

Especificação, operação e avaliação de sistemas de pesagem em movimento em velocidade diretriz da via com a utilização de múltiplos sensores (MS-WIM) e análise do comportamento mecânico de pavimentos

Termo de Cooperação Técnica 320/2010 – Destaque Orçamentário nº 26.782.0663.2325.0001

Relatório Adicional

Intervenções para Restauração do Pavimento junto aos Sensores de Pesagem em Movimento

Maio de 2012



Variação Velocidade		Rodadas Restantes	
NORMAL		0	
Registro da Medição		PBT do Veículo [kg]	
VALIDO		0	
Condições Ambientais		Temperatura Pista 17cm [°C]	
Temperatura Pista 5cm [°C]		0,0	
Temperatura Ambiente [°C]		0,0	
Nebulosidade		0,0	
Vento			
Quartzo [kg]		Cerâmico [kg]	
Média Std Min Max		Média Std Min Max	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
Polímero [kg]		Média Std Min Max	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	

**Especificação, operação e avaliação de sistemas de pesagem em movimento em
velocidade diretriz da via com a utilização de múltiplos sensores (MS-WIM) e análise
do comportamento mecânico de pavimentos**

Termo de Cooperação Técnica 320/2010 – Destaque Orçamentário nº 26.782.0663.2325.0001

Relatório Adicional

**Intervenções para Restauração do Pavimento junto aos
Sensores de Pesagem em Movimento**

Maio de 2012

Termo de cooperação técnica 320/2010 , processo 50600.008688/2009-21, destaque orçamentário nº 26.782.0663.2325.0001, publicado no DOU Nº 68, segunda-feira, 12 de abril de 2010, com início em 20 de maio de 2010.

Especificação, operação e avaliação de sistemas de pesagem em movimento em velocidade diretriz da via com a utilização de múltiplos sensores (MS-WIM) e análise do comportamento mecânico de pavimentos

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT

Jorge Ernesto Pinto Fraxe

Diretor Geral DNIT

Roger da Silva Pêgas

Diretor de Infraestrutura Rodoviária

Romeu Sheibe Neto

Coordenador Geral de Operações Rodoviárias

Cássia Bretãs Pinto Coelho

Coordenadora de Operações

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL/DNIT/SC

João José dos Santos

Superintendente Regional de Santa Catarina

Edemar Martins

Supervisor de Operações

Fernando Faustino de Souza

Área de Engenharia e Segurança de Trânsito

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Roselane Neckel

Reitora

Lúcia Helena Pacheco

Vice-Reitor

Sebastião Roberto Soares

Diretor do Centro Tecnológico

Jucilei Cordini

Chefe do Departamento de Engenharia Civil

LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA - LABTRANS

Amir Mattar Valente, Dr.

Coordenador Geral do LabTrans/UFSC

NÚCLEO DE ESTUDOS DE PESAGEM

Equipe Técnica

Charlene Souza Chiella, Tecnóloga

Flavio De Mori, Dr.

Gustavo Garcia Otto, M. Eng.

Hélio Goltsman, Engº. Eletrônico

Leonardo Guerson, Especialista em Logística e Transportes

Leonardo Soliz, Engº. de Controle e Automação Industrial

Márcio Roberto de Lima Paiva, Dr.

Paulo Roberto Luckmann Martins, M. Eng.

Valter Zanela Tani, Dr.

Apresentação

Trata o presente relatório de um produto complementar do projeto Especificação, operação e avaliação de sistemas de pesagem em movimento em velocidade diretriz da via com a utilização de múltiplos sensores (MS WIM) e análise do comportamento mecânico de pavimentos, objeto de Termo de Cooperação Técnica – Destaque Orçamentário nº 26.782.0663.2325.0001 firmado entre o Departamento Nacional de Infraestrutura – DNIT e a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Este projeto é a continuação do convênio TT 102-2007 e tem por objetivo geral desenvolver metodologias para especificação e operação de sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores em velocidade normal de operação da rodovia, bem como avaliar aspectos técnicos, operacionais e econômicos de sua instalação e operação e analisar o comportamento dinâmico do pavimento a partir da identificação, análise e avaliação de sua deterioração, considerando a realidade nacional, no que tange à infraestrutura rodoviária e a legislação vigente, desdobrado nos seguintes resultados esperados:

- ◆ Avaliação operacional e econômica dos sistemas de pesagem instalados durante convênio TT 102-2007;
- ◆ Desenvolvimento de metodologia para especificação de sistemas de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores;
- ◆ Desenvolvimento de metodologia para operação de sistema de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores;
- ◆ Desenvolvimento de metodologia para identificação e análise da deterioração de pavimentos;
- ◆ Avaliação da deterioração do pavimento;
- ◆ Acompanhamento do planejamento, da operação e avaliação dos sistemas de pré-seleção com a utilização de múltiplos sensores em velocidade diretriz da via de 157 postos de pesagem indicados pelo DNIT.

Neste relatório são apresentados procedimentos, técnicas e materiais utilizados para restauração do pavimento danificado junto aos sensores de pesagem em movimento

instalados na pista experimental na BR101 – Araranguá, bem como são apresentadas as análises da eficácia das intervenções efetuadas.

Acompanha o relatório impresso, um CD com o relatório em formato digital.

