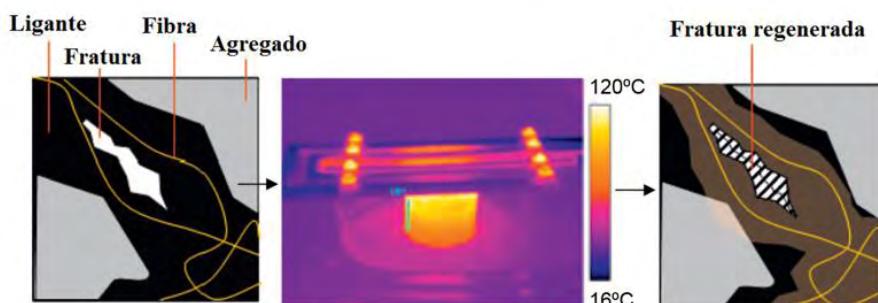


Figura modificada de LIU, et. al: "Evaluation of the induction healing effect of porous asphalt concrete through four point bending fatigue test".

34

### 3.7 Equipamento utilizado

- Fonte de corrente alternada controlável (frequência e corrente)
- Espira condutora
- Sistema de resfriamento
- Câmera de infravermelho

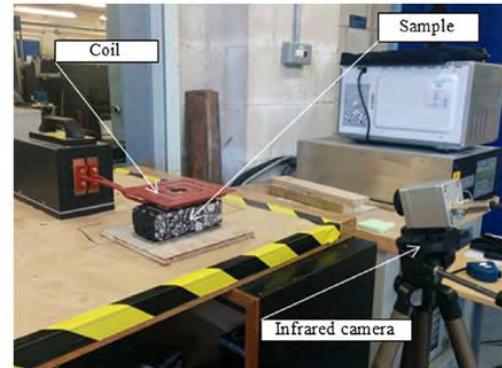


Figura modificada de GÓMEZ-MEJIDE, et. al: "Effect of air voids content on asphalt self-healing via induction and infrared heating".

35

### 4. Estudos no mundo

[VIDEO PROF. SCHLANGEN]

36

## 5. Perspectiva



37

A graphic design featuring a road perspective. In the center, there is a rectangular frame resembling a car's rearview mirror, showing a forested road ahead. Below this, the word "OBRIGADO!" is written in large, bold, white capital letters. The background is a blurred road surface with a yellow double line, suggesting motion. To the right of the road, there is a vertical column containing logos and text for LAPAV, Peter, and UFRGS, along with contact information for the Laboratory.

**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS  
30

**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

Laboratório de Pavimentação Área de Testes e  
Pesquisas de Pavimentos

Av. Bento Gonçalves, 9500. Prédio 43.816. Bairro  
Agronomia.  
CEP 91501-970.

Fone: +55 51 3308-7049  
Fax: +55 51 3308-3999 lapav1@cpgec.ufrgs.br

***ANEXO M – RESUMO DAS PESQUISAS DOS PETER PARA O SIC-UFRGS***

BOLSISTA: DANIEL PINHEIRO FERNANDES

## **EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE CAL NA RIGIDEZ DE CONCRETOS ASFÁLTICOS**

Aluno: Daniel Pinheiro Fernandes

Orientador: Washington Peres Núñez

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

O significativo aumento do tráfego nas rodovias brasileiras traz como desafio a necessidade de encontrar novos métodos para aumentar a vida útil dos pavimentos. Para isso, é necessário que haja um estudo mais aprofundado sobre a incorporação de materiais que influenciem no comportamento mecânico nas camadas do pavimento, principalmente no revestimento. Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento viscoelástico de concretos asfálticos com a incorporação de cal hidratada, através do ensaio de módulo complexo. Foram estudadas 3 misturas diferentes, um de referências (sem cal) e outras duas com diferentes tipos de cal hidratada (calcítica e dolomítica), afim de avaliar se o tipo de cal influencia no comportamento mecânico da mistura. Foram ensaiados 3 corpos de prova (CP) cilíndricos para cada mistura, totalizando 9 CP's. Os ensaios foram realizados conforme metodologia desenvolvida por Mensch (2017), seguindo as prerrogativas da AASHTO T-342, sendo esta a norma americana que rege o ensaio de módulo dinâmico. A compactação destes corpos de prova foi feita no compactador giratório Superpave, atingindo o volume de vazios exigido pela norma. O módulo dinâmico é um ensaio onde se aplica uma determinada tensão axial de compressão senoidal que gera deformações no corpo de prova. O valor absoluto do módulo complexo (conhecido como módulo dinâmico) é a razão entre a tensão e a deformação resultante. O ensaio, segundo AASHTO T-342, é realizado em diferentes temperaturas (-10, 4, 21, 37 e 54 °C) e diferentes frequências de carregamento (25, 10, 5, 1, 0,5 e 0,1 Hz). Com os dados obtidos, foi gerar curvas mestras, podendo assim verificar a rigidez das misturas estudadas. Os resultados sugeriram que a incorporação da cal influencia positivamente na rigidez da mistura à baixas temperaturas, onde ocorre o trincamento térmico e é maior o risco de trincamento por fadiga. Já nas temperaturas mais altas, onde predominam as deformações permanentes, a incorporação da cal resultou em aumento do módulo dinâmico, embora com incremento de menor significância na mistura com cal calcítica. Assim, por meio do ensaio de módulo dinâmico, concluiu-se que os tipos de cal estudados auxiliam no desempenho das misturas asfálticas.

## BOLSISTA: DÉBORA CARDOSO

**Título:** Bioasfalto: uma avaliação da composição de ligantes biodegradáveis

**Autora:** Débora Cardoso da Silva

**Orientador:** Washington Peres Núñez

**Instituição de origem:** Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Atualmente, uma parcela de 95% das estradas brasileiras pavimentadas apresenta revestimento asfáltico. O ligante asfáltico, ou cimento asfáltico de petróleo (CAP), é um material betuminoso, composto por hidrocarbonetos derivados do petróleo. Frente ao crescimento populacional e econômico mundial, a demanda energética ascendente torna preocupante a possível escassez de derivados de petróleo, ressaltando a urgência na busca por alternativas biodegradáveis.

Os bioasfaltos – *bio-binder* ou *bio-asphalt*, no inglês – são agentes aglutinantes que utilizam como insumo bio-óleos, em substituição aos componentes de origem fóssil. Comumente, pesquisas apresentam maior foco no emprego de bioasfaltos como modificadores de ligantes asfálticos, com reposição de até 10% do total de ligante. As fontes de bio-óleo consistem em (a) resíduos da produção agrícola e florestal; (b) resíduos da criação de animais, como fezes de bovinos e suínos; e (c) resíduos de óleo, como óleo de cozinha.

O objetivo geral deste estudo consiste na proposição de um bioasfalto, como uma alternativa direta de ligante (com substituição completa do asfalto convencional). Em termos de metodologia, a pesquisa dedicou-se a análise teórico-comparativa da eficiência das diferentes fontes de bio-óleo anteriormente empregadas por outros pesquisadores na modificação de asfaltos. Nesse sentido, pretendeu-se avaliar quais componentes apresentam maior viabilidade de utilização.

Quanto aos resultados parciais, verificou-se que a aplicação de bioasfaltos na pavimentação reduz a necessidade de intervenção do governo na gestão dos resíduos, de modo a preservar recursos naturais e a reduzir o consumo de energia. A adição de bioasfaltos diminui a viscosidade do ligante, garantindo maior trabalhabilidade. Além da minimização dos impactos ambientais, os ligantes modificados por bio-óleos incrementam melhores performances ao pavimento.

BOLSISTA: DOUGLAS ENGELKE

**Influência da melhoria da infraestrutura na interseção de uma avenida com uma rodovia federal na redução de acidentes**

Autor: Douglas Cardoso Engelke

Orientador: Washington P. Núñez

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária - PETER

Laboratório de Pavimentação – LAPAV

As consequências positivas de melhorias na infraestrutura de uma rodovia são as mais diversas. Entre elas está a redução de acidentes. Este trabalho apresentará uma análise quantitativa da evolução do número de acidentes na interseção da avenida Nei Brito com o km 296 da BR-116 na cidade de Guaíba no Rio Grande do Sul. Além da importância para a maior segurança da via, a interseção é de extrema importância para o acesso à área industrial da cidade de Guaíba.

Inicialmente, a interseção entre a avenida e a BR-116 era feita de maneira direta a uma rodovia de pista simples. Foram feitas obras de duplicação no trecho e a construção de uma rotatória para o acesso entre as duas vias. As obras transformaram o trecho em um ambiente mais seguro para o tráfego. Depois de algum tempo, a concessionária que administra o trecho, a Concepá, executou a implementação de um viaduto do tipo diamante e de iluminação em toda a estrutura.

Serão analisados as quantidades dos três tipos de acidentes: com danos materiais, com vítimas e com vítimas fatais. Serão avaliados três períodos: antes da duplicação da BR-116, após a duplicação e antes da execução do viaduto e após a execução do viaduto.

Por fim, o trabalho mostrará que a evolução da interseção entre as vias resultou num queda significativa no número de acidentes na região.

BOLSISTA: EDUARDA FONTOURA

### **Óleo de cozinha como agente rejuvenescedor asfáltico**

Autora: Eduarda Fontoura

Orientador: Prof. Dr. Washington Peres Nunez

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Laboratório de Pavimentação da UFRGS

O uso de técnicas de rejuvenescimento de ligantes asfálticos que proporcionem a melhoria de características perdidas em seu envelhecimento já é muito estudado, junto a isso há uma crescente busca por reaproveitamento de resíduos de processos industriais e comerciais (OSMARI e ARAGÃO, 2015). A utilização do óleo como agente rejuvenescedor de materiais asfálticos pode ser uma alternativa de reutilização sustentável, pois além de contribuir para o ambiente, pode ser mais econômica e ainda proporcionar melhorias à qualidade das misturas asfálticas.

Neste sentido, este trabalho buscou avaliar a possibilidade da utilização de óleo de cozinha como agente rejuvenescedor de ligantes asfálticos convencionais e modificados por polímero. Para isso, foram analisadas as características de um ligante asfáltico convencional (CAP 50/70) e outro modificado por polímero (AMP 60/85), antes e depois de ser submetido a envelhecimento de curto prazo através do equipamento RTFOT (*Rolling Thin Film Oven Test*). Aos ligantes envelhecidos foram adicionadas quantidades de 1%, 2%, 3% e 5% de óleo em relação à massa total de asfalto. A caracterização foi realizada através dos ensaios de penetração, viscosidade Brookfield, recuperação elástica e ponto de amolecimento. Foram ainda realizados testes de adesividade e análises microscópicas.

A partir dos resultados conclui-se que o óleo reutilizado de cozinha apresenta potencial para restaurar algumas propriedades do ligante, sendo a quantidade de 1,5 a 2% de óleo a que proporciona as características mais próximas as do ligante virgem.

## BOLSISTA: FELIPE DO CANTO PIVETTA

**Nome do Autor:** Felipe do Canto Pivotta

**Nome do Orientador:** Washington Peres Núñez

**Instituição de Origem:** Laboratório de Pavimentação (LAPAV) – UFRGS

### **Caracterização do efeito de *self-healing* em concreto asfáltico moldado com fibras de lã de aço**

A Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2016) estima que mais de 60% de todo o transporte de carga brasileiro utiliza o modal rodoviário, enquanto dados da Folha de São Paulo (2014) indicam a existência de aproximadamente 1 carro para cada 4,4 brasileiros, valores que ilustram a alta importância da qualidade e da durabilidade dos revestimentos asfálticos. No Brasil, os revestimentos asfálticos têm vida útil de projeto de aproximadamente 10 anos, entretanto, a realidade indica um número bastante inferior a este, fazendo com que as rodovias apresentem sinais de dano precocemente, estando frequentemente em manutenção ou em más condições de utilização.

Dentre as diversas características deste tipo de revestimento, este trabalho permeia os ramos da sustentabilidade e mecânica de pavimentos, ao explorar a importante característica dos materiais betuminosos, denominada *self-healing*, em português, auto regeneração. Esta característica, comum também em polímeros e alguns tipos de concreto, confere aos corpos betuminosos a capacidade de recuperar, parcial ou até mesmo completamente, trincas geradas por um carregamento, variando de acordo com os materiais presentes, intensidade do carregamento, frequência do carregamento, tempo de repouso e temperatura. O estudo desta propriedade associado ao uso de fibras oferece a perspectiva de um revestimento asfáltico capaz de regenerar as próprias fissuras sem a necessidade da aplicação de técnicas tradicionais de reabilitação de pavimentos como recapeamento.

O trabalho desenvolvido investiga o comportamento à fadiga e o efeito de *self-healing* em corpos de prova moldados com cimento asfáltico de petróleo (CAP) convencional 50/70 e adição de fibras de lã de aço com comprimento máximo de 2 mm, e diâmetro médio superior a 0,155 mm. Para tanto, foram moldados corpos de prova através da metodologia Marshall (compactação por impacto) com a adição de fibras realizada durante a etapa de mistura dos agregados de origem basáltica. Foram realizados os ensaios de resistência mecânica à tração por compressão diametral da mistura, e de fadiga indireta por compressão diametral. Os ensaios de fadiga foram executados com níveis distintos de carga aplicada (determinadas por percentual de resistência à tração de 20% e 25%) e como critério de parada de ensaio, a redução em 50% do módulo de resiliência inicial da amostra. As amostras submetidas ao ensaio de fadiga foram ensaiadas novamente, após um período de repouso de 24 horas em temperatura controlada de 23°C ( $\pm 0,7^\circ\text{C}$ ), avaliando-se assim a regeneração do módulo de resiliência neste período de repouso.

Os corpos de prova submetidos ao menor nível de tensão (20% da RT) apresentaram resultados que indicam um aumento médio da vida de fadiga em 50% com desvio padrão de aproximadamente 10%, enquanto as amostras submetidas ao maior nível de tensão (25% da RT) apresentaram resultados divergentes com, inclusive, regeneração nula. Estes resultados apontam a possibilidade de um nível de tensão limite para o efeito de *self-healing* neste tipo de mistura e nas condições de ensaio impostas, sendo importante a exploração do comportamento da mistura para outros níveis de tensão, afim de estabelecer o limite deste efeito.

BOLSISTA: FILIPE PEREIRA DOS REIS

**Análise do uso de material fresado como agregado em misturas asfálticas tipo: Pré-misturado a frio**

Autor: Filipe Pereira dos Reis

Orientador: Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

As rodovias são o principal modal viário brasileiro, responsável pelo escoamento de grande parte da produção do país. Entretanto, é fácil perceber que as condições das estradas, em sua maioria, não estão adequadas, sendo comum encontrar rodovias em condições precárias, que oferecem grande risco aos seus usuários, demonstrando a importância da execução da manutenção destes pavimentos. Sendo assim, o presente estudo objetiva a reutilização de material fresado como fonte de nova matéria-prima para o desenvolvimento de uma mistura do tipo pré-misturado a frio (PMF). A utilização do material fresado se faz de grande utilidade, tendo em vista dois aspectos do agregado natural: aspecto ambiental, devido a menor utilização de agregado; e aspecto econômico, com a redução do consumo de agregado.

A dosagem da mistura foi realizada conforme preconizado na norma DNIT 153/2010 – ES (Pavimentação asfáltica – Pré-misturado a frio com emulsão catiônica convencional – Especificação de serviço). Foram utilizados: a emulsão catiônica convencional; o material fresado, oriundo da rodovia BR-290/RS; e o agregado natural, originário da pedreira localizada no km 30 da mesma rodovia. A mistura desenvolvida terá como finalidade a recuperação de defeitos do revestimento asfáltico do pavimento, conforme especificados na norma DNIT 154/2010 – ES (Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos - Especificação de serviço), assim como o preenchimento de panelas, durante a operação denominada “Tapa Buraco”.

A pesquisa se encontra em andamento com previsão de apresentação de resultados no Salão de Iniciação Científica da UFRGS, em outubro de 2017.

## BOLSISTA: JUNIOR VICENZI

**Título:** Análise de propriedades mecanísticas de misturas a quente com inserção de diferentes teores de material asfáltico reciclado

**Autor:** Junior Rodrigo Vicenzi

**Orientador:** Washington Peres Núñez

**Instituição:** Laboratório de Pavimentação – UFRGS

A questão ambiental vem se tornando tema recorrente nos foros nacionais e internacionais, estando atualmente presente na opinião pública e demandando uma busca por soluções técnicas que atendam a critérios de desenvolvimento sustentável. Segundo essa corrente de pensamento, a reciclagem de pavimentos surge como uma alternativa eficaz para se reduzir o elevado impacto ambiental gerado por obras de pavimentação asfáltica, trazendo, além disso, benefícios econômicos.

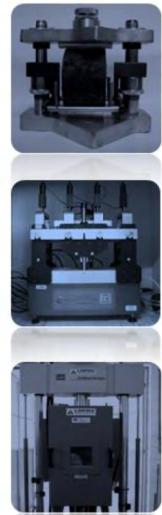
O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade e qualidade de misturas asfálticas a quente produzidas com a inserção de diferentes teores de material reciclado. Para isso, serão produzidas em laboratório três misturas asfálticas com teores de 30%, 40% e 50% do material em questão. Após, será analisado e comparado o desempenho mecânico de cada mistura através dos parâmetros de resistência à tração, módulo de resiliência, além da adesividade entre ligante asfáltico e agregados.

Para realizar o estudo em questão, serão utilizadas misturas com cimento asfáltico de petróleo (CAP) modificado por polímero, mais especificamente, o CAP 60/85. Os agregados virgens utilizados são de origem basáltica provenientes de uma pedreira localizada na cidade de Santo Antônio da Patrulha – RS. O material reciclado de revestimento asfáltico é proveniente da fresagem da Avenida Osvaldo Aranha, no início de 2017 e foi cedido pela Prefeitura de Porto Alegre-RS.

Inicialmente todos os materiais utilizados serão caracterizados e classificados conforme critérios especificados por norma. Após, será feita a dosagem de cada mistura pelo método de dosagem Marshall de misturas asfálticas (DNER-ME 043/95). Segundo, serão produzidos corpos de prova para cada mistura, sendo estes submetidos a ensaios de Módulo de Resiliência (DNER-ME 133-94), onde se obtém razão entre tensão de tração e a correspondente deformação específica recuperável; ao ensaio de Resistência à Tração por compressão diametral (ABNT NBR 15087) e o Dano Por Umidade Induzida (ABNT NBR 15617), onde se testará a adesividade entre ligante asfáltico e agregado.

Em países como Estados Unidos e França chega-se a usar de 50 a 70% de material fresado em misturas asfálticas. Esses números somente foram atingidos, após séries de pesquisas e investimentos que consolidaram o uso deste material como uma alternativa viável ao uso de agregados e cimento asfáltico virgens. Da mesma forma, o presente estudo busca aferir e comprovar a viabilidade do uso desse material nos pavimentos brasileiros.