Lista de Abreviaturas e Siglas

ARI	Alta Resistência Inicial
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MS WIM	Sistema de pesagem em movimento com múltiplos sensores
NBR	Norma Brasileira
TRD	Trilha de Roda Direita
TRE	Trilha de Roda Esquerda
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
WIM	<i>Weigh-in-Motion</i>

Lista de Figuras

Figura 1	Posição dos sensores na pista experimental.	13
Figura 2	Código dos sensores.	14
Figura 3	Deterioração ao redor do sensor quartzo.	15
Figura 4	As dimensões das aberturas na TRD.	17
Figura 5	As dimensões das aberturas na TRE.	18
Figura 6	Resistência à compressão em MPa.	19
Figura 7	Delimitação do corte para restauração.	21
Figura 8	Demarcações dos dezoito sensores para corte.	21
Figura 9	Máquina de corte.	22
Figura 10	Corte nas proximidades do sensor.	22
Figura 11	Aferição da profundidade do corte.	23
Figura 12	Retirada do concreto asfáltico danificado.	24
Figura 13	Abertura para o preenchimento com graute.	24
Figura 14	Limpeza da abertura para aplicação do graute.	25
Figura 15	Mistura dos componentes do LFR 1 BRANCO.	25
Figura 16	Aplicação do GROUTEK LFR 1 BRANCO.	26
Figura 17	Acabamento do GROUTEK LFR 1 BRANCO.	26
Figura 18	Aspecto final da restauração com GROUTEK LFR 1 BRANCO.	27
Figura 19	Os componentes do HAGENHARD GROUT.	28
Figura 20	Mistura dos componentes A + B.	29
Figura 21	Adição do componente C.	29
Figura 22	Agitação do HAGENHARD GROUT por 6 minutos.	30
Figura 23	Preenchimento com HAGENHARD GROUT.	30
Figura 24	Auto-adensamento do HAGENHARD GROUT.	31
Figura 25	Acabamento do HAGENHARD GROUT.	31
Figura 26	Restauração com HAGENHARD GROUT.	32

Figura 27	Efeito da contração-retração do graute.	32
Figura 28	GROUTEK AN.....	34
Figura 29	Mistura do graute AN com água.....	34
Figura 30	Mistura do GROUTEK AN.	35
Figura 31	Aplicação do GROUTEK AN na restauração do pavimento.	36
Figura 32	Adição de 12,5 kg de pedrisco para 25 kg de GROUTEK AN.....	36
Figura 33	Restauração com GROUTEK AN.....	37
Figura 34	MUNDGRAUTE.....	38
Figura 35	Tipo de graute utilizado em cada restauração	39
Figura 36	Trincas e rachaduras redor dos sensores quartzo.....	40
Figura 37	Aplicação do CM-30 nas trincas e rachaduras.....	40
Figura 38	Preenchimento com CM-30.....	41
Figura 39	Pista restaurada com grautes.	42
Figura 40	Aspecto final da abertura 3Q16 após 30 dias de tráfego.....	43
Figura 41	Aspecto final da abertura 3Q18 após 30 dias de tráfego.....	43
Figura 42	Aspecto final da abertura 3Q20 após 30 dias de tráfego.....	44
Figura 43	Aspecto final da abertura 3Q22 após 30 dias de tráfego.....	44
Figura 44	Aspecto final da abertura 3Q24 após 30 dias de tráfego.....	45
Figura 45	Aspecto final da abertura 3Q26 após 30 dias de tráfego.....	45
Figura 46	Aspecto final da abertura 3Q03 após 30 dias de tráfego.....	46
Figura 47	Aspecto final da abertura 3Q05 após 30 dias de tráfego.....	46
Figura 48	Aspecto final da abertura 3Q13 após 30 dias de tráfego.....	47
Figura 49	Aspecto final da abertura 3Q15 após 30 dias de tráfego.....	47
Figura 50	Aspecto final da abertura 3Q17 após 30 dias de tráfego.....	48
Figura 51	Aspecto final da abertura 3Q19 após 30 dias de tráfego.....	48
Figura 52	Aspecto final da abertura 3Q21 após 30 dias de tráfego.....	49
Figura 53	Aspecto final da abertura 3Q23 após 30 dias de tráfego.....	49
Figura 54	Aspecto final da abertura 3Q25 após 30 dias de tráfego.....	50
Figura 55	Aspecto final da abertura 3Q27 após 30 dias de tráfego.....	50
Figura 56	Aspecto final da abertura 3Q29 após 30 dias de tráfego.....	51
Figura 57	Aspecto final da abertura 3Q31 após 30 dias de tráfego.....	51
Figura 58	Sensor 3Q16 danificado.....	52
Figura 59	Retirada do graute danificado.	53
Figura 60	Limpeza do local da restauração.	53
Figura 61	Resina, endurecedor e finos.	54
Figura 62	Mistura da resina TYP1000A1 com finos.	54

Figura 63	Aplicação da resina RESIMIX.....	55
Figura 64	Espalhamento da resina.....	55
Figura 65	Aspecto final do sensor 3Q16.....	56
Figura 66	Lixamento da restauração.	56
Figura 67	Graute danificado do sensor cerâmico.....	57
Figura 68	Tipo de resina utilizado em cada abertura.	58
Figura 69	Corte ao redor dos sensores cerâmicos.	58
Figura 70	Retirada dos grautes danificados.	59
Figura 71	Limpeza do local de reposição dos grautes.	59
Figura 72	Proteção contra vazamento.	60
Figura 73	Mistura do graute PLASTIROC.	60
Figura 74	Adição do catalisador PERKADOX CH-34RP.....	61
Figura 75	Aplicação do graute.	61
Figura 76	Mistura do endurecedor com a resina.	62
Figura 77	Aplicação do graute nos sensores cerâmicos.	62
Figura 78	Aspecto final da restauração dos sensores cerâmicos.....	63
Figura 79	Lixamento dos sensores cerâmicos.	63
Figura 80	Deterioração do redor dos sensores polímeros.	64
Figura 81	Preenchimento com CM-30 ao redor dos sensores polímeros.....	65
Figura 82	Aspecto final da restauração do sensor polímero.....	65
Figura 83	Deterioração ao redor dos sensores óticos.....	66
Figura 84	Proteção com fita adesiva nos sensores óticos.	67
Figura 85	Aplicação do graute nos sensores óticos.....	67
Figura 86	Aspecto final da restauração do sensor ótico	68

Lista de Tabelas

Tabela 1	Volume de graute na TRD.	16
Tabela 2	Volume de groute na TRE.	17

Índice

1	Introdução.....	11
2	Codificação dos sensores.....	13
3	Restauração dos sensores quartzo	15
3.1	GROUTER LFR 1 BRANCO.....	19
3.2	HAGENHARD GROUT	27
3.3	GROUTER AN	33
3.4	MUNDGRAUTE	37
3.5	Conclusões sobre os grautes.....	39
3.6	Restauração com RESIMIX	52
4	Restauração dos sensores cerâmicos	57
5	Restauração dos sensores polímeros	64
6	Restauração dos sensores óticos.....	66
7	Considerações finais	69
8	Referências Bibliográficas	70
	Apêndice 1 – Projeto de Recuperação da Pista.....	71
	Anexo A – Ficha Técnica - Grouter LFR 1 Branco	73
	Anexo B – Ficha Técnica - Hagenhard Grout	76
	Anexo C – Ficha Técnica – Grouter AN.....	79
	Anexo D – Ficha Técnica – Perkadox CH 34RP	82

1 Introdução

Os sensores de tecnologia quartzo, cerâmico, polímero e ótico, instalados na pista experimental em Araranguá/SC, são fixados no concreto asfáltico através de uma abertura horizontal e preenchidos com respectiva resina. Após a passagem de tráfego, observou-se o desprendimento do concreto asfáltico ao redor dos sensores, próximos às trilhas de roda. Em virtude desse desprendimento é necessária a restauração dos danos utilizando materiais que protejam os sensores das intempéries e permita novamente a passagem do tráfego.

A viscoelasticidade característica do concreto asfáltico faz com que poucos materiais acompanhem a dilatação-contração que ocorre com a variação de temperatura nos pavimentos asfálticos. O graute possui características que cumpre os requisitos e, portanto, o escolhido para a restauração ao redor dos sensores. São utilizados quatro tipos de grautes com diferentes tipos de aplicações, diferenciando-se na quantidade de água, agregados e armadura.

O objetivo desse relatório é apresentar a metodologia utilizada para restaurar os concretos asfálticos danificados. A aplicação dos grautes e a condição final da restauração são avaliadas após 30 dias de passagem de tráfego.

As informações contidas neste relatório estão organizadas em seis capítulos que mostram os materiais, os métodos e as conclusões do uso de cada tipo de graute da restauração da pista experimental. A seguir são apresentados os conteúdos de cada capítulo.

O Capítulo 1 contém a introdução ao relatório apresentando as considerações iniciais e a organização do trabalho.

O Capítulo 2 descreve a codificação que nomeia cada sensor, diferenciando-se pelo tipo e posição na pista experimental.

O Capítulo 3 apresenta os quatro tipos de grautes utilizados na restauração dos sensores quartzo. São descritos os grautes GROUTEK LFR 1 BRANCO, HAGENHARD GROUT, GROUTEK AN e o MUNDGRAUTE. Contém, também, o volume de graute utilizado por cada sensor.

O Capítulo 4 apresenta a restauração dos sensores cerâmicos. São descritos os grautes PLASTIROC GRIS ECM P5G FONCÉ e o POLYURETHANE HARDENER HL-200 e os procedimentos de aplicação.

O Capítulo 5 apresenta a restauração dos sensores polímeros utilizando a emulsão CM-30.

O Capítulo 6 apresenta os problemas encontrados nos sensores óticos e a restauração dos danos.

O relatório ainda contém referências bibliográficas, apêndice e anexos.

2 Codificação dos sensores

Imprevistos ocorrem quando se trata de pesquisas inéditas como é o caso dos sensores de pesagem instalados em pavimentos brasileiros. Nos países como os Estados Unidos, Suíça, França os sensores de pesagem já são uma tecnologia conhecida e possuem metodologias de instalação e procedimentos necessários em caso de danos ao redor dos sensores. Para o caso brasileiro essas metodologias não podem ser seguidas à risca por tratar-se de pavimentos diferentes, sendo necessária a tomada de decisões em função das experiências acumuladas pelas empresas e fabricantes de materiais para restauração de pavimentos.

Na pista experimental em Araranguá/SC foram instalados quatro tipos diferentes de sensores. As tecnologias utilizadas foram: quartzo, cerâmico, polímero e ótico. A instalação desses sensores foi finalizada em julho de 2010. O sítio de estudos desses quatro tipos de sensores encontra-se na Figura 1.

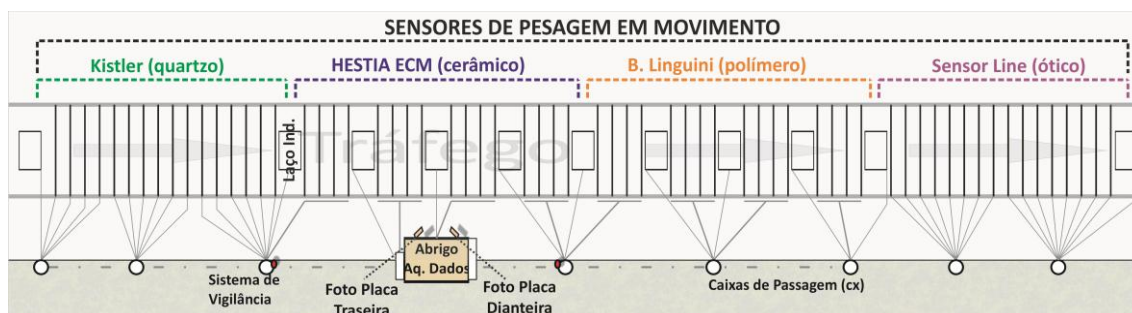


Figura 1 - Posição dos sensores na pista experimental.

Após dois anos de abertura para o tráfego, foram constatadas fissuras, trincas e rachaduras no concreto asfáltico ao redor dos sensores. Para que os sensores não fossem danificados, a pista foi fechada para o tráfego até a total restauração da pista.