**ANEXO N – APRESENTAÇÕES CAFEZINHO RODOVIÁRIO**



# Visita técnica NTEC & ENTPE

por

Felipe Pivetta



## CAPITULO 1: University of Nottingham





## OBJETIVOS

1. Estabelecer contato com a equipe de pesquisadores do centro;
2. Conhecer as instalações e a rotina de atividades do centro;
3. Realizar ensaios por conta própria utilizando equipamentos do centro, incluindo a máquina de indução;



## Trajetória



Saída:

Porto Alegre, 07 Agosto, 2017 (~18h00)

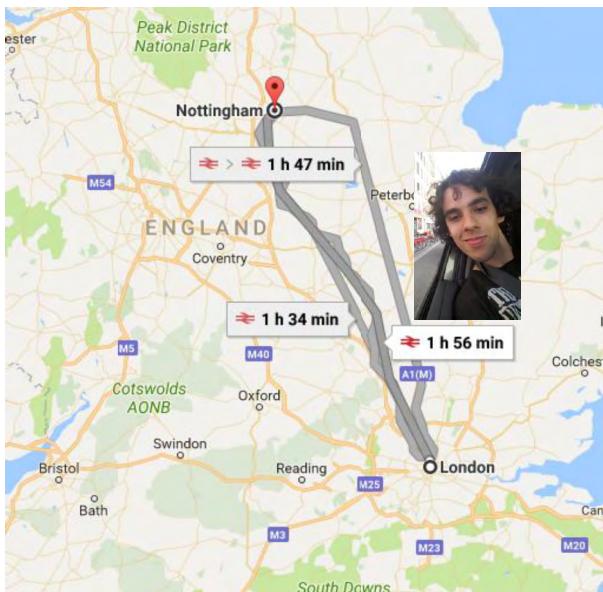
Chegada:

Londres, 08 Agosto, 2017 (~17h00)





## Trajetória



Saída:

Londres, 10 Agosto, 2017 (~10h00)



Chegada:

Nottingham, 10 Agosto, 2017 (~12h00)



**DIA 1 – 10 Agosto 2017**

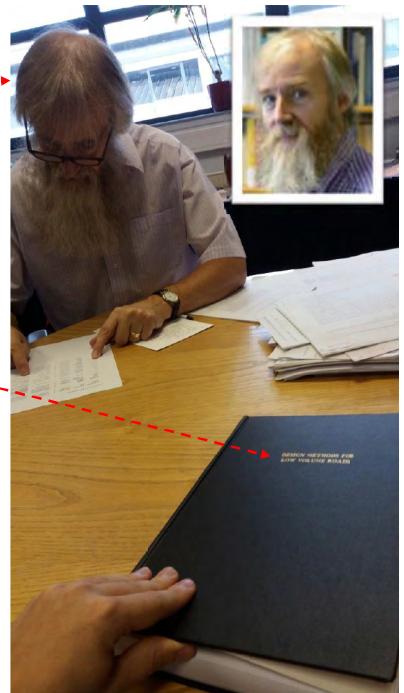
1. Chegada em Nottingham
2. Instalação na hospedagem da Srª Deborah Burns
3. Visita a University of Nottingham (UoN): Nottingham Transportation Engineering Centre (NTEC)





DIA 1 – 10 Agosto 2017

4. Encontro com professor Andrew Dawson no Nottingham Transportation Engineering Centre (NTEC) localizado na University of Nottingham as 16h30, com os temas:
- Pesquisas já realizadas no Centro (Tese prof. Lélio Brito, por exemplo)
  - Funcionamento das pesquisas do Centro – Pavimentação e Transporte.



DIA 1 – 10 Agosto 2017

## 5. PESSOAL:

- 10 Pesquisadores associados
- 3 Gerentes
- 6 Técnicos Laboratoriais
- 5 Assistentes de pesquisa
- e...

NTEC Personnel and Extension Numbers

NTEC Personnel and Extension Numbers			
Academic Staff			
Surname	First Name	Extension	Room
Airey	Gordon	13913	C16
Andrews	John	68448	C12
Brown	Steve	68452	C20
Dawson	Andrew	13902	C14
Garcia	Alvaro	13914	C10
Neves	Luis	67365	C09
Parry	Tony	68450	Coates B46
Frescott	Darren	66046	C13
Remenye-Prescott	Rasa	67366	C22
Thom	Nick	13901	C18
Research Officer			
Grenfell	James	13905	C11
NTEC Lab Manager			
Watson	Jon	68453	B22
CRRE Manager			
Sanderson	Kate	13944	B09
Laboratory Staff			
Surname	First Name	Extension	Room
Barrett	Martyn	68421	A10 B10
Beska	Anthony	68421	A10
Blakemore	Richard	68431	B19
Pont	Lawrence	68432	B19
Thomas	Matthew	68421	A10
Weatherby	Laura	68421	A10
Research Staff			
Surname	First Name	Extension	Room
Fecarotti	Claudia	67220	B08
Lo Presti	Davide	67993	C20
Rama	Dovile	13944	B09
Reed	Sean	67221	B09a
Vileinikis	Marius	13944	B09





DIA 1 – 10 Agosto 2017

- ...
- 47 doutorandos



Surname	First Name	Extension	Room
Ahmed	Ahmed	3108	008
Ajam	Harith	3107	007
Alacash	Hamid	3109	009
Alfaqawi	Rami	3107	017
Al-Mansouri	Tariq	32031	017
Al-Mosawe	Hassan	68846	008
Barber Saint Hilaire	Raphaelle	67734	008
Chiarrelli	Andrea	3108	008
Clarke	Steve	13912	018
D'Souza	Terena	67726	008
D'Angelo	Giovanna	3108	017
Faranah	Ahmed Hisham	31022	017
Jas	Ongtel	31021	017
Gonçalves	Gassare	67730	008
Hasson	Abduoshaf	3108	008
Hilal	Annes	68847	017
Jalali	Waleed	31021	017
Jimenez Del Barco Carrion	Ang	3107	017
Kamla	Ivan	68843	008
Khan	Mohammad Waleed	31022	017
Khojinian	Arash	3108	017
Kilsby	Paul	13912	018
Laryea	Sydney	68835	008
Liu	Wendy+C57	3107	017
Mohammed	Hafez	67720	009 817
Mohammed	Haneen	3108	017
Mohammed	Mahmoud	3107	017
Nassar	Ahmed	3108	008
Ojum	Chibusor	68842	017
Rahim	Abdur	68844	008
Reeves	Jack	67724	008
Reyes Campana	Hector	67724	008
Safari	Mohammad	68845	008
Sanchez	Diana	68846	008
Saei	Tony	31021	017
Sheikh Mohammed	Iwan	68844	008
Sheng	Jingyu	31024	008
Shinshikar	Huda	3108	017
Subhy	Ayad	3108	017
Trupia	Laura	3108	017
Wilde	Cassie	13912	018
Wu	Mario	31024	017
Yianni	Fanou	13912	018
Yu	Ji	3108	017
Zaidi	Bilal	3107	017
Zhang	Jiheg	68847	008
Zhang	Yang	67720	008



DIA 1 – 10 Agosto 2017

## PESQUISAS APRESENTADAS PELO PROF. DAWSON:

### 1. Aplicação de Pavimentos Invertidos

Estudo da utilização de uma camada de agregado entre o revestimento e o material coesivo que forma a base, permitindo a interrupção na propagação de fissuras do tipo “top-down”, ou seja, fissuras que iniciam nas camadas superficiais e vão sendo propagadas para as camadas inferiores.

### 2. Obtenção de possíveis pontos de derrapagem na rede rodoviária a partir de caminhões instrumentados

Embora a rede rodoviária britânica já esteja bastante evoluída em termos de prevenção contra derrapagens, existem regiões de difícil mapeamento, pois encontram-se em locais de não obviedade. Esta pesquisa se propõe a utilizar dados enviados por uma empresa de transportes que possui caminhões instrumentados, que enviam dados a cada 2 min, para identificar e mapear estas regiões “não-obvias” de risco.





DIA 1 – 10 Agosto 2017

## PESQUISAS APRESENTADAS PELO PROF. DAWSON:

### 3. Estudo da capacidade de percolação de líquidos em pavimentos porosos

Pesquisa interessada na capacidade de percolação de fluidos em pavimentos porosos permitindo, por exemplo, o uso de líquidos para absorção de calor em regiões muito quentes, diminuindo a temperatura local. Este estudo inclui a possibilidade de manter estes líquidos armazenados até que seja necessário sua utilização e consequente percolação.

### 4. Uso de agregados de maiores dimensões nas camadas dos pavimentos

Pesquisa com interesse e envolvimento de pedreiras que estuda a utilização de agregados de maiores dimensões que as convencionais nas diversas camadas dos pavimentos, permitindo economias no processo de britagem e resultando em características diferentes (a serem avaliadas) no pavimento.



DIA 1 – 10 Agosto 2017

## PESQUISAS APRESENTADAS PELO PROF. DAWSON:

### 5. Uso de capsulas rejuvenescedoras como processo de self-healing

Pesquisa envolvendo a adição de capsulas que contém material rejuvenescedor à mistura asfáltica. Estas capsulas são rompidas quando do surgimento de trincas, liberando o óleo ou material rejuvenescedor em questão, fazendo com que o ligante asfáltico flua para as regiões danificadas, selando as trincas e recuperando o pavimento.

### 6. Estudo de tráfego em “Forest Roads”

“Forest Roads” são as vias que dão acesso a regiões altamente arborizadas, que recebem normalmente um baixíssimo volume de tráfego. Entretanto, em época de exploração de madeira, essas vias são altamente solicitadas, tanto em termos de frequência de passagem de automóveis quanto em termos de carregamento, gerando grandes danos à estrutura do pavimento. Esta pesquisa procura alternativas para solucionar esta situação.





DIA 1 – 10 Agosto 2017

## PESQUISAS APRESENTADAS PELO PROF. DAWSON:

### 7. Misturas mornas com utilização de aditivos a base de cera

Estudo envolvendo a aplicabilidade de aditivos a base de cera em misturas mornas. Aditivos a base de cera possuem uma temperatura limite, na qual o aditivo se torna sólido, impossibilitando sua utilização. A pesquisa em questão leva em consideração homogeneidade da mistura final, considerando os benefícios em se trabalhar com uma mistura morna.



DIA 1 – 10 Agosto 2017

FINAL DO DIA 1





DIA 2 – 11 Agosto 2017

### Treinamento de segurança (9h00)

Treinamento com o gerente do laboratório, Jonathan Watson, sobre os cuidados e medidas de segurança gerais do laboratório. O gerente esclareceu os cuidados principais e indicou o uso dos seguintes itens sempre que dentro de uma das salas de ensaio:

- Jaleco
- Óculos de proteção
- Sapatos

Estes itens são fornecidos e ficam sob responsabilidade do **usuário**, assim como sua devolução no **final da estadia**.

O gerente do laboratório indicou que o funcionamento e as atividades do laboratório ocorriam das **8h30 às 16h45**, mas que o prédio permanecia aberto **24h por dia**.

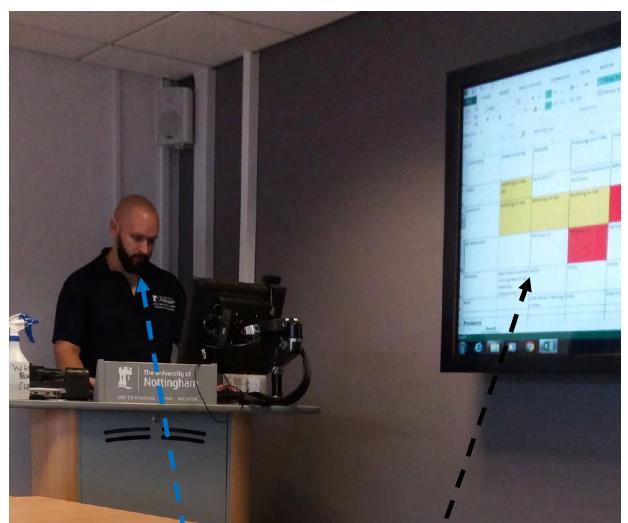
<b>NTEC</b> Nottingham Transportation Engineering Centre										
<b>NTEC INDUCTION PROGRAM</b> (SHORT TERM VISITOR)										
<b>SAFETY</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain use of personal protective equipment PPE required for job safety (glasses, lab coat and where required protective shoes) <input type="checkbox"/></li> <li>• Explain that visitors should not touch other testing equipment <input type="checkbox"/></li> </ul>										
<b>HEALTH</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoid skin contact with bituminous products because they can burn and may cause skin disorders such as dermatitis <input type="checkbox"/></li> <li>• Observe good personal hygiene, and remove contaminated clothing and wash hands before eating, drinking and smoking <input type="checkbox"/></li> </ul>										
<b>NEW INDUCTEE</b> The person mentioned below has explained the items on this checklist and I understand my rights and obligations.										
Name: <b>FELIPE DO CANTO PINETTA</b> Signed : <b>Felipe C. Pinetta</b> Date : <b>11/08/2017</b> Title :										
General Induction conducted by: Name: Signed : Title : Date :										
<b>Attachments:</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">COSSH Form</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Risk assessment Form</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">NTEC phone directories</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Confidentiality Procedure and Form</td> <td>Map of University campus</td> </tr> <tr> <td colspan="3">University Safety Web Site address <a href="http://www.nottingham.ac.uk/safety/index.html">http://www.nottingham.ac.uk/safety/index.html</a></td> </tr> </table>		COSSH Form	Risk assessment Form	NTEC phone directories	Confidentiality Procedure and Form		Map of University campus	University Safety Web Site address <a href="http://www.nottingham.ac.uk/safety/index.html">http://www.nottingham.ac.uk/safety/index.html</a>		
COSSH Form	Risk assessment Form	NTEC phone directories								
Confidentiality Procedure and Form		Map of University campus								
University Safety Web Site address <a href="http://www.nottingham.ac.uk/safety/index.html">http://www.nottingham.ac.uk/safety/index.html</a>										



DIA 2 – 11 Agosto 2017

### REUNIÃO SEMANAL (todas as sextas-feiras, 11h00)

Nesta reunião, **todos os técnicos** encontravam-se presente e os **doutorandos e outros usuários** dos laboratórios faziam um apanhado das atividades realizadas na semana transcorrida assim como a reserva dos equipamentos que pretendiam usar na semana seguinte, com precisão de turno.



Técnico **Martyn Barret**

Planilha com as atividades desenvolvidas





DIA 2 – 11 Agosto 2017

## DETERMINAÇÃO DOS ENSAIOS A SEREM REALIZADOS (13h00)

Durante a tarde, foi marcado uma reunião com o pesquisador **Jose Norambuena-Conterras** que se colocou a disposição para cooperar com as atividades desenvolvidas, indicando a leitura do artigo de sua autoria:

["Self-healing of asphalt mixture by microwave and induction heating"](#)

O pesquisador sugeriu o ensaio de [flexão em 3 pontos](#) em amostras semicirculares, com aplicação de cura por indução após a fratura.

Em seguida, as amostras foram encaminhadas para as etapas de [corte](#) e consequente [identificação](#).



DIA 2 – 11 Agosto 2017

## Acompanhamento da distribuição de temperatura em vigotas aquecidas por indução (15h00)

A fins de entrar em contato com o equipamento de indução, foi permitido o acompanhamento da execução de um experimento de indução da pesquisa da doutoranda **Hamid Alakash**, que utiliza pellets metálicos em misturas utilizadas para reparos na camada de revestimento asfáltico.





DIA 2 – 11 Agosto 2017

FINAL DO DIA 2

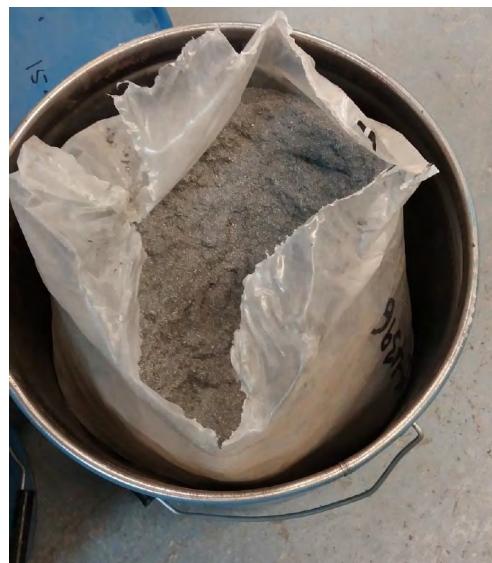


DIA 3 – 14 Agosto 2017

### Discussão sobre a mistura de fibras (9h00)

Durante o período da manhã, foi conduzida uma visita guiada pelo setor de misturas asfálticas do laboratório, ou seja, o setor onde as misturas são realizadas e compactadas (equivalente ao setor 1 – LAPAV).

A maior parte da conversa neste setor foi sobre os critérios de dispersão de fibras na mistura. Os técnicos não tinham uma resposta concisa sobre o tema, mas aconselharam que as fibras sejam misturadas aos agregados antes da adição de ligante.





DIA 3 – 14 Agosto 2017

## PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA DA MAQUINA DE INDUÇÃO



Vídeo: "Procedimento segurança maquina inducao"



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



DIA 3 – 14 Agosto 2017

### Conversa com professor Alvaro Garcia sobre induction heating

Na opinião do professor Garcia:

- Induction heating é um tema que, no momento, é principalmente acadêmico;
- Aquecimento por micro-ondas é mais eficiente, porém com alguns diferenciais
  - Superaquecimento pode deteriorar as partículas de ligante;
  - Adição de fibras não é obrigatória;
  - Muito mais difícil de aplicar em campo.
- Chama bastante atenção para arrecadação de fundos (\$) e publicidade, mas ainda existe muito a ser estudado antes de ser aplicável e considerado sustentável;
- Indica a aquisição de um equipamento de média potência (~6 kW), pois equipamentos de alta potência podem ter grandes dimensões e valores ainda maiores.



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



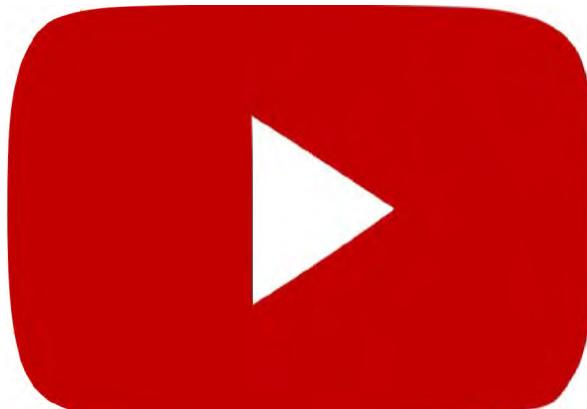
**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



DIA 3 – 14 Agosto 2017

## INTRODUÇÃO À INDUCTION MACHINE



Video: "Experimento Aquecimento"



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



DIA 3 – 14 Agosto 2017

FINAL DO DIA 3



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

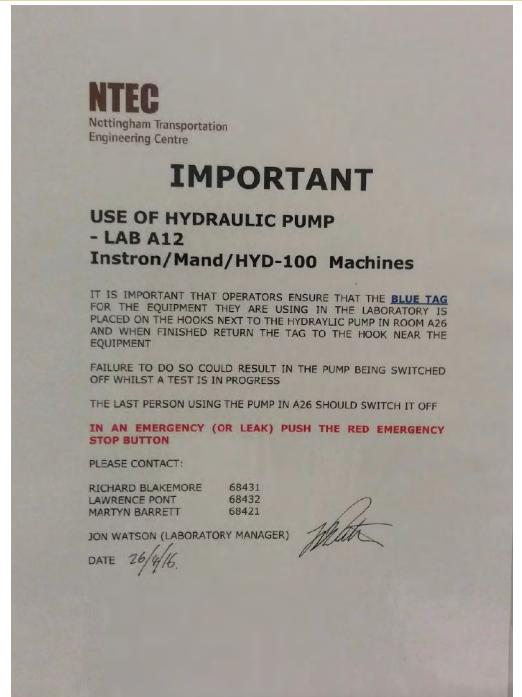
**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



DIA 4 – 15 Agosto 2017

## INTRODUÇÃO ÀS PRENSAS (9h00)

Similarmente ao treinamento de segurança do equipamento de indução magnética, para a utilização das prensas hidráulicas também existe um treinamento de medidas de segurança no qual um dos responsáveis técnicos apresenta os procedimentos de segurança e funcionamento das máquinas.



DIA 4 – 15 Agosto 2017

## INTRODUÇÃO ÀS PRENSAS





DIA 4 – 15 Agosto 2017

CORTE E PREPARO DAS AMOSTRAS PARA O ENSAIO (11h00)



Video: "Corte Vertical" & "Corte Horizontal"



DIA 4 – 15 Agosto 2017

### DISCUSSÃO SOBRE OS AGREGADOS NO NTEC

- Principalmente Calcário ("Limestone") e Granito ("Granite");
- Solicitação da pedreira por frações (como se fosse 3/4", 3/8", ...), entretanto o sistema inglês tem faixas mais restritivas;
- Na prática antiga do centro, as frações eram todas separadas para que a faixa granulométrica fosse completamente controlada, entretanto, mais recentemente eles aproximam os projetos com porcentagens das frações adquiridas "fechadas", uma vez que as amostras tenham granulometria conhecida;





DIA 4 – 15 Agosto 2017

### DISCUSSÃO SOBRE OS AGREGADOS NO NTEC

- Quando o material chega ao laboratório, ele é armazenado em **sacas**;
- Para utilizar o material, eles retiram uma parcela da massa das sacas, e o secam em estufas, utilizando a quantidade indicada pelo projeto e armazenando o restante em bombonas que ficam protegidas das intempéries;
- O agregado não costuma ser lavado para realização das misturas;
- Quando acontece alguma mudança na pedreira, ou algo do gênero o ensaio de granulometria é feito novamente e os projetos são readaptados.



DIA 4 – 15 Agosto 2017

### PREPARAÇÃO PARA O ENSAIO DE FLEXÃO EM 3 PONTOS (15h00)

- As amostras foram separadas em 3 grupos:
  1. 80 segundos de aquecimento;
  2. 100 segundos de aquecimento;
  3. Distribuição térmica.
- **Amarração das amostras** com silvertape para que ao rompê-las elas não caiam e danifiquem mais;
- Condicionamento (mínimo) de 18 horas a **-20°C**;
- Foram realizados **pequenos dentes** (~5 mm x 5 mm) para direcionar a trinca;





DIA 4 – 15 Agosto 2017

#### FINAL DO DIA 4



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

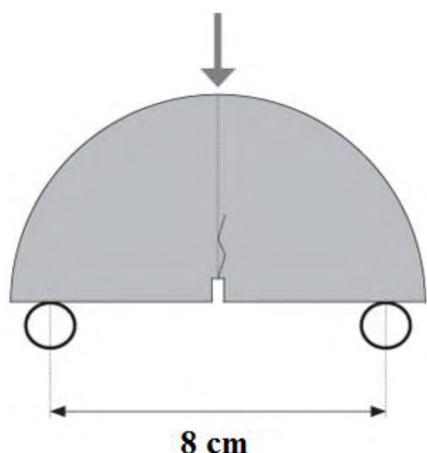
**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



DIA 5 – 16 Agosto 2017 & DIA 6 – 17 de Agosto & DIA 7 – 18 de Agosto

#### REALIZAÇÃO DO 3-POINT BENDING NAS AMOSTRAS

- Carregamento uniaxial em amostra semicircular;
- Afastamento entre apoios de 8 cm;
- Carregamento em deslocamento controlado na taxa de 1 mm/s;
- Tempo de aplicação de carga de 25 segundos;
- Temperatura da amostra  $\sim -20^\circ \text{C}$ .



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



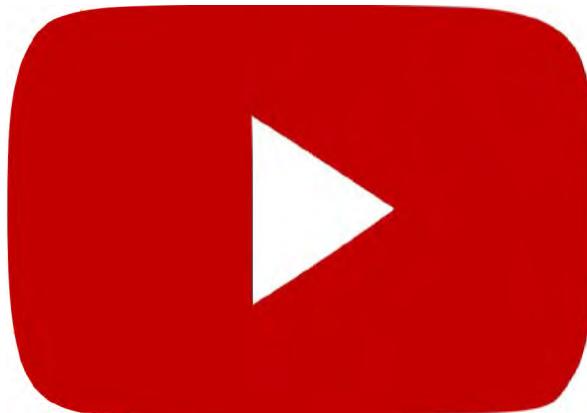
**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



**DIA 5 – 16 Agosto 2017 & DIA 6 – 17 de Agosto & DIA 7 – 18 de Agosto**

REALIZAÇÃO DO 3-POINT BENDING NAS AMOSTRAS



Video: “3-point\_1” & “3-point\_2”



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



**DIA 5 – 16 Agosto 2017 & DIA 6 – 17 de Agosto & DIA 7 – 18 de Agosto**

REALIZAÇÃO DO INDUCED HEALING NAS AMOSTRAS

Além dos distintos tempos de indução, também foram variados os distâncias da parte superior da amostra até a espira, conforme a tabela abaixo.

Amostra	Tempo [s]	Distância (d) [cm]
1	80	6
2	80	6
3	80	4
4	80	4
5	100	6
6	100	6
7	100	4
8	100	4



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



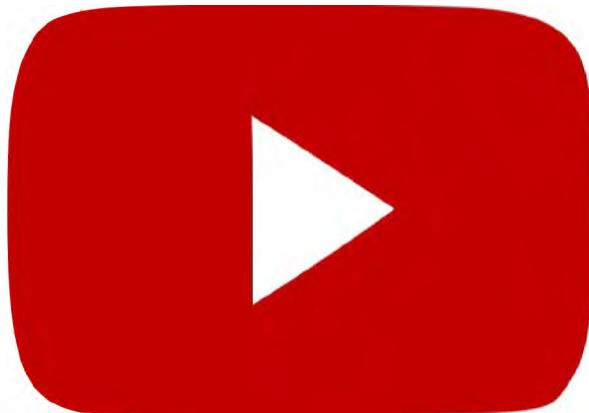
**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



DIA 5 – 16 Agosto 2017 & DIA 6 – 17 de Agosto & DIA 7 – 18 de Agosto

### DEMONSTRAÇÃO DE OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE INDUÇÃO



Video: "Heating Procedure"

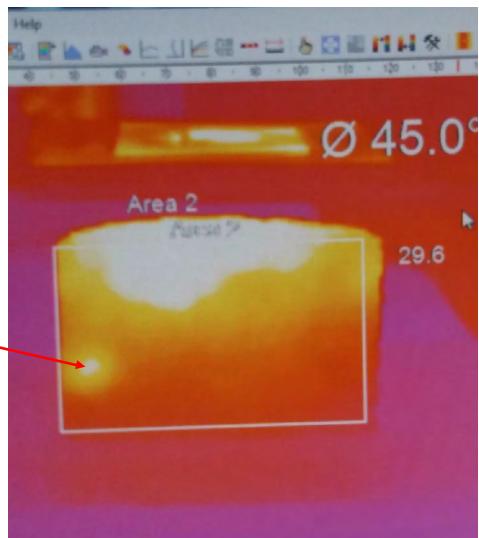


DIA 5 – 16 Agosto 2017 & DIA 6 – 17 de Agosto & DIA 7 – 18 de Agosto

### DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA NO CORPO DE PROVA



CLUSTER



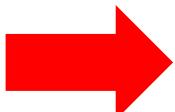


**DIA 5 – 16 Agosto 2017 & DIA 6 – 17 de Agosto & DIA 7 – 18 de Agosto**

EXEMPLO DE AMOSTRA ANTES E DEPOIS DO HEALING



**HEALING**

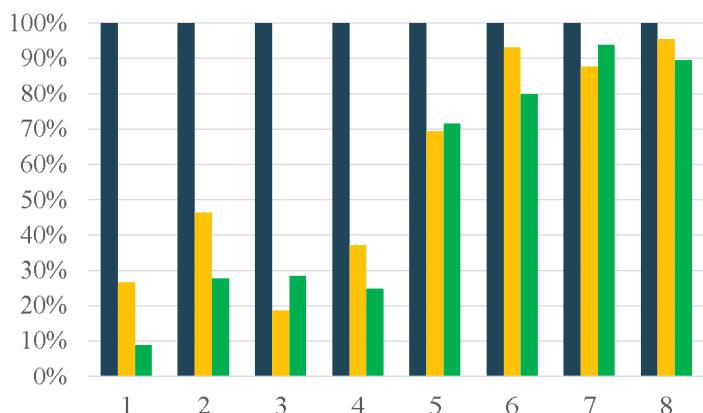


**DIA 5 – 16 Agosto 2017 & DIA 6 – 17 de Agosto & DIA 7 – 18 de Agosto**

EXEMPLO DE AMOSTRA ANTES E DEPOIS DO HEALING

Valores (%) de Resistência das amostras

■ DIA 1 ■ DIA 2 ■ DIA 3



Amostra	Tempo [s]	Distância (d) [cm]
1	80	6
2	80	6
3	80	4
4	80	4
5	100	6
6	100	6
7	100	4
8	100	4



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS





DIA 7 – 18 Agosto 2017



DIA 7 – 18 Agosto 2017



FINAL DO DIA 7



LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS





## CAPITULO 2: ENTPE



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



## OBJETIVOS

1. Entrar em contato com os pesquisadores;
2. Divulgar a bandeira PETER;
3. Conhecer os equipamentos e mentalidade da escola



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS

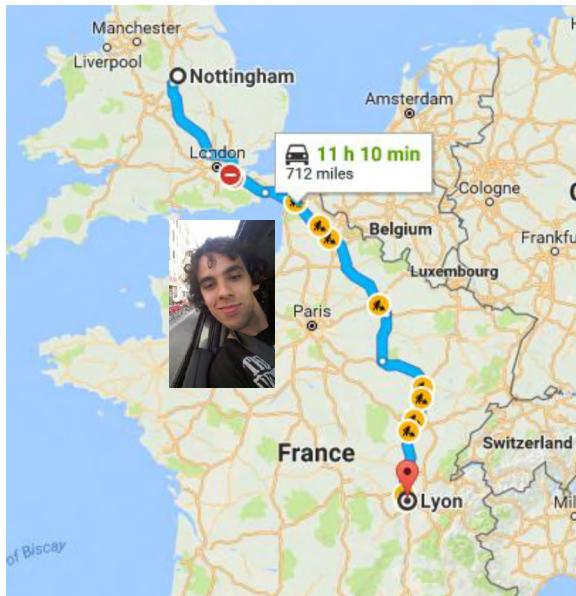


**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



## Trajetória



Saída:

Nottingham (UK), 20 Agosto, 2017 (~10h00)



Chegada:

Lyon (FR), 20 Agosto, 2017  
(~17h00)



## EQUIPE DE PESQUISADORES





Hervé Di Benedetto

Lucas Babadopulos



DIA 1 – 21 Agosto 2017

## IMPRESSÕES E FATOS SOBRE A ESCOLA

- GRANDE preocupação com **fundamentos teóricos** nas pesquisas;
- Os pesquisadores não tem muito contato com as etapas de **moldagem** das amostras utilizadas, a menos que seja de interesse específico da pesquisa;
- Principal instrumento de ensaios: **Prensas Hidráulicas** (9!!!);
- **Pequena equipe técnica**, pois os ensaios e equipamentos são principalmente operados pelos pesquisadores;
- Grande parte do tempo da visita foi utilizado para discussões sobre **viscoelasticidade**.





## AGRADECIMENTOS

Ao professor Lélio Brito, por motivar e acreditar nesta missão.

Ao programa PETER, pelos subsídios necessários para o acontecimento desta visita técnica.

Ao LAPAV e toda equipe consituente, por discutir e manter viva a vontade de aprender.

Ao corpo técnico do NTEC e da ENTPE pelo excelente acolhimento e experiência desenvolvida.

Aos pesquisadores Andrew Dawson, Álvaro Garcia, Jose Norambuena Contreras, Breixo Meijide da University of Nottingham.

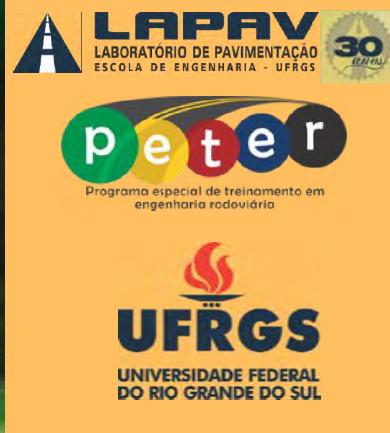
Ao professor Hervé Di Benedetto da ENTPE.

Ao pesquisador Lucas Babadopulos, pela calorosa recepção e por todo conhecimento compartilhado nas diversas áreas discutidas.



# OBRIGADO!

Felipe do Canto Pivetta – [fcpivetta@hotmail.com](mailto:fcpivetta@hotmail.com)



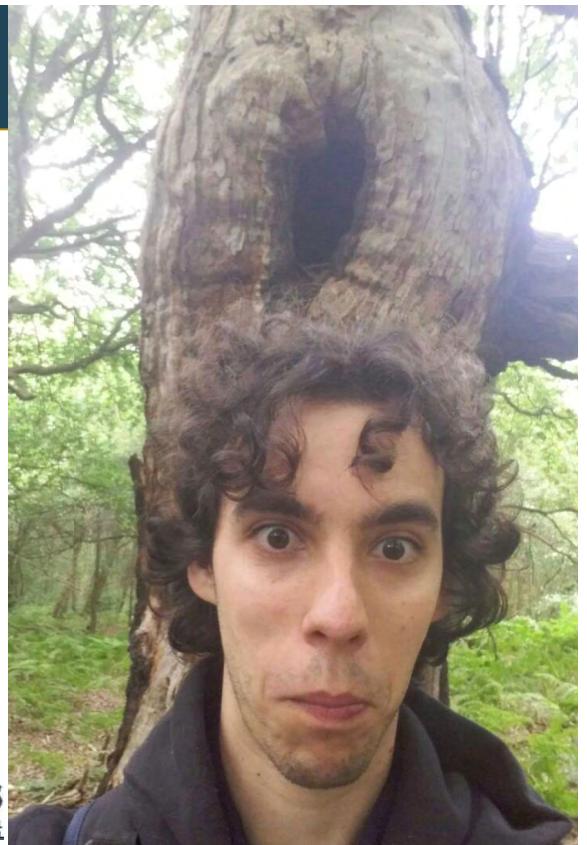
Laboratório de Pavimentação Área de Testes e Pesquisas de Pavimentos

Av. Bento Gonçalves, 9500. Prédio 43.816. Bairro Agronomia.  
CEP 91501-970,

Fone: +55 51 3308-7049  
Fax: +55 51 3308-3999 [lapav1@cpgec.ufrgs.br](mailto:lapav1@cpgec.ufrgs.br)



# PERGUNTAS?????



**ANEXO O – RESUMOS SIC UFRGS**

## **Influência da melhoria da infraestrutura na interseção de uma avenida com uma rodovia federal na redução de acidentes**

Autor: Douglas Cardoso Engelke

Orientador: Washington P. Núñez

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária - PETER

Laboratório de Pavimentação – LAPAV

As consequências positivas de melhorias na infraestrutura de uma rodovia são as mais diversas. Entre elas está a redução de acidentes. Este trabalho apresentará uma análise quantitativa da evolução do número de acidentes na interseção da avenida Nei Brito com o km 296 da BR-116 na cidade de Guaíba no Rio Grande do Sul. Além da importância para a maior segurança da via, a interseção é de extrema importância para o acesso à área industrial da cidade de Guaíba.

Inicialmente, a interseção entre a avenida e a BR-116 era feita de maneira direta a uma rodovia de pista simples. Foram feitas obras de duplicação no trecho e a construção de uma rótula para o acesso entre as duas vias. As obras transformaram o trecho em um ambiente mais seguro para o tráfego. Depois de algum tempo, a concessionária que administra o trecho, a Concepá, executou a implementação de um viaduto do tipo diamante e de iluminação em toda a estrutura.

Serão analisados as quantidades dos três tipos de acidentes: com danos materiais, com vítimas e com vítimas fatais. Serão avaliados três períodos: antes da duplicação da BR-116, após a duplicação e antes da execução do viaduto e após a execução do viaduto.

Por fim, o trabalho mostrará que a evolução da interseção entre as vias resultou numa queda significativa no número de acidentes na região.

## **Análise do uso de material fresado como agregado em misturas asfálticas tipo: Pré-misturado a frio**

Autor: Filipe Pereira dos Reis

Orientador: Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

As rodovias são o principal modal viário brasileiro, responsável pelo escoamento de grande parte da produção do país. Entretanto, é fácil perceber que as condições das estradas, em sua maioria, não estão adequadas, sendo corriqueiro encontrar rodovias em condições precárias, que oferecem grande risco aos seus usuários, demonstrando a importância da execução da manutenção destes pavimentos. Sendo assim, o presente estudo objetiva a reutilização de material fresado como fonte de nova matéria-prima para o desenvolvimento de uma mistura do tipo pré-misturado a frio (PMF). A utilização do material fresado se faz de grande utilidade, tendo em vista dois aspectos do agregado natural: aspecto ambiental, devido a menor utilização de agregado; e aspecto econômico, com a redução do consumo de agregado.