Cada sensor foi codificado para referenciar os diferentes tipos de sensores e as respectivas posições na pista experimental. Os códigos foram gerados por três fatores: a página no projeto de instalação, o tipo de tecnologia do sensor e o número do sensor.

As páginas que constam no projeto de instalação de sensores são:

- ◈ Quartzo → página “3”
- ◈ Cerâmico → página “7”
- ◈ Polímero → página “6”
- ◈ Ótico → página “8”

O tipo de tecnologia dos sensores são:

- ◈ Quartzo → “Q”
- ◈ Cerâmico → “C”
- ◈ Polímero → “P”
- ◈ Ótico → “O”

O último número do código corresponde ao número do sensor na pista experimental:

- ◈ Quartzo → “1”, “2”, “3”, ..., “31” e “32”
- ◈ Cerâmico → “1”, “2”, “3”, ..., “15” e “16”
- ◈ Polímero → “1”, “2”, “3”, ..., “15” e “16”
- ◈ Ótico → “1”, “2”, “3”, ..., “15” e “16”

Como exemplo é citado o código 3Q16, Figura 2, que se refere ao sensor quartzo de número 16.



Figura 2 - Código dos sensores.

Cada linha dos sensores cerâmicos, polímeros e óticos corresponde a um sensor. Já para os sensores quartzo, cada linha contém dois sensores. Na trilha de roda direita (TRD) dos sensores quartzo encontram-se os sensores de numeração par e na trilha de roda esquerda (TRE) encontram-se os sensores de numeração ímpar.

3 Restauração dos sensores quartzo

Entre os quatro tipos de sensores (quartzo, cerâmico, polímero e ótico) instalados na pista experimental, os sensores de tecnologia quartzo sofreram uma maior deterioração ao redor dos sensores e, portanto, os primeiros a serem restaurados.

A deterioração ocorreu nas trilhas de roda formando fissuras, trincas, rachaduras e grandes aberturas ao redor dos sensores. A priori, acredita-se que os sensores quartzo tiveram uma maior deterioração por serem os primeiros a terem contato com o pneu dos caminhões e pela frenagem quando constatado a presença de câmeras e sensores na pista. Essa frenagem foi verificada pelas duas câmeras que registram a passagem dos veículos na pista experimental.

Na Figura 3 encontra-se um exemplo de deterioração do concreto asfáltico ao redor do sensor quartzo. A resina utilizada para envolver o sensor possuía uma resistência maior que o concreto asfáltico, portanto, houve deterioração do concreto asfáltico e o sensor permaneceu intacto.



Figura 3 - Deterioração ao redor do sensor quartzo.

Dos trinta e dois sensores quartzo instalados na pista experimental, foram constatados deterioração ao redor de dezoito sensores. Houve dano em 56% dos sensores, uma porcentagem considerada alta em relação ao pouco tempo de uso. Esse fator torna-se necessária uma metodologia de restauração dos sensores.

A deterioração nas trilhas de roda esquerda (TRE) foram maiores que nas trilhas de roda direita (TRD). Esse fato pode ser explicado pela presença do abrigo de aquisição de dados que se encontra à direita da pista experimental, fazendo com que os caminhões desviem e criem um campo de atrito. O abrigo encontra-se a dois metros de distância do limite da faixa, mas pela proximidade e perigo de colisão os caminhoneiros desviam, transferindo essa força para o concreto asfáltico.

A restauração dos sensores quartzo foi iniciada com os sensores da TRD apenas por possuírem um volume de graute menor que os da TRE. Na Tabela 1 encontram-se os códigos dos sensores, as dimensões das aberturas e o volume de graute necessários. O volume total para restauração na TRD foi de 64.630 cm³.

Tabela 1 - Volume de graute na TRD.

CÓDIGO	b1	h1	b2	h2	e	cm ³
3Q2	-	-	-	-	-	-
3Q4	-	-	-	-	-	-
3Q6	-	-	-	-	-	-
3Q8	-	-	-	-	-	-
3Q10	-	-	-	-	-	-
3Q12	-	-	-	-	-	-
3Q14	-	-	-	-	-	-
3Q16	81	17	89	15	5	13.560
3Q18	86	18	83	16	5	14.380
3Q20	83	16	81	17	5	13.525
3Q22	51	9	57	14	5	6.285
3Q24	72	18	75	16	5	12.480
3Q26	40	9	52	10	5	4.400
3Q28	-	-	-	-	-	-
3Q30	-	-	-	-	-	-
3Q32	-	-	-	-	-	-
VOLUME TOTAL DE GRAUTE						64.630

O posicionamento de “h1”, “b1”, “h2”, “b2” e “e” citadas na Tabela 1, encontram-se ilustradas na Figura 4.

O projeto da abertura encontra-se no Apêndice 1.

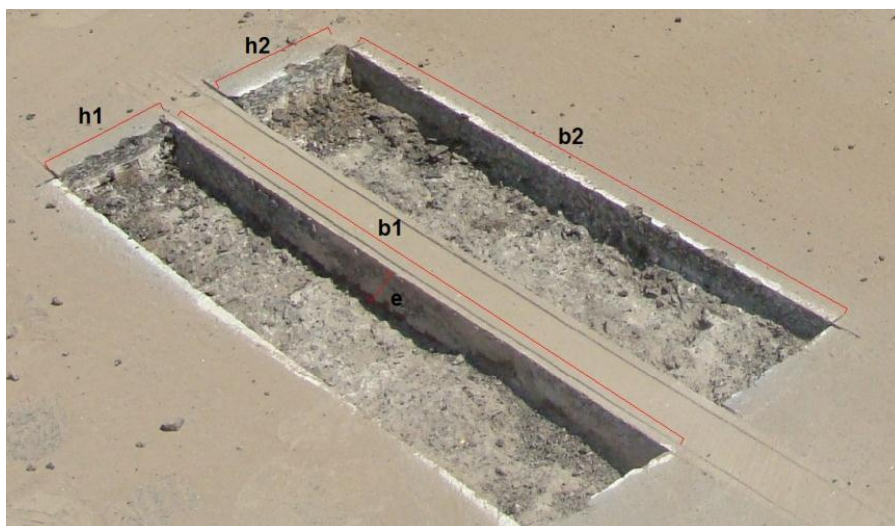


Figura 4 - As dimensões das aberturas na TRD.

Na sequência, foram restaurados os concretos asfálticos ao redor dos sensores quartzo da TRE. Na Tabela 1 encontram-se os códigos dos sensores, as dimensões das aberturas e o volume de groute necessários da TER, o qual totalizou 317.955 cm³.

Tabela 1 - Volume de groute na TRE.

CÓDIGO	b3	h3	b4	h4	b5	h5	e	cm ³
3Q1	-	-	-	-	-	-	-	-
3Q3	125	15	128	15	17	6,6	5	19.536
3Q5	138	15	138	16	21	6,6	5	22.083
3Q7	-	-	-	-	-	-	-	-
3Q9	-	-	-	-	-	-	-	-
3Q11	-	-	-	-	-	-	-	-
3Q13	124	17	125	18	17	6,6	5	22.351
3Q15	109	19	118	15	15	6,6	5	19.700
3Q17	127	15	137	20	16	6,6	5	23.753
3Q19	128	20	128	19	14	6,6	5	25.422
3Q21	150	25	150	25	16	6,6	5	38.028
3Q23	145	19	147	21	16	6,6	5	29.738
3Q25	147	19	149	25	17	6,6	5	33.151
3Q27	136	20	136	21	17	6,6	5	28.441
3Q29	132	20	130	20	15	6,6	5	26.695
3Q31	140	23	147	17	14	6,6	5	29.057
VOLUME TOTAL DE GRAUTE								317.955

O posicionamento de “h3”, “b3”, “h4”, “b4”, “h5”, “b5” e “e” citadas na Tabela 1 encontram-se na Figura 5.

O projeto da abertura encontra-se no Apêndice 1.

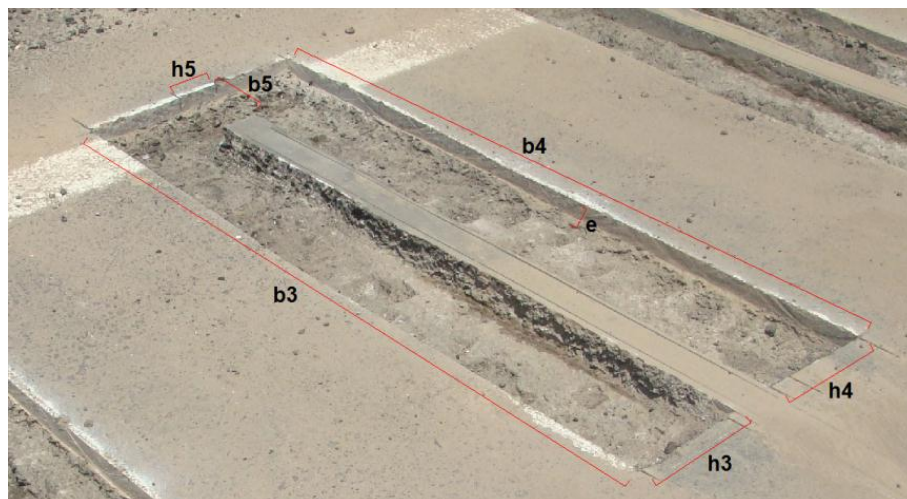


Figura 5 - As dimensões das aberturas na TRE.

Logo, o volume total de material para a restauração dos dezoito sensores foi de 382.585 cm^3 ($0,382585 \text{ m}^3$), o que equivale a 765,17 kg para uma densidade média de 2.000 kg/m^3 .

Grautes, concreto de cimento Portland, concreto asfáltico são algumas opções para serem utilizados na restauração do concreto asfáltico ao redor dos sensores. Em um primeiro momento, as aberturas foram preenchidas com uma mistura asfáltica com as mesmas características do pavimento original. A mistura asfáltica foi utilizada para um fechamento provisório até que fosse decidido o material de preenchimento definitivo.

O material escolhido para a restauração do concreto asfáltico ao redor dos sensores quartzo foi o graute. Graute, termo aportuguesado do inglês *grout*, é uma argamassa composta por cimento Portland (geralmente CPV-ARI) ou cimento aluminoso, areia selecionada, quartzo e aditivos superplastificantes e expansores (que compensam a retração plástica e hidráulica simultaneamente por diminuição do fator água/cimento). Os grautes possuem a característica de rápida resistência inicial (NBR 7215, 1996) devido aos catalisadores embutidos e devida à baixa quantidade de água em sua composição. Podem chegar a resistências superiores a 30 MPa em 24 horas e de 60 MPa em 28 dias (HAGEN DO BRASIL, 2011).

O graute é auto adensável, permitindo sua aplicação no preenchimento de vazios e juntas estruturais. O auto adensamento foi um dos principais motivos pela escolha do graute, pois a superfície a ser restaurada possuía imperfeições com agregados à mostra e necessitava de uma boa aderência entre o concreto antigo e o material de

preenchimento. As imperfeições são da própria característica do concreto asfáltico e surgem no momento da retirada do material a ser substituído.

A baixa retração dos grautes também é um fator importante, pois o concreto asfáltico é um material viscoelástico, logo, o material de preenchimento deve acompanhar o movimento de tração-compressão sem se romper.