A dosagem da mistura foi realizada conforme preconizado na norma DNIT 153/2010 – ES (Pavimentação asfáltica – Pré-misturado a frio com emulsão catiônica convencional – Especificação de serviço). Foram utilizados: a emulsão catiônica convencional; o material fresado, oriundo da rodovia BR-290/RS; e o agregado natural, originário da pedreira localizada no km 30 da mesma rodovia. A mistura desenvolvida terá como finalidade a recuperação de defeitos do revestimento asfáltico do pavimento, conforme especificados na norma DNIT 154/2010 – ES (Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos - Especificação de serviço), assim como o preenchimento de panelas, durante a operação denominada “Tapa Buraco”.

A pesquisa se encontra em andamento com previsão de apresentação de resultados no Salão de Iniciação Científica da UFRGS, em outubro de 2017.

Título: Análise de propriedades mecanísticas de misturas a quente com inserção de diferentes teores de material asfáltico reciclado

Autor: Junior Rodrigo Vicenzi

Orientador: Washington Peres Núñez

Instituição: Laboratório de Pavimentação – UFRGS

A questão ambiental vem se tornando tema recorrente nos foros nacionais e internacionais, estando atualmente presente na opinião pública e demandando uma busca por soluções técnicas que atendam a critérios de desenvolvimento sustentável. Segundo essa corrente de pensamento, a reciclagem de pavimentos surge como uma alternativa eficaz para se reduzir o elevado impacto ambiental gerado por obras de pavimentação asfáltica, trazendo, além disso, benefícios econômicos.

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade e qualidade de misturas asfálticas a quente produzidas com a inserção de diferentes teores de material reciclado. Para isso, serão produzidas em laboratório três misturas asfálticas com teores de 30%, 40% e 50% do material em questão. Após, será analisado e comparado o desempenho mecânico de cada mistura através dos parâmetros de resistência à tração, módulo de resiliência, além da adesividade entre ligante asfáltico e agregados.

Para realizar o estudo em questão, serão utilizadas misturas com cimento asfáltico de petróleo (CAP) modificado por polímero, mais especificamente, o CAP 60/85. Os agregados virgens utilizados são de origem basáltica provenientes de uma pedreira localizada na cidade de Santo Antônio da Patrulha – RS. O material reciclado de revestimento asfáltico é proveniente da fresagem da Avenida Osvaldo Aranha, no início de 2017 e foi cedido pela Prefeitura de Porto Alegre-RS.

Inicialmente todos os materiais utilizados serão caracterizados e classificados conforme critérios especificados por norma. Após, será feita a dosagem de cada mistura pelo método de dosagem Marshall de misturas asfálticas (DNER-ME 043/95). Segundo, serão produzidos corpos de prova para cada mistura, sendo estes submetidos a ensaios de Módulo de Resiliência (DNER-ME 133-94), onde se obtém razão entre tensão de tração e a correspondente deformação específica recuperável; ao ensaio de Resistência à Tração por compressão diametral (ABNT NBR 15087) e o Dano Por Umidade Induzida (ABNT NBR 15617), onde se testará a adesividade entre ligante asfáltico e agregado.

Em países como Estados Unidos e França chega-se a usar de 50 a 70% de material fresado em misturas asfálticas. Esses números somente foram atingidos, após séries de pesquisas e investimentos que consolidaram o uso deste material como uma alternativa viável ao uso de agregados e cimento asfáltico virgens. Da mesma forma, o presente estudo busca aferir e comprovar a viabilidade do uso desse material nos pavimentos brasileiros.

***ANEXO P – CARTAS DE ACEITAÇÃO ANPET***

Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2017

Ilmo(a)s. Sr(a)s.

Douglas Cardoso Engelke  
Douglas Martins Mocelin  
Lélio Antônio Teixeira Brito  
Keli Mallmann  
Rafael Sacardo  
Mírian Ramos Quebaud  
Marisa Dagmar Tiefensee

Como presidente do Comitê Científico do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – XXXI ANPET, tenho a satisfação de comunicar-lhe que seu trabalho:

**484 - AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DA RODOVIA BR-290/RS COM A IMPLEMENTAÇÃO DA QUARTA FAIXA**

foi aceito para apresentação e publicação nos anais do XXXI ANPET, organizado pela Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes (ANPET) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a ser realizado de 29 de outubro a 01 de novembro de 2017 em Recife, PE.

Para que seu trabalho seja publicado nos anais e programado para apresentação no XXXI ANPET, pelo menos um dos autores deve estar inscrito no congresso até o dia 22 de outubro de 2017. As instruções para inscrição, bem como o formulário, estarão disponíveis no endereço do Congresso <http://anpet.org.br/tempsite/xxxianpet/index.php/2015-04-02-16-24-21/inscreva-se-aqui>

A versão definitiva do texto, incorporando as observações feitas pelos avaliadores, também deverá ser enviada até o dia **11 de setembro de 2017** através do SSAT/ANPET (<http://www.anpet.org.br/ssat>). Os trabalhos que não forem recebidos pelo Comitê Organizador até esta data poderão ser apresentados no congresso mas não serão publicados nos anais.

As instruções para apresentação oral dos trabalhos são as mesmas do congresso anterior e serão disponibilizadas na página da Internet do XXXI ANPET. A programação das sessões – dia, hora e local de apresentação dos trabalhos – será também informada oportunamente, na página do Congresso.

Solicito-lhe a gentileza de comunicar esta decisão aos demais autores do trabalho, se pertinente.

Atenciosamente,



Prof. Flávio José Craveiro Cunto, Ph.D.  
Presidente do Comitê Científico do XXXI ANPET

Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2017

Ilmo(a)s. Sr(a)s.

Filipe Pereira dos Reis  
Natália Guterres Mensch  
Lélio Antônio Teixeira Brito  
Felipe Cipriani Luzzi  
Eduardo Ballejo Meirelles  
Mírian Ramos Quebaud  
Marisa Dagmar Tiefensee

Como presidente do Comitê Científico do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – XXXI ANPET, tenho a satisfação de comunicar-lhe que seu trabalho:

**453 - AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA SOBRECARGA DOS VEÍCULOS PESADOS NA RODOVIA BR-290/RS**

foi aceito para apresentação e publicação nos anais do XXXI ANPET, organizado pela Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes (ANPET) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a ser realizado de 29 de outubro a 01 de novembro de 2017 em Recife, PE.

Para que seu trabalho seja publicado nos anais e programado para apresentação no XXXI ANPET, pelo menos um dos autores deve estar inscrito no congresso até o dia 22 de outubro de 2017. As instruções para inscrição, bem como o formulário, estarão disponíveis no endereço do Congresso <http://anpet.org.br/tempsite/xxxianpet/index.php/2015-04-02-16-24-21/inscreva-se-aqui>

A versão definitiva do texto, incorporando as observações feitas pelos avaliadores, também deverá ser enviada até o dia **11 de setembro de 2017** através do SSAT/ANPET (<http://www.anpet.org.br/ssat>). Os trabalhos que não forem recebidos pelo Comitê Organizador até esta data poderão ser apresentados no congresso mas não serão publicados nos anais.

As instruções para apresentação oral dos trabalhos são as mesmas do congresso anterior e serão disponibilizadas na página da Internet do XXXI ANPET. A programação das sessões – dia, hora e local de apresentação dos trabalhos – será também informada oportunamente, na página do Congresso.

Solicito-lhe a gentileza de comunicar esta decisão aos demais autores do trabalho, se pertinente.

Atenciosamente,



Prof. Flávio José Craveiro Cunto, Ph.D.  
Presidente do Comitê Científico do XXXI ANPET

Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2017

Ilmo(a)s. Sr(a)s.

Gustavo Coelho Fermino  
Marlova Grazziotin Johnston  
Lélio Antônio Teixeira Brito  
Rafael Cornelius  
Leandro Conterato  
Mírian Ramos Quebaud  
Marisa Dagmar Tiefensee

Como presidente do Comitê Científico do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – XXXI ANPET, tenho a satisfação de comunicar-lhe que seu trabalho:

**494 - ANÁLISE DA ACIDENTALIDADE DA RODOVIA BR-290/RS COM A IMPLEMENTAÇÃO DA QUARTA FAIXA**

foi aceito para apresentação e publicação nos anais do XXXI ANPET, organizado pela Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes (ANPET) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a ser realizado de 29 de outubro a 01 de novembro de 2017 em Recife, PE.

Para que seu trabalho seja publicado nos anais e programado para apresentação no XXXI ANPET, pelo menos um dos autores deve estar inscrito no congresso até o dia 22 de outubro de 2017. As instruções para inscrição, bem como o formulário, estarão disponíveis no endereço do Congresso <http://anpet.org.br/tempsite/xxxianpet/index.php/2015-04-02-16-24-21/inscreva-se-aqui>

A versão definitiva do texto, incorporando as observações feitas pelos avaliadores, também deverá ser enviada até o dia **11 de setembro de 2017** através do SSAT/ANPET (<http://www.anpet.org.br/ssat>). Os trabalhos que não forem recebidos pelo Comitê Organizador até esta data poderão ser apresentados no congresso mas não serão publicados nos anais.

As instruções para apresentação oral dos trabalhos são as mesmas do congresso anterior e serão disponibilizadas na página da Internet do XXXI ANPET. A programação das sessões – dia, hora e local de apresentação dos trabalhos – será também informada oportunamente, na página do Congresso.

Solicito-lhe a gentileza de comunicar esta decisão aos demais autores do trabalho, se pertinente.

Atenciosamente,



Prof. Flávio José Craveiro Cunto, Ph.D.  
Presidente do Comitê Científico do XXXI ANPET

**ANEXO Q – APRESENTAÇÃO WORKSHOP RDT ANTT**

# XI Workshop “Desenvolvimento tecnológico nas concessões rodoviárias: soluções técnicas aplicadas”

Brasília – 17/08/2017



**Triunfo**

CONCEPA



AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES

## PROGRAMA ESPECIAL DE TREINAMENTO EM ENGENHARIA RODOVIÁRIA (PETER) FASE 2



*Prof. Lélio Brito*

## Equipe

### Apresentação

- Lélio A. T. Brito

### Equipe LAPAV

- Prof. Lélio A. T. Brito, PhD
- Prof. Jorge A. P. Ceratti, DSc
- Prof. Dr. Washington P. Nuñez
- Drª Marlova Johnston



### Equipe Triunfo | CONCEPA

- Eng. MSc. Thiago Vitorello
- Eng. MSc. Fábio Hirsch
- Eng. Rafael Sacardo
- Eng. Eduardo Meirelles
- Engª. Keli Mallmann

## Plano de formação do programa PETER

1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Acompanhamento tutorial	Estágio no Laboratório	Estágio no Laboratório	Estágio no Laboratório & Coop. na Concessionária	Estágio na Concessionária supervisionado Universidade
Leitura de artigos c/ Feedback	Auxílio em ensaios Laboratório	Ensaio em laboratório e Campo	Atividades de Laboratório e campo	Desenvolvimento de Controle tecnológico
Visita em Campo	Auxílio na análise de resultados	Análise de dados	Cafezinhos rodoviários & SIC	Participação em uma psg, com publicação em congresso nacional
Participação dos Cafezinhos Rodoviários	Cafezinhos rodoviários & SIC	Saídas de campo	Saídas de campo	Monitoria nos ensaios de campo e visitas realizadas

### Objetivo Principal

“Buscar **alunos de reconhecido desempenho acadêmico** que se interessem pelo ramo da **Engenharia Rodoviária**, trazendo-os para dentro do Laboratório de Pavimentação, onde farão um programa de aprendizado passando pelas várias áreas do conhecimento deste segmento, culminando em um **programa de intercâmbio Universidade - Empresa** ao final do estágio, com o intuito de aplicar o conhecimento adquirido”.

## Composição do quadro PETER-LAPAV

### Fase 2 – 2017

Posição	Nome
Tutor	Lélio Brito
Líder 1	Gracieli Colpo
Líder 2	Natália Mensch
Bolsista 1	Douglas Engelke
Bolsista 2	Junior Vicenzi
Bolsista 3	Filipe Pereira dos Reis
Bolsista 4	Gustavo Firmino
Auxiliar de Laboratório - Estagiário	Mateus Freitas

Equipe em Julho de 2017



## Divulgação e atividades desenvolvidas – 2016 - 2017



Visita à UnB  
Agosto 2016



Prêmio Baiano de Peneiramento  
Outubro 2016



Apresentação SIC - Destaque  
Outubro 2016



Despedida Fábio Conterato  
Agosto 2016



Apoio PETER-LAPAV BR-448  
Dezembro 2016



Cafezinhos Rodoviários  
2016

## Divulgação e atividades desenvolvidas - 2016



Bancas de Defesa de Mestrado  
Março 2017



Apresentação Civil UFRGS  
Abril 2017



Portas Abertas - UFRGS  
Maio 2017



Participação PETER - V Concurso Estudos Técnicos  
Junho 2017



Visita PETER - NTEC &  
PETER com 1º Lugar Ponto de Partida

## Divulgação e atividades desenvolvidas - 2016

### Principais realizações

- Desempenho acadêmico superior dos alunos
- Motivação continuada
- Iniciando o 5º ano do programa PETER
- Crescente número de pesquisas, publicações e premiações
- Baixa evasão
- Continuada formação com elevado rendimento (e aumentando...)
- Impacto positivo da atividades de formação complementar
- Lideranças com destacado desempenho
- Reconhecimento na Universidade



# Obrigado!

*Prof. Lélio Brito*

***ANEXO R – APRESENTAÇÃO DE SELEÇÃO DO PETER VIA040***



**PROGRAMA ESPECIAL DE  
TREINAMENTO EM ENGENHARIA  
RODOVIÁRIA - PETER**

SELEÇÃO 2018 - 2019

PORTO ALEGRE  
13 DEZEMBRO 2017

## LAPAV - UFRGS

O Laboratório de Pavimentação da UFRGS foi **criado em 1986** pelo Prof. D. Sc. **Jorge Augusto Pereira Ceratti**. Iniciou suas atividades em anexo ao Laboratório de Mecânica dos Solos então existente no Prédio da Engenharia no **Campus Centro**. Desde então o LAPAV apresentou desenvolvimento e crescimento contínuo.

Em **1994**, houve a criação da **Área de Pesquisas e Testes de Pavimentos** no Campus do Vale da UFRGS e desenvolvimento e instalação do equipamento simulador de tráfego linear, único na América Latina na época, e que permite estudos em pistas experimentais em escala

No ano de **2009**, o LAPAV foi **transferido integralmente** para o Campus do Vale, onde divide suas atividades nos setores de **Misturas Asfálticas, Ensaios Especiais e Pistas Experimentais**.



## LAPAV - UFRGS

### Máquina vai testar materiais alternativos

A escassez de recursos está obligando os engenheiros a pesquisar e a procurar alternativas para os materiais utilizados na construção de estradas. Por muitas vezes, por dificuldade de transporte até o local de construção, é necessário o esvaziamento do material de edificação. O resultado desse trabalho é o desperdício de um grande número de uma Máquina de Teste de Pavimentação, que foi construída especificamente para esse propósito. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a construtora das obras da nova rodovia entre o Rio Grande e a Estrada de Rodagem, com sede na Serra da Saudade, iniciaram a fase de reprodução — em um mês de trabalho — de uma máquina que acarretou em uma redução de 30% no custo de produção.

Com isso, nesse curto espaço de tempo, será possível iniciar o processo de substituição das matérias-primas no tráfego intenso em uma rodovia, por um período

prolongado. A Máquina de Teste de Pavimentação, que é produzida no DARE, é um equipamento que pode ser adaptado a outros de comprimento e altura diferentes, dependendo da necessidade que promova a sua eficiência operacional. A máquina é composta por um eixo com molde duplo e que se desloca com velocidade constante, sobre a pista experimental. O uso da máquina é destinado a engenheiros e empreendedores que pretendem testar novos materiais ou alternativas ao asfalto com a necessidade de economizar recursos.

**BASALTOS** — Um dos objetos testados é basalto, o qual é encontrado em abundância em São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Ele é usado para substituir o betão armado em estruturas de concreto.



Máquina de teste de pavimentação: dirigida de dez anos reproduzida em apenas dois meses

em alguns trechos.

do material denominado "ba-

cutos ainda menores

salto alaranjado".

A partir desses testes,

o DARE

é

possível

aplicar com segurança os novos

materiais.