Nas atividades de restauração da pista experimental ao redor dos sensores de tecnologia quartzo, foram utilizados quatro diferentes tipos de grautes: GROUTEK LFR 1 BRANCO, HAGENHARD GROUT, GROUTEK AN e o MUNDGRAUTE. Os três primeiros foram fornecidos pela empresa Hagen do Brasil certificada pela ISO da NBR 9001 (2008) e o último é um graute de uma empresa situada em Criciúma, próximo à pista experimental. A utilização de diferentes tipos de grautes possibilita a comparação e conclusões sobre a eficácia e eficiência do uso para restauração de concretos asfálticos.

No quadro apresentado na Figura 6 encontram-se os valores de resistência à compressão dos grautes GROUTEK LFR 1 BRANCO, HAGENHARD GROUT, GROUTEK AN e o MUNDGRAUTE em 1 ou 2 horas e em 1, 3, 7 e 28 dias.

Groute	1 h	2 h	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
GRAUTEK LFR 1 BRANCO	30	40	50	-	-	60
HAGENHARD	-	-	60	70	-	-
GROUTEK AN	-	-	30	40	50	60
MUNDGRAUTE	*	*	*	*	*	*

Figura 6- Resistência à compressão em MPa.

* dados não fornecido pelo fabricante

A resistência mínima alcançada de 30 MPa já é considerada um valor elevado para estruturas em geral, sendo classificado como alta resistência inicial (ARI). Já o valor de 70 MPa, alcançada pela resina HAGENHARD GROUT, é extremamente alta sendo justificado o alto preço em relação a outros materiais de preenchimento.

Vale ressaltar que a resistência média dos concretos asfálticos é menor que 30MPa e que nesses casos não há a necessidade de ter uma resistência a compressão muito elevada.

3.1 GROUTEK LFR 1 BRANCO

O GROUTEK LFR 1 BRANCO é uma argamassa não contrátil de alta resistência inicial. Ele é um composto em pó, isento de cloretos e de ferro, constituído de cimento, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos convenientemente dosados. Os efeitos principais e vantagens do GROUTEK LFR 1 BRANCO estão listados abaixo:

- ◈ Resistência mecânica inicial de 30 MPa a partir de 1 hora;

- ◈ Resistência mecânica elevada tanto nas idades iniciais como nas finais chegando a 60 MPa em 28 dias;
- ◈ São os únicos grautes de base cimentícia com esta característica, permitindo rápida liberação da peça grauteada;
- ◈ Retração compensada, reduzindo o risco de fissuração e permitindo a perfeita e completa superposição do elemento estrutural sobre o graute; e
- ◈ Boa aderência às superfícies de concreto.

O GROUTEK LFR 1 BRANCO em geral é recomendado para reparo em estruturas de concreto, juntas de pavimentos (rodoviários, portuários, aeroportos, viadutos e pontes), fixação de equipamentos pesados e/ou com grandes esforços dinâmicos, grauteamento em áreas de difícil acesso, grauteamento de elementos estruturais, fixação de colunas de pré-moldados e metálicos e de parafusos de ancoragem e ligação e colagem de partes pré-moldadas.

Um dos locais que já utilizaram esse tipo de graute foram as juntas estruturais da ponte de Maracajá, que se localiza próximo à pista experimental em Araranguá/SC. Todas as juntas da ponte foram reparadas com o GROUTEK LFR 1 BRANCO e tiveram bom desempenho.

Segundo as especificações do fabricante a quantidade de água utilizada deve ser de 2,5 a 2,85 litros por saco de 25 kg, dependendo da fluidez desejada (plástica ou fluida). Lembrando que quanto mais água, maior é a fluidez e menor é a resistência.

Para esse graute a adição de granulares é permitida na proporção de 12,5 kg de pedrisco para cada saco de 25 kg de GROUTEK LFR 1 BRANCO o que totaliza 1.600 kg/m³ de graute preparado. Já para a mistura pura, sem pedriscos, a densidade é de 2.200 kg/m³.

O graute em questão não deve ser preparado em quantidades muito grandes que coloquem em risco o tempo útil de aplicação de 10 minutos a 25°C.

Para a demarcação do local de restauração do concreto asfáltico foi utilizada fita adesiva, como mostra a Figura 7, e depois pintada com tinta branca. Esse processo direcionou a atividade de corte.

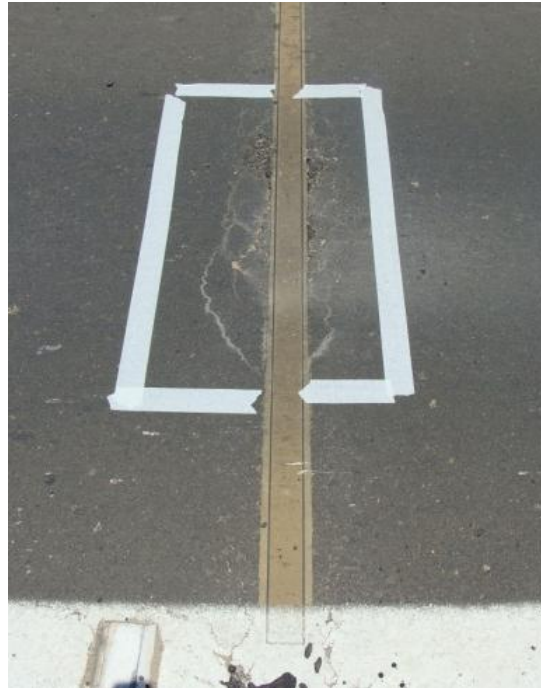


Figura 7 - Delimitação do corte para restauração.

Depois das marcações dos sensores danificados, as fitas adesivas foram retiradas e o local estava pronto para ser cortado. Na Figura 8 encontra-se uma vista geral das aberturas dos sensores quartzo que serão restauradas.



Figura 8 - Demarcações dos dezoito sensores para corte.

Os cortes das aberturas foram realizados com a máquina GX 24 Honda 8.0, como mostra a Figura 9, e foi utilizado um disco de 35 cm.



Figura 9 - Máquina de corte.