## Apresentação

### **Apresentação:**

Lélio A. T. Brito

### **Equipe de Pesquisa LAPAV:**

Jorge A. P. Ceratti  
 Lélio A. T. Brito  
 Washington P. Núñez  
 Marlova Johnston



### **Equipe Triunfo | CONCEPA**

Fábio Hirsch  
 Thiago Vitorello  
 Fernando Cronst  
 Leandro Conterato  
 Eduardo Meirelles



## LAPAV - UFRGS



- 4 Alunos de Doutorado
- 6 Alunos de Mestrado
- 3 Técnicos
- 10 Bolsistas IC – PETER

50 tipos de ensaios; 10 Equipamentos para ensaios mecânicos; 1 Simulador de Tráfego Linear; 12 pistas experimentais



Mais de 100 publicações em periódicos indexados



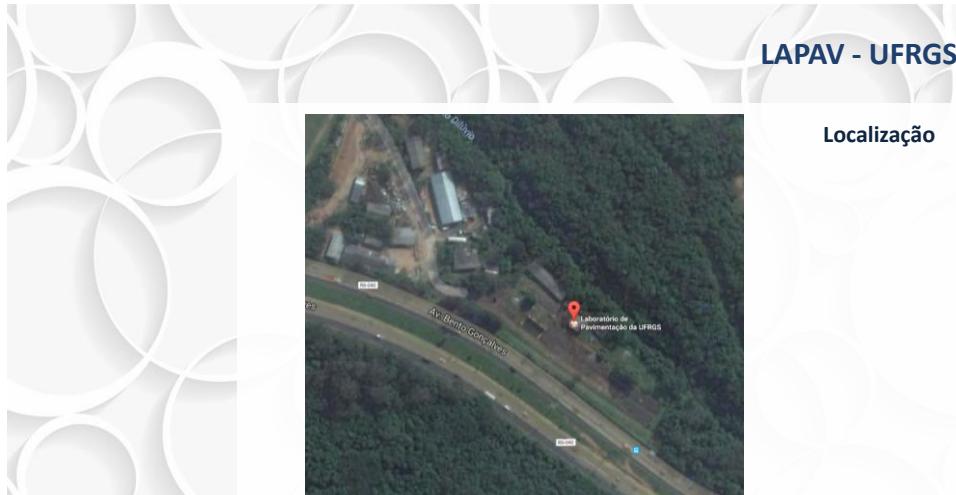
Mais de 500 publicações em congressos nacionais e internacionais



Aproximadamente 65 orientações de Mestrado e 16 orientações de Doutorado

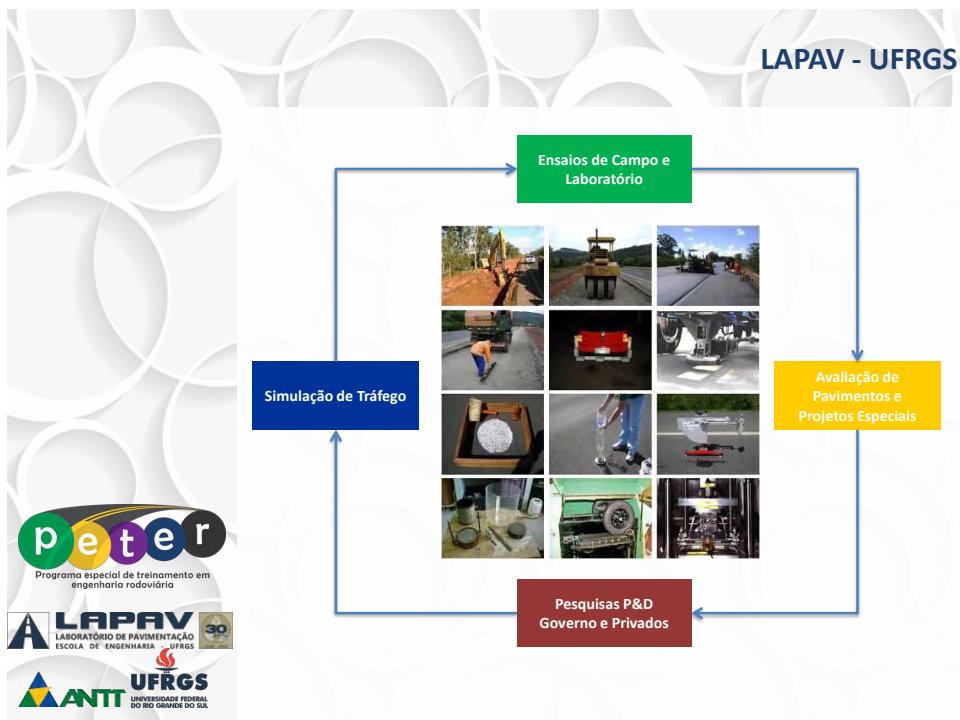


30 anos de Laboratório



- Laboratório de Misturas Asfálticas  
100 m<sup>2</sup> - Laboratório
- Laboratório de Ensaios Especiais  
140 m<sup>2</sup> de Laboratório e Depósitos
- Ensaios Acelerados  
120 m<sup>2</sup> - Sala de Controle e Oficina  
4500 m<sup>2</sup> - Pistas Experimentais









## Introdução

### ▪ Importância:

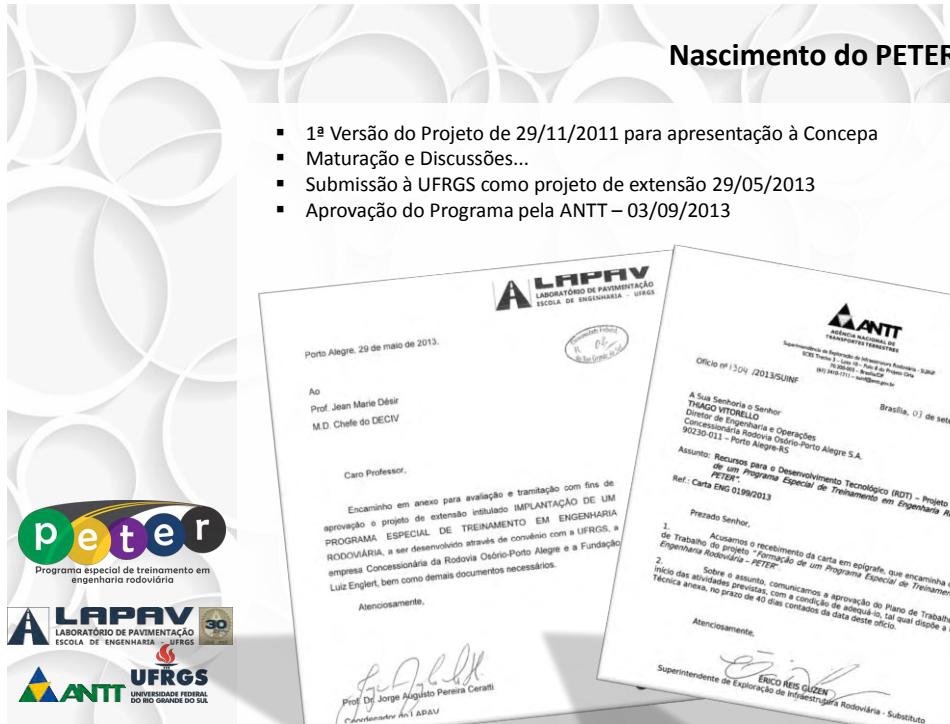
Carência de alunos Graduação  
 Carência de alunos pós-graduação  
 Motivação da área rodoviária  
 Redução de bolsistas IC x Mercado  
 (ambiente empresa)  
 Redução de bolsistas IC x Mercado  
 (aspectos \$)

- Universidade no papel da divulgação e instrução
- Triunfo - CONCEPA como parceira do LAPAV.
- ANTT como modelo de fiscalização rodoviária.



## Nascimento do PETER

- 1ª Versão do Projeto de 29/11/2011 para apresentação à Concepção
- Maturação e Discussões...
- Submissão à UFRGS como projeto de extensão 29/05/2013
- Aprovação do Programa pela ANTT – 03/09/2013



## Nascimento do PETER

- Necessidade de aprovação junto à universidade do PETER como um programa de extensão. Desafios na criação do PETER (Processo 23078.017642/13-92)
- Aprovação dos seguintes departamentos: Departamento de Engenharia Civil – DECIV, Escola de Engenharia, Procuradoria-Geral Federal, Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico – SEDETEC, Pro-reitoria de Extensão, Pro-reitoria de Planejamento e Administração, Comissão de Extensão e Colegiado da Universidade
- Atendimento à ANTT para descrição mais detalhada do programa:
  - Contrapartida da Universidade e seu comprometimento no uso da infra-estrutura; atribuição de responsabilidades.
  - Apontamento dos responsáveis pela execução, aperfeiçoamento, gestão financeira e fiscalização do projeto.
  - Consideração do manual do SESu
  - Descrição de critérios de seleção e manutenção da bolsa.
  - Certificação aos alunos participantes.



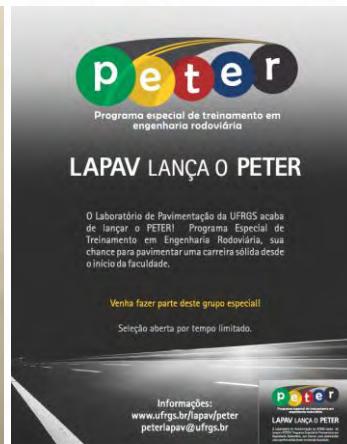
## Estrutura do Programa

### ■ OBJETIVO PRINCIPAL

Buscar **alunos de reconhecido desempenho acadêmico** que se interessem pelo ramo da **Engenharia Rodoviária**, trazendo-os para dentro do Laboratório de Pavimentação, onde farão um programa de aprendizado passando pelas várias áreas do conhecimento deste segmento, culminando em um **programa de intercâmbio Universidade - Empresa** ao final do estágio, com o intuito de aplicar o conhecimento adquirido.



## Divulgação & Seleção



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**PPGCI**

**ANTT**

**VIA 040**

**30 Anos**

**peter**  
Programa especial de treinamento em engenharia rodoviária

O Laboratório de Pavimentação da UFRGS convida os alunos do curso de Engenharia Civil\* para participar da [seleção de bolsistas](#) para o Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária PETER-VIA 040.

Dentre as atividades do programa estão o desenvolvimento de pesquisas no LAPAV e estágio na concessionária VIA 040 em Nova Lima - Minas Gerais (apenas quintanistas\*).

Para participar da seleção, envie seu currículo, histórico escolar e comprovante de matrícula para [peterlapav@ufrgs.br](mailto:peterlapav@ufrgs.br) até 02/01/2018.

Para informações sobre os critérios de aplicação e seleção, atividades por seriação e valor das bolsas, acesse nossa página no Facebook ou ufrgs.br/lapav/petervia040.

Valor das bolsas:

- PETER Júnior [R\$ 500,00] - 20 horas
- PETER 2º Ano [R\$ 500,00] - 20 horas
- PETER 3º Ano [R\$ 600,00] - 20 horas
- PETER 4º Ano [R\$ 750,00] - 20 horas
- PETER 5º Ano [R\$ 950,00] - 30 horas

\* Alunos de outras universidades podem aplicar para a vaga de PETER Júnior. Alunos de outras engenharias, ou cursos afins, serão avaliados pontualmente para demandas específicas de projetos em desenvolvimento.

**Estrutura do Programa**

Júnior	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
Estágio no Laboratório	Estágio no Laboratório	Estágio no Laboratório	Estágio no Laboratório* & Coop. em atividades da Concessionária	Estágio na Concessionária (verão) supervisionado pelo LAPAV**
Atividades conforme sua seriação - equivalente aos demais alunos	Auxílio em ensaios Laboratório	Ensaios em laboratório e Campo	Atividades de Laboratório e campo	Desenvolvimento de Controle tecnológico da Concessionária
Cafezinhos rodoviários & SIC	Auxílio na análise de resultados	Análise de dados	Cafezinhos rodoviários & SIC	Participação em uma pesq. com publicação em congresso nacional
Saídas de campo	Saídas de campo	Saídas de campo	Saídas de campo	

## Estrutura do Programa

Bolsista PETER do 1º Ano	• 450,00
Bolsista PETER do 2º Ano	• 500,00
Bolsista PETER do 3º Ano	• 600,00
Bolsista PETER do 4º Ano	• 750,00
Bolsista PETER do 5º Ano	• 950,00
Técnico em Estradas (Aluno em formação)	• 750,00
Líder se Setor (Aluno graduado desenvolvendo pesquisa de Mestrado ou Doutorado)	• 1000,00



## Atividades

- Saídas de Campo
- Cafezinhos Rodoviários
- Encontros Supervisionados
- Desenvolvimento de Lideranças
- Divulgação do programa a outras instituições
- Organização de atividades setorizadas
- Cursos aplicados à Engenharia Rodoviária
- Participação no Salão de Iniciação Científica UFRGS e CRICITE
- Eventos Sociais:
  - Churrasco do LAPAV
  - Festa de Fim de Ano
  - Troféu de Peneiramento



## Atividades



- Visita à Usina da PROCON
- Visita à CONCEPA e ao Vôo Móvel da Ponte do Guaíba
- Workshop de RDT/ANTT



## Atividades



- Levantamentos de Campo – Trechos BR 116, BR 448 e BR 290 - Freeway
- Instalação de Sensores – Trecho BR 116



## Atividades



- Cafezinho Rodoviário
- Salão de Iniciação Científica – UFRGS
- Congresso Regional de Iniciação Científica



## Atividades

- Concurso de Estudos Técnicos Rodoviários da Triunfo - Concepá



## Atividades

■ Cursos de Aperfeiçoamento



## Atividades

■ Visitas Internacionais



## Atividades

▪ Troféu Baiano de Peneiramento



## Atividades

▪ Atividades Sociais



## Divulgação da Marca

### ■ Divulgação da Marca



## Mídia do LAPAV

[www.ufrgs.br/lapav](http://www.ufrgs.br/lapav)

[www.facebook.com/lapav.ufrgs](https://www.facebook.com/lapav.ufrgs)



## Os desafios futuros

- Continuar a qualificação dos alunos.
- Permitir junto à ANTT a aprovação da continuidade de bolsas durante os intercâmbios internacionais – contrapartida de estágios no exterior em entidades de pesquisa em transportes.
- Maior inserção na pós-graduação.
- Continuar a disseminar o PETER!



## O desejo

- O projeto perdure e tenha sucesso contínuo no seu objetivo
- Criação de + grupos PETER, em outras universidades, com outras concessionárias e empresas
- Criação de um programa de intercâmbio – InterPeter
- Alavancar dentro das associações premiações para destaque e promover competições de conhecimento



2017-2019

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

Laboratório de Pavimentação  
Área de Testes e Pesquisas de  
Pavimentos

•  
Av. Bento Gonçalves, 9500.  
Prédio 43.816, Bairro Agronomia.  
CEP 91501-970.

•  
Fone: +55 51 3308-7049  
Fax: +55 51 3308-3999

**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS  
 30 Anos 1981-2011

[www.ufrgs.br/lapav](http://www.ufrgs.br/lapav)

**peter**  
Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária  
[www.ufrgs.br/lapav/peter](http://www.ufrgs.br/lapav/peter)

***ANEXO S – CAFEZINHO RODOVÁRIO***

# Bioasfalto: uma avaliação da composição de ligantes biodegradáveis

Autora: Débora Cardoso da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Washington Peres Núñez



## Introdução

- 95% das rodovias pavimentadas brasileiras apresentam revestimento asfáltico



# Introdução

- Bioligantes → Bio-óleos

- Fontes:

- Resíduos agrícolas e florestais;
    - Resíduos da criação de animais;
    - Resíduos de óleos.



## Composição química

- Ácidos,
- Álcoois,
- Aldeídos,
- Ésteres,
- Cetonas,
- Fenóis,
- Oligômeros.

# Objetivos

- Objetivo geral:

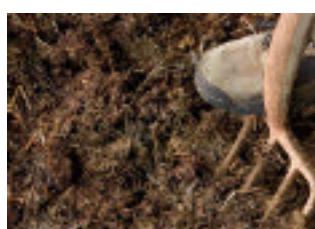
- Proposição de um bioligante (substituição total dos componentes asfálticos).
  - **Estudar os possíveis bio-óleos que podem compor o bioligante.**



Madeira



Palha de milho



Esterco



Óleo de motor

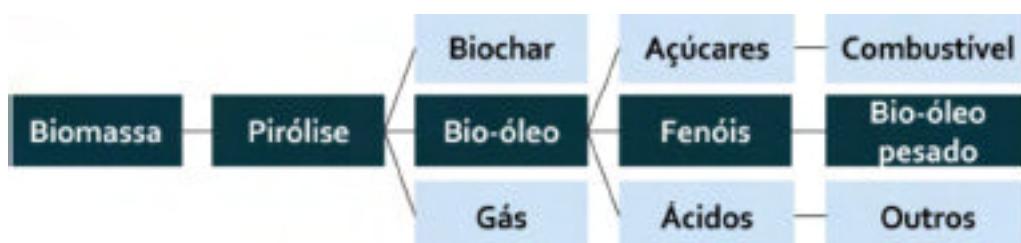
# Metodologia

- Análise teórico-comparativa
  - Revisão de publicações científicas proeminentes
    - Uso de bio-óleos em pavimentação
      - Modificadores (<10% substituição)
      - Extensores (25-75% substituição)
      - Alternativas diretas (100% substituição)
    - Estudos dos processos de obtenção e de caracterização
      - LAAO UFRGS
        - Pirólise (Lenta, Rápida, Ultrarrápida)
        - Cromatografia Gasosa, Análise elementar e FTIR

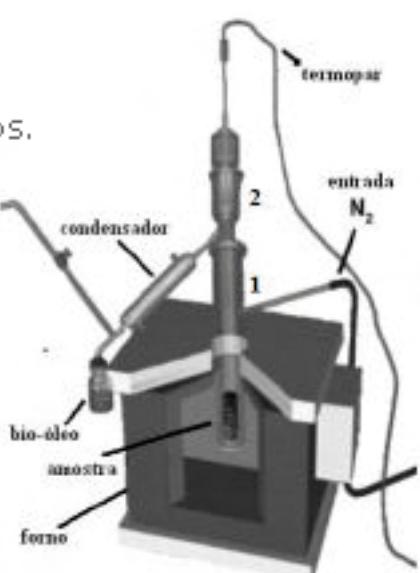


# Análises

- Obtenção: Pirólise
  - Conversão térmica da biomassa.
  - Pirólise rápida → Otimização de rendimentos líquidos.



Fonte: Zhang et al., 2017.



Piro lisador de bancada

# Análises

Resíduos agrícolas e florestais
Resíduos animais
Resíduos de óleos

- Alta viscosidade.
  - Boa performance em baixa temperatura.
  - Melhora propriedades anti-fadiga e resistência a deformação.
  - Dificuldade de processamento da biomassa.
- 
- Incrementam a resistência ao trincamento (temperaturas baixas).
  - Reduzem a viscosidade e a estabilidade (temperaturas altas).
- 
- Óleos vegetais (rejuvenescedores): benéficos para a fadiga e para a resistência a trincamento.
  - Óleo de motor: Pode comprometer a resistência a deformação permanente, resistência à fadiga e a recuperação elástica. (Jia et al., 2014)

Adaptado de Sun et al. (2014).

# Análises

Estudos anteriores sobre desempenho de bioligantes (modificados)

Publicações	Fonte de bio-óleo	Positivos	Negativos
Fini et al., 2013 Mills Bealet al., 2012	Esterco suíno	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melhora da resistência ao trincamento em baixa temperatura.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redução da viscosidade e da estabilidade do ligante em altas temperaturas.</li><li>• Dificuldade de processamento da biomassa.</li></ul>
Raouf e Williams., 2010	Palha de milho	<ul style="list-style-type: none"><li>• Propriedades semelhantes aos asfaltos convencionais.</li></ul>	-
Jia et al., 2014	Óleo de motor	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melhoria da performance em baixa temperatura.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprometimento da resistência ao trincamento e da resistência à fadiga.</li><li>• Baixa recuperação elástica do ligante.</li></ul>

# Análises

Publicações	Fonte de bio-óleo	Teores de bio-óleo	Positivos	Negativos
Yang et al., 2014	Resíduos de madeira	0%, 5%, 10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altas performance e viscosidade em baixas temperaturas.</li> <li>Boa resistência a fadiga e a deformação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efeito negativo na resistência a tração indireta.</li> </ul>
Azrah et al., 2016 Sun et al., 2016 Gong et al., 2016 Maharaj et al., 2015 Chen et al., 2014 Wen et al., 2013 Mahrez et al., 2009	Óleo de cozinha (WCO, WCOR)	3-5% 2-8% 0,5-3% 2-10% 5-10% >10% 2-6%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agente rejuvenescedor.</li> <li>Trabalhabilidade.</li> <li>Resistência a trincamento(baixa temperatura).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diminuição da resistência a deformação permanente.</li> <li>Diminuição da elasticidade.</li> <li>Redução da viscosidade.</li> </ul>

# Análises

Propriedades físicas	Madeira negra de Alder	Casca de palma	Óleos combustíveis derivados de petróleo	Asfalto
Teor de umidade	15-30%	30%	<0,01%	-
pH	2,5	3,27	-	-
Peso específico	1,2	-	0,9477	-
Análise Elementar				
C	54-58%	47,6%	87,03%	82-88%
H	5,5-7,0%	8,1%	10,85%	8-11%
O	35-40%	43,7%	-	0-1,5%
N	0-0,2%	0,6%	0,43%	0-1%
S	-	-	0,05-0,08%	0-6%

Fonte: Raman et al., 2015.

# Análises

Propriedades físicas	Resíduos de madeira
Teor de umidade	15,30%
pH	2,5
Peso específico	1,2
Viscosidade rotacional 135°C	0,10 PaS
Análise Elementar	
C	59,5%
H	6,6%
O	33,53%
N	0,37%
S	-

Fonte: Yang et al., 2015.



# Conclusões

- Benefício ambiental
  - Gestão de resíduos
  - Preservação dos recursos naturais
  - Diminuição da demanda energética
- Limitações
  - Escassez de publicações
    - Utilização de bio-óleos como alternativa direta
    - Ampla variedade de biomassas ainda não empregadas

# Conclusões

## • Limitações

- Composição química desafiadora
  - Teor de oxigênio
    - Asfaltos (1%) x Bio-óleo (10-45%)
  - Alta quantidade de água
  - Componentes de ácidos

## • Proposta futura

- Biomassas aliadas a produção regional de resíduos
- Obtenção, caracterização e modificação



# Referências

- SUN, Daquan et al. Evaluation of optimized bio-asphalt containing high content waste cooking oil residues. *Fuel*, [s.l.], v. 202, p.529-540, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2017.04.069>.
- TING, Tay Lay et al. A review of chemical and physical properties of coconut shell in asphalt mixture. *Jurnal Teknologi*, [s.l.], v. 78, n. 4, p.105-115, 28 mar. 2016. Penerbit UTM Press. <http://dx.doi.org/10.11113/jt.v78.8000>.
- YANG, Xu et al. Mechanical performance of asphalt mixtures modified by bio-oils derived from waste wood resources. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 51, p.424-431, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.037>.
- RAMAN, Noor Azah Abduleta . A Review on the Application of Bio-oils as an Additive for Asphalt. *Jurnal Teknologi*, [s.l.] v. 72, n. 5, p.105-115, 21 fev. 2015. Penerbit UTM Press. <http://dx.doi.org/10.11113/jt.v72.3948>.
- ALPER, Koray; TEKİN, Kubilay; KARAGÖZ, Selhan. Pyrolysis of agricultural residues for bio-oil production. *Clean Technologies And Environmental Policy*, [s.l.], v. 17, n. 4, p.221-229, 26 maio 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10098-014-0778-8>.
- ZHANG, Ran et al. Optimization of bio-asphalt using bio-oil and distilled water. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 165, p.282-289, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.154>.
- ZHANG, Ran et al. High temperature performance of SBS modified bio-asphalt. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 144, p.99-105, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.109>.
- JIA, Xiaoyang et al. Infrared spectra and rheological properties of asphalt cement containing waste engine oil residues. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 50, p.683-691, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.012>.



Agradecimentos:

PETER, Técnicos laboratoristas Matheus Freitas e Rodrigo Santos, Eng.º Civil Douglas Macelin, MSc. Natália Mensch, MSc. Gradelli Bordin e Prof. Ph.D. Lélia Brito.



Laboratório de Pavimentação Áreas de Testes e  
Pesquisas de Pavimentos

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Prédio 4201 G, Bairro  
Agronômica,  
CEP 91501-070.

Fone: +55 51 3309-7049  
Fax: +55 51 3309-6999 | [lapav@engr.ufrgs.br](mailto:lapav@engr.ufrgs.br)

# INFLUÊNCIA DA MELHORIA DA INFRAESTRUTURA NA INTERSEÇÃO DE UMA AVENIDA COM UMA RODOVIA FEDERAL NA REDUÇÃO DE ACIDENTES

Graduando: Douglas Cardoso Engelke

Orientador: Prof. Dr. Washington Peres Núñez



## INTRODUÇÃO

➤ Acidentes em Rodovias

➤ Fatores

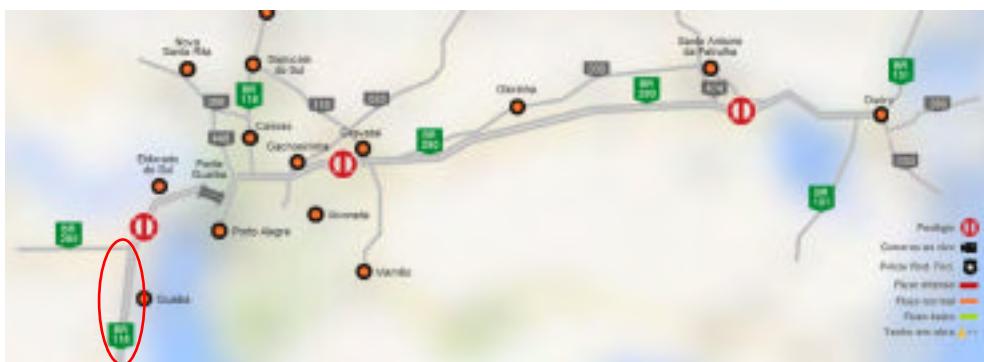
- Humano
- Ambiente
- Veículo
- *Via – Infraestrutura*



# INTRODUÇÃO

## ➤ Trecho de estudo

- BR-116/RS – km 291 ao km 300 – Concessão da Triunfo Concepa
- Km 296 da BR-116/RS – Interseção da rodovia com a Av. Nei Brito (Guaíba)
- Acesso a área industrial de Guaíba



Fonte: [www.triunfoconcepa.com.br](http://www.triunfoconcepa.com.br)



# METODOLOGIA

Parâmetros para avaliação de acidentes

DNER (atual DNIT), 1986

DENATRAN, 1987





## METODOLOGIA

Para o cálculo do índice de accidentalidade ( $Ia$ ), utiliza-se a equação abaixo.

$$Ia = \frac{N \times 10^6}{VMD \times P \times E}$$

Em que  $N$  = número de acidentes ocorridos no trecho no período  $P$

$VMD$  = volume médio diário

$P$  = período de estudo (dias)

$E$  = extensão do trecho

(DNER, 1986)



## METODOLOGIA

Para o cálculo do índice de severidade ( $Ig$ ), utiliza-se as seguintes equações

$$Ig = \frac{UPS \times 10^6}{VMD \times P \times E}$$

Em que  $UPS$  = unidade padrão de severidade

$VMD$  = volume médio diário

$P$  = período de estudo (dias)

$E$  = extensão do trecho

(DENATRAN, 1987)





## METODOLOGIA

Sendo que

$$UPS = A.S.V. + 5 \times A.C.V. + 13 \times A.C.O.$$

Em que  $UPS$  = unidade padrão de severidade

$A.S.V.$  = número de acidentes sem vítimas

$A.C.V.$  = número de acidentes com vítimas

$A.C.O.$  = número de acidentes com óbitos

(DENATRAN, 1987)



## COLETA DE DADOS

➤ Períodos de Análise

- 01/01/2010 até 31/12/2010
  - VMD: 18763 veículos



Antes das obras de duplicação

- 01/10/2013 até 31/03/2014
  - VMD: 27928 veículos



Entre obras

- 01/07/2015 até 30/06/2017
  - VMD: 24355 veículos



Obras do novo viaduto concluídas





## COLETA DE DADOS

Antes das obras de duplicação



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa Estadual de Inovação em  
Engenharia Civil

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

**Triunfo**  
CINCA

**ANTT**  
AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES



## COLETA DE DADOS

Entre obras



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa Estadual de Inovação em  
Engenharia Civil

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

**Triunfo**  
CINCA

**ANTT**  
AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES



## COLETA DE DADOS

Obras do novo viaduto concluídas



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa integrado de ensino e pesquisa em  
engenharia civil e ambiental

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

**Triunfo**  
UNICA

**ANTT**  
AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES



## COLETA DE DADOS

Obras do novo viaduto concluídas



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



**peter**  
Programa integrado de ensino e  
pesquisa em engenharia civil e ambiental

**UFRGS**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

**Triunfo**  
UNICA

**ANTT**  
AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRESTRES



## RESULTADOS

### BR-116 (km 291 – km 300)

Antes das obras de duplicação (01/01/2010 - 31/12/2010)					
VD M	Acidentes se mortais	Acidentes com vítimas	Acidentes causados (total)	Nº Total Acidentes	Soma DPS
13763	47	23	3	73	201

Pós-duplicação (01/01/2013 - 31/03/2014)					
VD M	Acidentes se mortais	Acidentes com vítimas	Acidentes causados (total)	Nº Total Acidentes	Soma DPS
27923	13	3	1	23	76

Antes da nova viaduto e ciclovias (01/07/2013 - 30/06/2017)					
VD M	Acidentes se mortais	Acidentes com vítimas	Acidentes causados (total)	Nº Total Acidentes	Soma DPS
24333	73	23	2	102	226

### Interseção (km 296)

Antes das obras de duplicação (01/01/2010 - 31/12/2010)					
VD M	Acidentes se mortais	Acidentes com vítimas	Acidentes causados (total)	Nº Total Acidentes	Soma DPS
13763	13	3	0	24	60

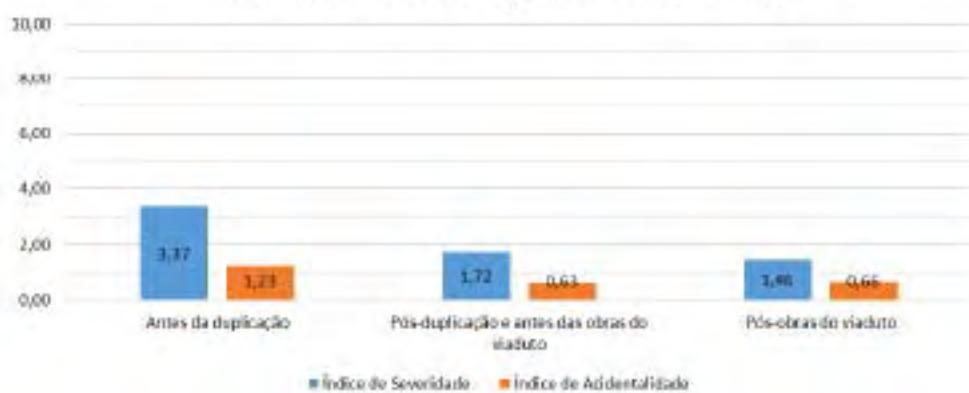
Pós-duplicação (01/01/2013 - 31/03/2014)					
VD M	Acidentes se mortais	Acidentes com vítimas	Acidentes causados (total)	Nº Total Acidentes	Soma DPS
27923	7	3	1	11	35

Antes da nova viaduto e ciclovias (01/07/2013 - 30/06/2017)					
VD M	Acidentes se mortais	Acidentes com vítimas	Acidentes causados (total)	Nº Total Acidentes	Soma DPS
24333	13	4	1	20	48



## RESULTADOS

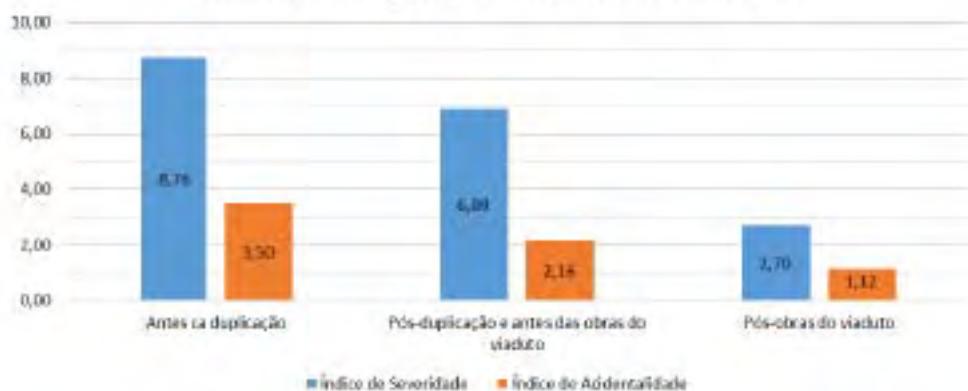
Índices do trecho da BR-116/RS (Km 291 ao Km 300)





## RESULTADOS

Índices da interseção da Av. Nei Brito com a BR-116/RS



Indicador	Porcentagem de acidentes evitados		
	Antes duplicação	Após duplicação	Antes duplicação e após viaduto
Índice de Severidade	21%	61%	69%
Índice de Acidentabilidade	30%	40%	60%



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS



## RESULTADOS

Responsabilidade da Av. Nei Brito nos acidentes do trecho concessionado da BR-116/RS

Acidentes	Antes duplicação Pista Simples	Após duplicação Rótula	Nova interseção Viaduto diamante
Quantidade	32,3%	39,3%	19,6%
Severidade	29,9%	46,1%	21,2%



**LAPAV**  
LABORATÓRIO DE PAVIMENTAÇÃO  
ESCOLA DE ENGENHARIA - UFRGS





## CONCLUSÃO

- Importância da melhoria da infraestrutura para a segurança do usuário e para a redução de acidentes
  - Melhorar a infraestrutura = vias novas, duplicações, ACESSOS, INTERSEÇÕES...
- A diminuição do número e da severidade de acidentes influí
  - Redução da necessidade de atendimento médico
  - Congestionamento
  - Custos
  - Vida



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DENATRAN (1987) Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília, DF.
- DNER (1986) Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de Uma Rede de Rodovias. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Trânsito. Rio de Janeiro: DEST/Dr.T.





Laboratório de Pavimentação e Solos da Terra e  
Pesquisas da Paulista

Araújo Gonçalves, 2800 Prédio 101 G, Belo  
Horizonte,  
CEP 31261-070.

Fone: +55 31 3200-7049  
Fax: +55 31 3200-6999 bpxv1@pgec.ufmg.br



Programa-Mostra de Treinamento em  
Engenharia Rodoviária



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



Triunfo  
CONCEPÇÃO



AGÊNCIA NACIONAL DE  
TRANSPORTES TERRRESTRES

MUITO OBRIGADO!

Agradecimento ao LAPAV, ao programa PETER,  
à Triunfo Concepção e à ANTT.

# ÓLEO DE COZINHA COMO AGENTE REJUVENESCEDOR ASFÁLTICO



Autora: Eduarde Fontoura

Orientador: Prof. Dr. Washington Peres Núñez

## Apresentação

Introdução

Objetivo

Metodologia

Resultados

Considerações Finais

## Introdução



3

## Introdução

Técnicas que proporcionem a melhoria de características perdidas já são muito estudadas, junto a isso há uma crescente busca por reaproveitamento de resíduos de processos industriais e comerciais.

Alguns autores sugerem que estes resíduos podem ser usados também com pavimentos reciclados.

4

## Introdução

Porque óleo de cozinha?

- O óleo de cozinha é um dos resíduos mais poluentes do meio ambiente,
- Possui componentes semelhantes aos que são perdidos no envelhecimento,
- Pode ser uma alternativa mais econômica.

5

## Objetivo

Avaliar a possibilidade da reutilização de óleo de cozinha como agente rejuvenescedor de ligantes asfálticos a partir da análise de suas características antes e após ser submetido à envelhecimento de curto prazo através do ensaio RTFOT.

6

## Metodologia

### Material:

- CAP 50/70;
- AMP 60/85;
- Óleo de cozinha reutilizado.

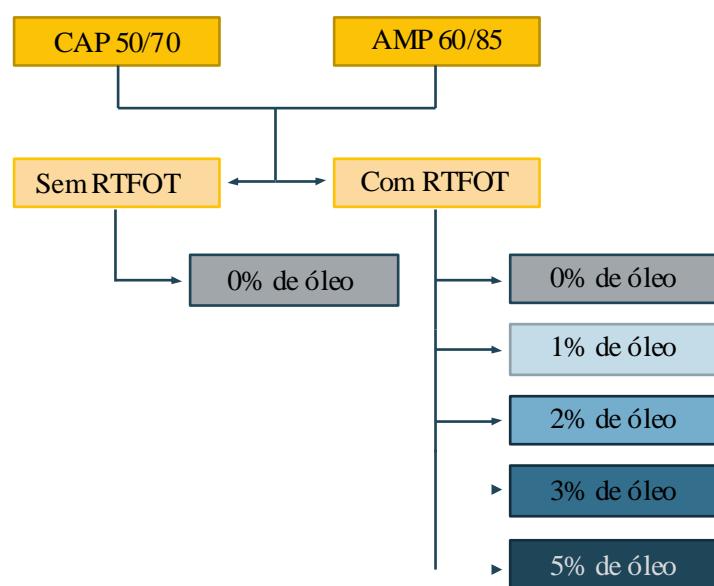


Óleo já filtrado

Com exceção do ligante virgem, antes dos ensaios os ligantes passaram pelo processo de envelhecimento no RTFOT seguindo as especificações da norma.

7

## Metodologia



8

## Metodologia

Procedimento:

A dosagem do óleo foi realizada a partir do peso do ligante. A mistura do óleo com ligante foi feita de forma manual.



9

## Metodologia

Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização dos ligantes asfálticos com e sem envelhecimento:

- Penetração;
- Viscosidade Brookfield;

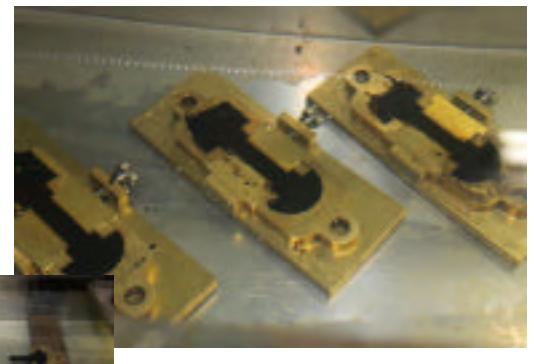


10

## Metodologia

Para a análise do potencial de reutilização do óleo foram realizados os seguintes ensaios de caracterização dos ligantes asfálticos com e sem envelhecimento:

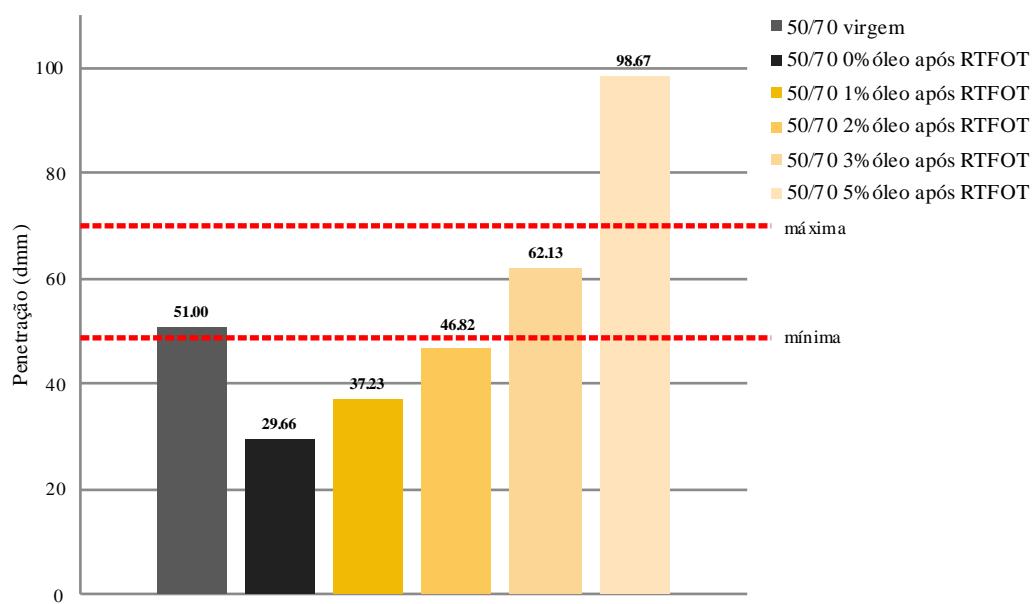
- Penetração;
- Viscosidade Brookfield;
- Ponto de amolecimento;
- Recuperação elástica (apenas para o AMP 60/85).