Nos cortes próximos ao sensor foi utilizado um equipamento de corte menor para que o sensor não fosse danificado. Foi utilizada uma policorte do fabricante Bosch com um disco de 11 cm. A enxada foi utilizada como um meio de proteção do sensor, como mostra a Figura 10.



Figura 10 - Corte nas proximidades do sensor.

Foram realizados diferentes cortes na restauração dos sensores 3Q29 e 3Q31. Os cortes foram realizados a 2 cm da resina do sensor. Esse procedimento foi feito para verificar se haverá uma maior aderência em relação aos demais cortes que foram realizados rente à resina do sensor. Nesses cortes os grautes foram colocados diretamente em contato com a superfície lisa do corte. Já nas aberturas dos sensores 3Q29 e 3Q31, os 2 cm de material que restaram aderido à resina foram retirados com talhadeira e marreta.

As profundidades dos cortes foram definidas em 5 cm tanto próximo aos sensores como na borda oposta, como mostra a Figura 11. O sensor possui 4 cm de altura e foi definido uma profundidade de corte de 5 cm para que o preenchimento com o graute tivesse boa aderência. Em todos os cortes realizados a profundidade foi aferida com o auxílio de uma faca que estava previamente demarcada em 5 cm.

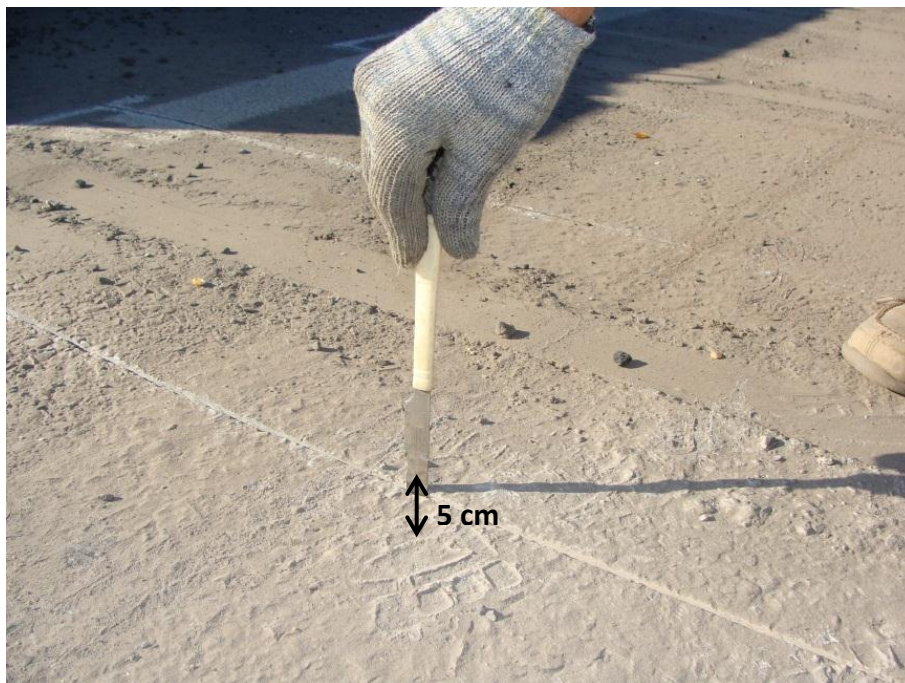


Figura 11 - Aferição da profundidade do corte.

Após os cortes, inicialmente o material de concreto asfáltico danificado foi retirado grosseiramente com o martelo (Figura 12) e o acabamento da abertura foi feito com marreta e talhadeira. Finalizados os cortes, as aberturas estavam prontas para o preenchimento com graute.



Figura 12 - Retirada do concreto asfáltico danificado.

O aspecto da abertura após a retirada do material encontra-se na Figura 13. Como o concreto asfáltico é formado pelo ligante asfáltico e granulares, após a retirada do material danificado a superfície fica com granulares à mostra e superfícies irregulares. Essas imperfeições foram mantidas, pois servem para uma melhor aderência do material de preenchimento e o pavimento.



Figura 13 - Abertura para o preenchimento com graute.

Antes de receber o material de preenchimento foi realizada uma limpeza com jato d'água para eliminar as partículas soltas, como mostra a Figura 14, e depois foi utilizado o jato de ar para retirada do excesso de água. Com 24 horas de antecedência a base a ser grauteada foi umedecida.



Figura 14 - Limpeza da abertura para aplicação do graute.

Para a preparação do GROUTTEK LFR 1 BRANCO inicialmente é colocada a água e depois lentamente o pó do graute. A mistura é realizada com uma hélice contínua acoplada a uma furadeira proporcionando uma mistura mais homogênea e fluida. O tempo de mistura é de aproximadamente 4 minutos (Figura 15).



Figura 15 - Mistura dos componentes do LFR 1 BRANCO.

Após 4 minutos de mistura, a massa foi despejada para o preenchimento da abertura como mostra a Figura 16. Essa etapa deve ser feita rapidamente, pois o tempo de aplicação é curto, endurecendo o material e dificultando a trabalhabilidade.



Figura 16 - Aplicação do GROUTTEK LFR 1 BRANCO.

Segundo o fabricante, o tempo de aplicação do graute é curto, como dito anteriormente. Porém, no momento da aplicação, as altas temperaturas em Araranguá diminuíram ainda mais esse tempo. A susceptibilidade à temperatura fez com que a viscosidade do material aumentasse e dificultasse a aplicação e o acabamento.

Apesar dos grautes serem considerados auto-adensáveis de um modo geral, no caso do GROUTTEK LFR 1 BRANCO não ocorreu o auto-adensamento. Foi necessário o acabamento com a ajuda de uma pá de pedreiro, como mostra a Figura 17.



Figura 17 - Acabamento do GROUTTEK LFR 1 BRANCO.

O aspecto final da abertura que foi restaurada com o GROUTEK LFR 1 BRANCO encontra-se na Figura 18.