11

## Resultados

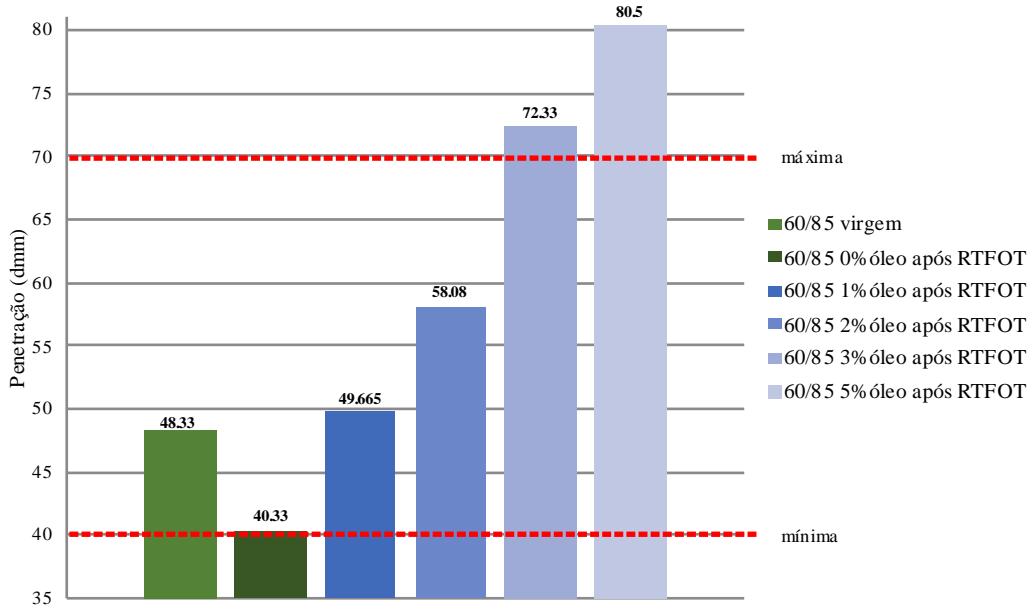
Penetração CAP 50/70:



12

## Resultados

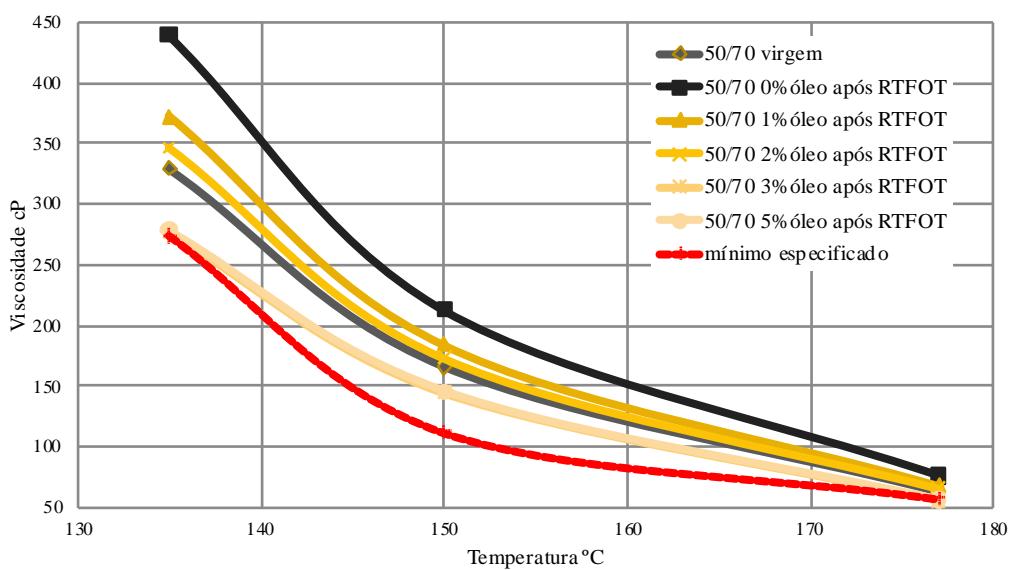
### Penetração AMP 60/85:



13

## Resultados

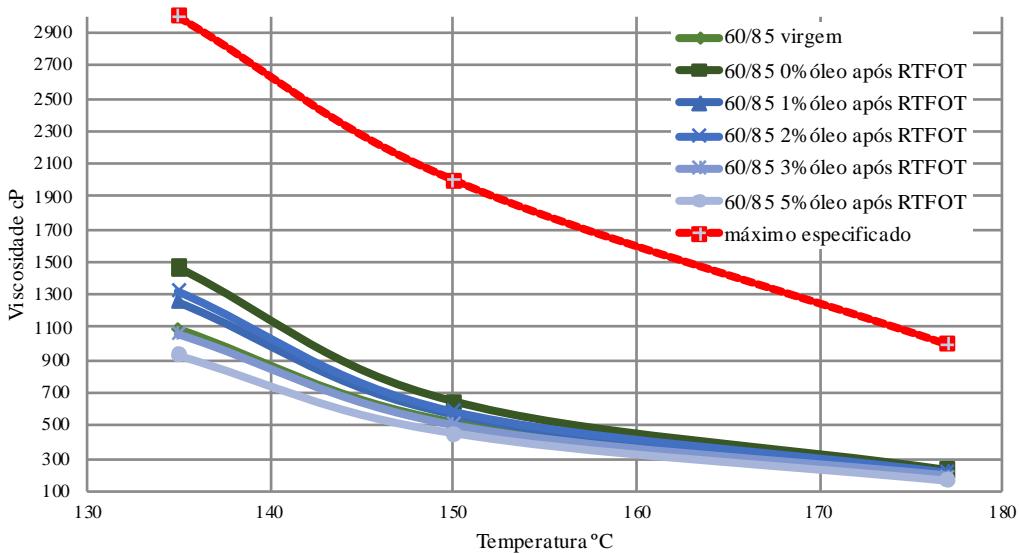
### Viscosidade Brookfield CAP 50/70:



14

## Resultados

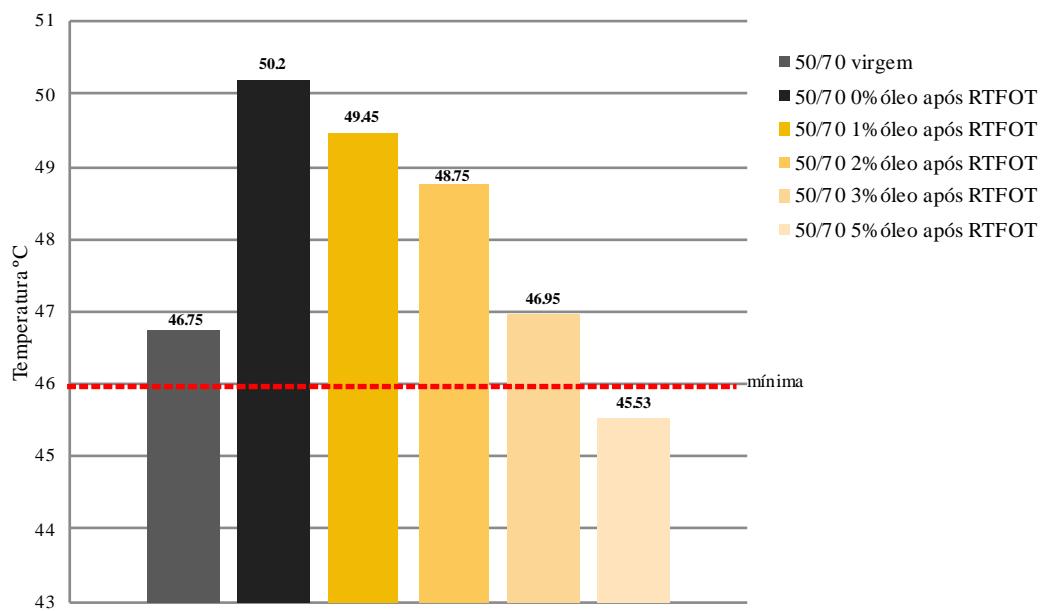
Viscosidade Brookfield AMP 60/85:



15

## Resultados

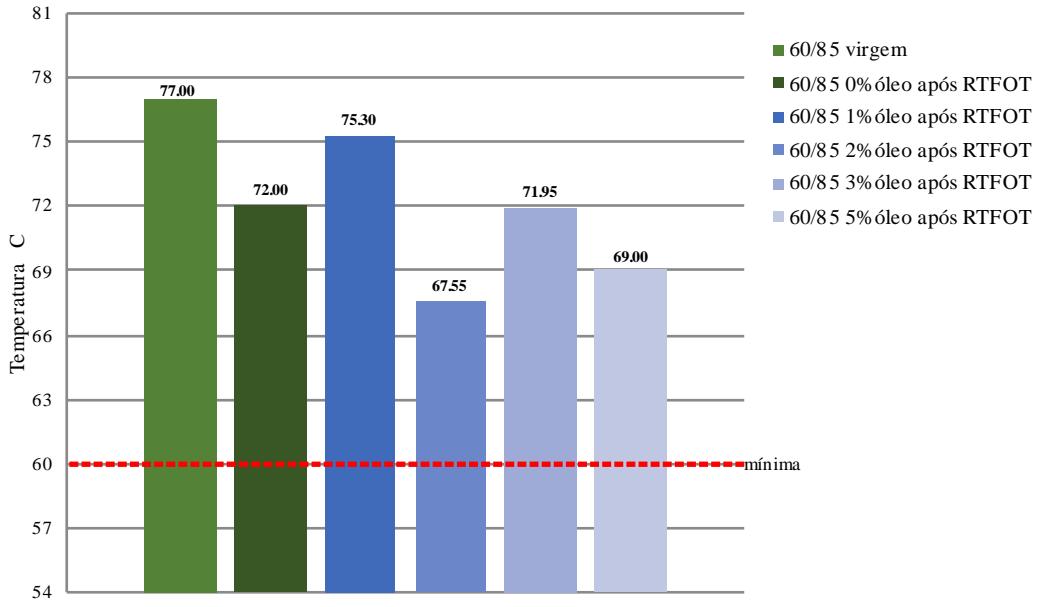
Ponto de Amolecimento CAP 50/70:



16

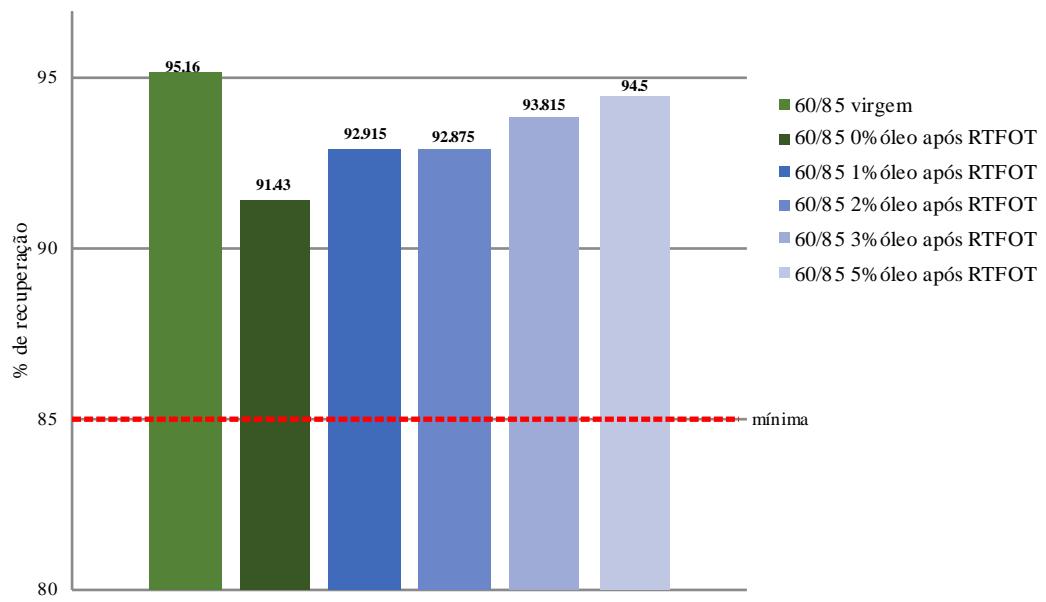
## Resultados

### Ponto de Amolecimento AMP 60/85:



## Resultados

### Recuperação Elástica AMP 60/85:



## Considerações Finais

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que:

- O óleo de cozinha apresenta potencial para ser utilizado como agente rejuvenescedor de ligantes asfálticos;
- Para o AMP 60/85 o teor de 1% pode ser considerado o mais indicado,
- No CAP 50/70 o teor adequado é o de 2%;
- A diferença dos resultados nos diferentes ligantes pode estar associada com a composição do óleo;
- Para que o uso do óleo seja realmente possível em obras rodoviárias, são necessários estudos mais aprofundados;
- Propõem-se estudos econômicos entre a reutilização de óleo de cozinha e os agentes rejuvenescedores disponíveis no mercado.

19

## Agradecimentos

Ao Programa Especial de Treinamento em Engenharia Rodoviária - **PETER**, ao Laboratório de Pavimentação da UFRGS - **LAPAV** e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.



20

## Referências Bibliográficas

CHEN, M.; XIAO, F.; PUTMAN, B.; LENG, B.; WU, S. High temperature properties of rejuvenating recovered binder with rejuvenator, waste cooking and cotton seed oils. **Construction and Building Materials**, v.59, p. 10-16, 2014.

DEDENE, C. D. **Investigation of using waste engine oil blended with reclaimed asphalt materials to improve pavement recyclability**. Dissertação de mestrado, Michigan Technology University, Houghton, Michigan, USA, 2011.

OSMARI, P. H.; ARAGÃO, F. T. S. Avaliação do resíduo de óleo vegetal como agente rejuvenescedor de ligantes a partir de análises reológicas e de morfologia de superfície. **XXIX Congresso Nacional De Pesquisa Em Transporte da ANPET**, Ouro Preto, Minas Gerais, 2015.

SILVA, L. S. **Contribuição ao estudo do envelhecimento de ligantes asfálticos. Influencia da adição de polímeros e comportamento frente a radiação UV**. Tese de doutorado, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2005.

ZARGAR, M.; AHMADINIA, E.; ASLI, H.; KARIM, M. R. Investigation of the possibility of using waste cooking oil as a rejuvenating agent for aged bitumen. **Journal of Hazardous Materials**, n.233-234, p. 254-257, 2012.

21

OBRIGADA!!



Laboratório de Pavimentação e Reologia de Polímeros

Arc Bruno Gonçalves, 2600 - Prédio 404/5 - Bairro  
Jaguaruna - CEP: 91521-070

Fone: (51) 3209-7049  
Fax: (51) 3209-6999 - lapav@ufrgs.br



# Estudo de Self-Healing em Concreto Asfáltico Moldado com Fibras de Lã de Aço

Autor: Felipe do Canto Pivetta – [fcpivetta@hotmail.com](mailto:fcpivetta@hotmail.com)

Orientador: Washington Peres Núñez



## Plano de apresentação

- Introdução
- Metodologia
  - Moldagem
  - Ensaio de Flexão à três pontos com regeneração por indução
  - Ensaio de fadiga diametral
- Resultados
  - Flexão à três pontos
  - Fadiga diametral
- Conclusões

# 1. Introdução

## 1-Introdução

Existem diversos tipos de materiais que podem ser adicionados à misturas asfálticas para modificar/inserir características de interesse nas diversas camadas de um pavimento.

Entre eles:



▪ **Fibras**



▪ Aditivos químicos



▪ Cales



▪ Polímeros



▪ Resíduos

O método de dimensionamento de pavimentos do Strategic Highway Research Program (SHRP) assim como o novo método de dimensionamento brasileiro consideram três características como as principais causas de dano em um pavimento. São elas:

- Deformação Permanente
- **Trincamento por fadiga**
- Trincamento térmico

A **fratura por fadiga** é caracterizada pelo aparecimento de **trincas**, que iniciam em nível microscópico e podem evoluir até tamanhos maiores.

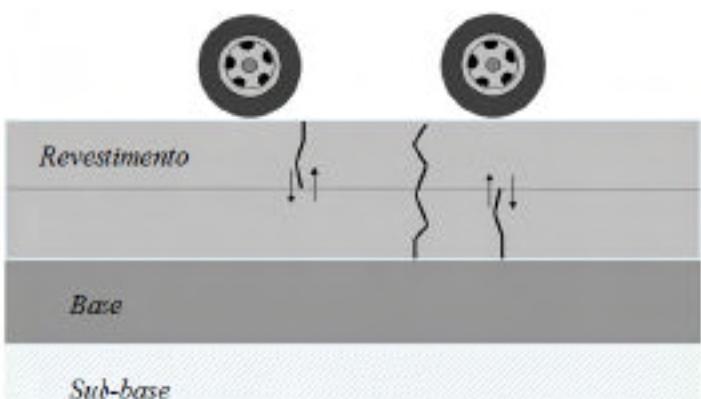
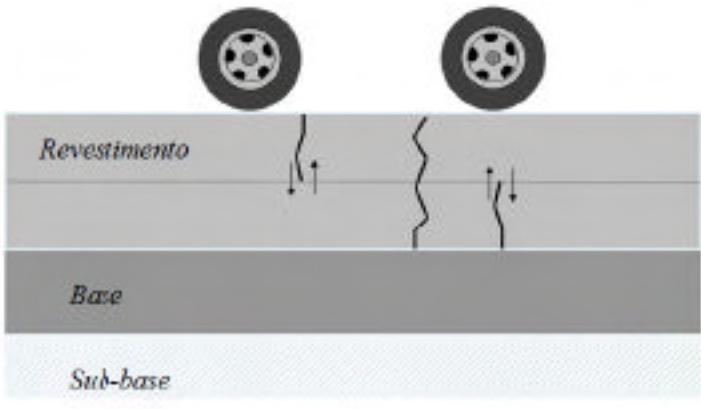


Foto: Adapado de "National Center for Asphalt Technology - Auburn University"

A **fratura por fadiga** é caracterizada pelo aparecimento de **trincas**, que iniciam em nível microscópico e podem evoluir até tamanhos maiores.



*Fonte: Adapando de "National Center for Asphalt Technology - Auburn University"*

## MICROTRINCAS → REGENERAÇÃO

### REGENERAÇÃO ("healing")

"A capacidade de **regeneração** de um corpo asfáltico é a resposta intrínseca deste corpo de regenerar as fissuras, e recuperar parcialmente suas propriedades originais."

[Ayar et al. 2016]

A capacidade de regeneração (comumente tratada pelo termo em inglês, ***self-healing***) é dependente dos seguintes fatores:

#### FATORES INTERNOS

- **Tipo de Ligante utilizado na mistura**
- Projeto (granulometria, volume de vazios, teor de Ligante)
- Presença de aditivos

#### FATORES EXTERNOS

- **Temperatura**
- Frequência e intensidade de carregamento
- Período de repouso

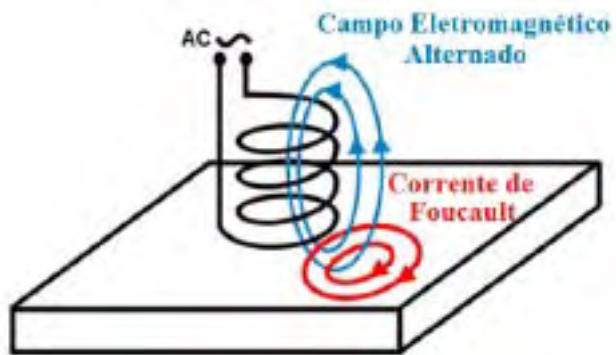
## REGENERAÇÃO-INDUZIDA ("*Induced-healing*")



Figura modificada de GÖTHE-MEIJDE, et. al. 'Effect of different carbon nanotube asphalt self-healing via induction and infrared heating'.

## REGENERAÇÃO-INDUZIDA ("*Induced-healing*")

Explicado pela Lei de Faraday, quando se aplica um **campo magnético alternado** sobre um **corpo metálico**, ocorre um **aumento de temperatura**.



## 2. Metodologia

## Moldagem

Os corpos de prova utilizados possuem as seguintes características:



- Moldagem Marshall →
- Agregado Basáltico
- Cimento Asfáltico de Petróleo 50/70
- Teor de Ligante = 5,3%
- ~0,5% de fibras de lã de aço



## Moldagem

### CUIDADOS NA MOLDAGEM:

A dispersão de fibras no momento da moldagem deve ser feita com cuidado para evitar a formação de **aglomerados de fibras** ("clusters") que aumentam o volume de vazios na mistura e diminuem a resistência dos corpos de prova.

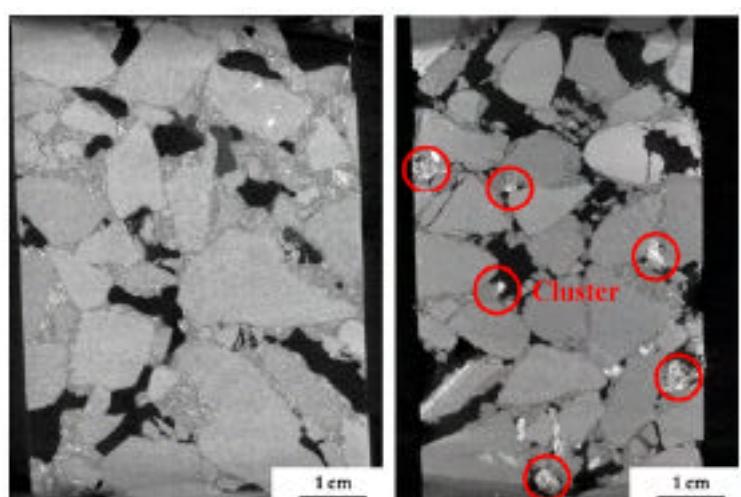


Figura modificada de GARCIA, et. al. "Optimization of composition and mixing process of a self-healing porous asphalt".

### 3. Metodologia – Ensaio De Fadiga Diametral

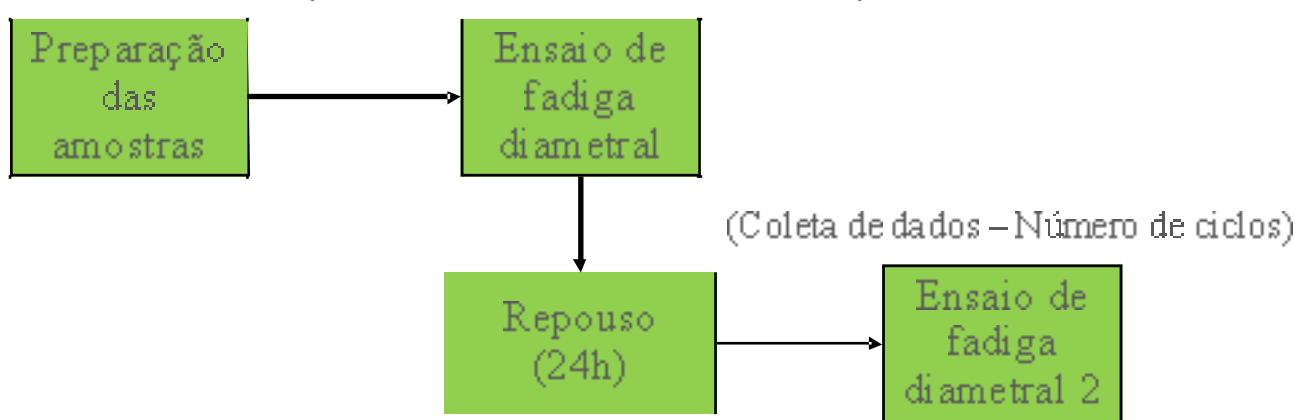
15

2-Metodologia

#### 2 – Fadiga diametal

##### Procedimento

(Coleta de dados – Número de ciclos)



16

## O ensaio

O ensaio foi realizado nas seguintes condições:

- Carregamento com carga de 20 % e 25 % da RT média da mistura
- Frequência de aplicação de carga de 1 Hz
- Duração do pulso de carga de 0,1 s
- Critério de parada do ensaio em atingimento de 50% do Módulo de Resiliência inicial
- Ensaio realizado a 23°C
- Repouso de 24h



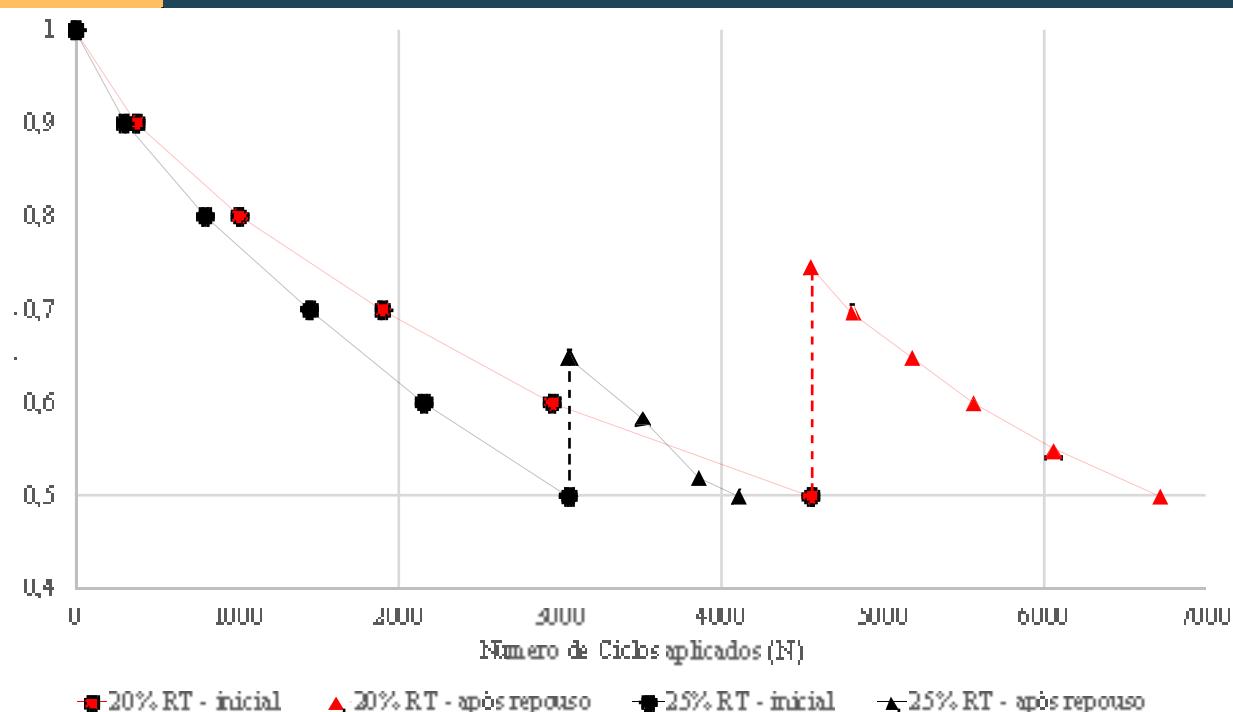
17

## 4. Resultados – Ensaio De Fadiga Diametral

18

### 3- Resultados

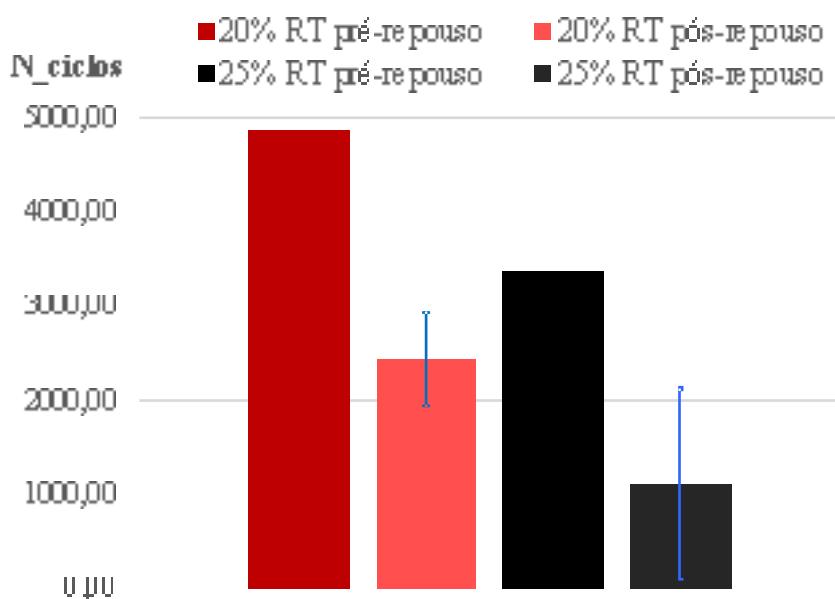
## Fadiga



19

### 3- Resultados

## Fadiga



>20% da RI:

- Baixa variabilidade
- Razãoável regeneração (~50% de vida de fadiga)

>25% da RI:

- Alta variabilidade
- Regeneração relativamente baixa (~30% de vida de fadiga)

20

# 5. Metodologia – Ensaio Flexão à três Pontos

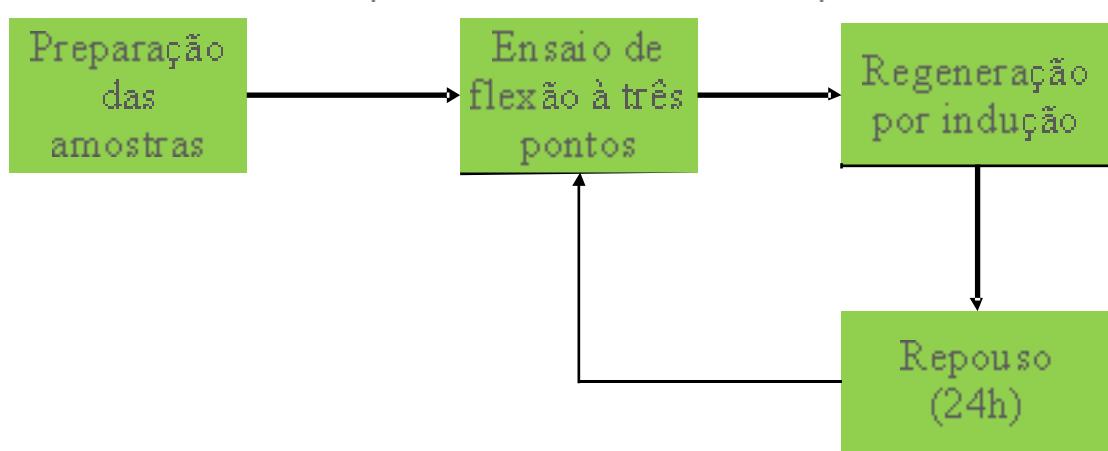
21

2-Metodologia

## Flexão à três pontos

### Procedimento

(Coleta de dados - Resistência)



22

## Preparação das amostras:

- Os corpos de prova foram cortados em amostras **semicirculares**
- Condicionamento de 18h em **-20°C**
- Realização de entalhe de **5 mm x 5 mm**



23

O Ensaio

- Carregamento **uniaxial**
- Afastamento entre apoios de **8 cm**
- Deslocamento controlado à taxa de **1 mm/s**
- Rompimento total** das amostras

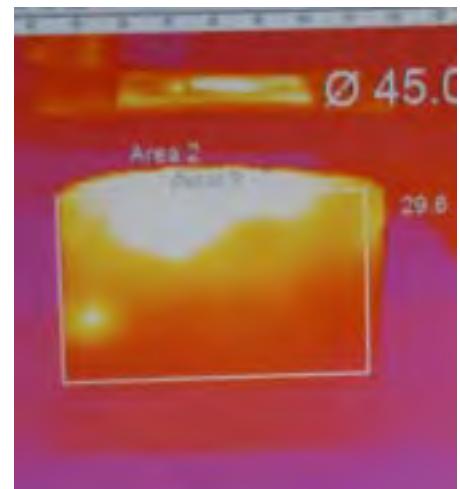


24

A regeneração por indução

Características do equipamento:

- **6 kW** (Potencia Nominal)
- **100 A** (Corrente Alternada)
- **347 kHz** (Frequência de oscilação na espira)



25

A regeneração por indução

O experimento foi realizado em 4 condições distintas:

Grupo	Tempo de exposição [s]	Distância (d) [cm]
1	30	6
2	30	4
3	100	6
4	100	4



26

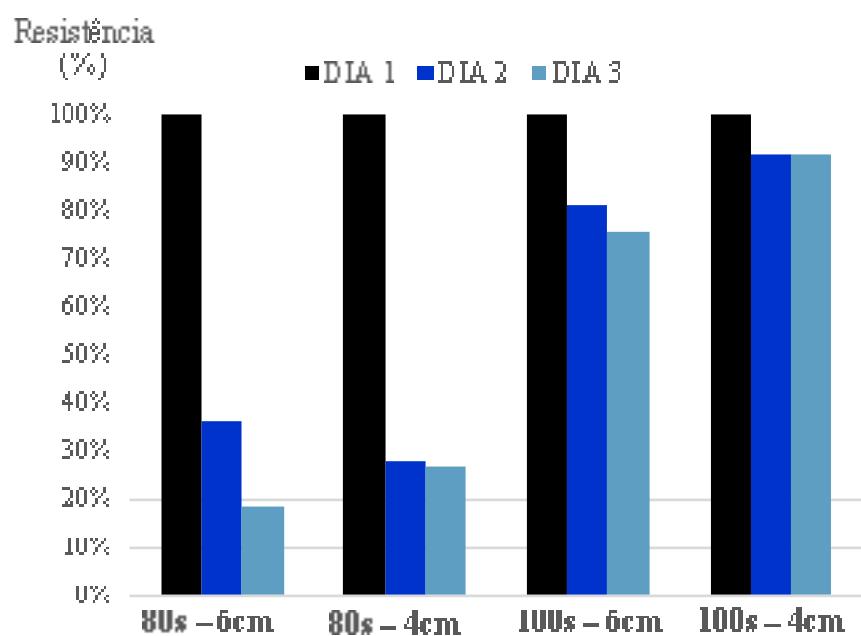
# 6. Resultados – Ensaio Flexão à três pontos

27

## 3- Resultados

### Flexão à três pontos

- Melhor regeneração com maior tempo de exposição
- Maior estabilidade de regeneração para menores distâncias



28

## 7. Conclusões

### FADIGA DIAMETRAL

- Melhores resultados de regeneração do Módulo de Resiliência para menores níveis de tensão
- Aumento de vida de fadiga de ~50% e ~30% para 20% da RT e 25% da RT, respectivamente
- Alta variabilidade para níveis de tensão de 25%, indicando proximidade ao limite de aplicabilidade da técnica

## FLEXÃO À TRÊS PONTOS

- **Maiores tempos de aplicação da regeneração por indução geram melhores resultados na regeneração de fraturas**
- **A proximidade com fonte magnética permite uma maior aplicabilidade da técnica**
- **Níveis de regeneração bastante expressivos (até 90%)**

21

**OBRIGADO!**  
Felipe Pivetta  
[fcpivetta@hotmail.com](mailto:fcpivetta@hotmail.com)



Laboratório de Pavimentação Avançada de Trevo e  
Pavimentação de Paulínia

Av. Bento Gonçalves, 2600, Prédio 42, Cx. 16, Balma  
Agronômica,  
CEP: 91501-070.

Tel: +55 51 3209-2079  
Fax: +55 51 3209-2099 | [lapav@ufrgs.br](mailto:lapav@ufrgs.br)

# Agradecimentos:



Ao professor Washington Peres Núñez, coordenador do LAPAV.

Ao professor Lélio Brito, por motivar e acreditar neste projeto.

Ao programa PETER, pelos subsídios despendidos.

Ao LAPAV e toda equipe consituinte, por discutir e manter viva a vontade de aprender.

Aos professores/pesquisadores Andrew Dawson, Álvaro Garcia, Jose Norambuena-Contreras e Breixo Meijide da University of Nottingham.

Ao corpo técnico do NTEC pelo excelente acolhimento e experiência desenvolvida.



[www.ufrgs.br/lapav/peter](http://www.ufrgs.br/lapav/peter)  
[peterlapav@ufrgs.br](mailto:peterlapav@ufrgs.br)



Programa especial de treinamento em  
engenharia rodoviária