Figura 18 - Aspecto final da restauração com GROUTEK LFR 1 BRANCO.

Os procedimentos gerais de uso do GROUTEK LFR 1 BRANCO e demais informações encontram-se no Anexo 1.

3.2 HAGENHARD GROUT

O HAGENHARD GROUT é um epóxi fluido de alta resistência mecânica e química. É uma argamassa cinza escura de três componentes para injeção em trincas e fissuras em estruturas de concreto. As principais características e as vantagens do HAGENHARD GROUT estão listadas abaixo:

- ◊ Densidade da mistura 2.000g/l (2.000 kg/m³);
- ◊ Pot life de 60 a 90 minutos a 25°C;
- ◊ Resistência à compressão determinada conforme NBR 7215 superior a 60 MPa em 1 dia e chegando a mais de 70 MPa em 3 dias;
- ◊ Elevada resistência mecânica à compressão (iniciais e finais);
- ◊ Alta aderência, sem retração, o que permite perfeito contato entre as superfícies funcionando como adesivo estrutural;
- ◊ Endurecimento rápido.

O HAGENHARD GROUT é indicado para várias aplicações como tirantes, chumbadores, base de equipamentos pesados, estancamentos entre outros. No caso dessa pesquisa esse graute foi escolhido por possuir boa adaptação na reconstrução dos pavimentos rígidos de concreto. O pavimento na pista experimental não é rígido, mas a intenção da pesquisa é testar os grautes nos pavimentos flexíveis da pista experimental.

Para a preparação do HAGENHARD GROUT não é necessária adição de água. O graute é composto por três componentes, como mostra a Figura 19.



Figura 19 - Os componentes do HAGENHARD GROUT.

Para que tenha uma alta aderência, a superfície a ser restaurada deve estar úmida, porém não encharcada. É recomendada uma espessura máxima de até 10 cm por camada e espaçamento mínimo de 2,5 cm. Para essa pesquisa a espessura de preenchimento é de 5 cm.

Nas especificações técnicas não há informações sobre adição de pedriscos nesse tipo de graute. Mas para efeito de teste, na reconstrução do sensor 3Q29 foi utilizado uma proporção de 5 kg de pedrisco para 25kg de HAGENHARD GROUT.

Na preparação e aplicação do HAGENHARD GROUT foram seguidas as recomendações do fabricante. Primeiramente misturam-se os componentes A e B, como mostra a Figura 20.



Figura 20 - Mistura dos componentes A + B.

Em seguida o componente C é adicionado à mistura, como mostra a Figura 21.



Figura 21 - Adição do componente C.

A mistura é agitada com o auxílio com uma hélice contínua acoplada a uma furadeira, como mostra a Figura 22, proporcionando uma mistura mais homogênea e fluida. O tempo de mistura é de 6 minutos.



Figura 22 - Agitação do HAGENHARD GROUT por 6 minutos.

Como o tempo de aplicação do material é curto, logo após a finalização do tempo de mistura, o graute foi rapidamente despejado na abertura de restauração, como mostra a Figura 23.



Figura 23 - Preenchimento com HAGENHARD GROUT.

De todos os grautes utilizados, o HAGENHARD GROUT é o que possui o menor tempo de aplicação, dificultando a trabalhabilidade. Vale ressaltar que no dia da aplicação, a temperatura no município de Araranguá era alta, diminuindo o tempo de aplicação.

O HAGENHARD GROUT possui auto-adensamento, como mostra a Figura 24. Se comparado ao GROUTEK LFR 1 BRANCO, seu auto-adensamento é melhor.



Figura 24 - Auto-adensamento do HAGENHARD GROUT.

Apesar do HAGENHARD GROUT cumprir com a característica de ser auto-adensável, esse auto-adensamento dificultou a execução de preenchimento devido à inclinação do projeto geométrico da pista. O groute acumulou no canto mais baixo da abertura, sendo necessária a utilização de uma pá de pedreiro para puxá-lo e alinhá-lo horizontalmente até o endurecimento, como mostra a Figura 25.



Figura 25 - Acabamento do HAGENHARD GROUT.

O aspecto final da abertura de restauração utilizando o HAGENHARD GROUT encontra-se na Figura 26.



Figura 26 - Restauração com HAGENHARD GROUT.

Um fato inesperado e particular ocorreu nas aberturas preenchidas com o HAGENHARD GROUT. Houve o surgimento de fissuras e trincas no concreto asfáltico ao redor do graute, como mostra a Figura 27. Em menos de 24 horas após a aplicação do graute, o concreto asfáltico fissurou e trincou em algumas partes, mostrando que o coeficiente de dilatação do graute é bem diferente se comparado com o concreto asfáltico.



Figura 27 - Efeito da contração-retração do graute.

É fato que os outros tipos de grautes trabalhem a tração e a contração diferentemente do asfalto, porém o que ocorreu com o graute HAGENHARD destoou-se dos demais.

Os procedimentos gerais de uso do HAGENHARD GROUT e demais informações encontram-se no Anexo 2.

3.3 GROUTEK AN

O GROUTEK AN é uma argamassa autonivelante e de alta resistência como os demais grautes citados anteriormente. É um composto em pó cinza claro, isento de cloretos e de ferro, constituído de cimento, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos convenientemente dosados. Os efeitos principais e vantagens do GROUTEK AN estão listados abaixo:

- ◊ Resistências mecânicas elevadas tanto nas idades iniciais como nas finais;
- ◊ Resistência à compressão determinada conforme NBR 7215 superior a 30 MPa em 1 dia, permitindo rápida liberação da peça grauteada, e superior a 60 MPa em 28 dias;
- ◊ Retração compensada, reduzindo o risco de fissuração e permitindo a superposição do elemento estrutural sobre o graute;
- ◊ Boa aderência às superfícies de concreto ou metálicas.

Esse graute foi escolhido principalmente por possuir retração compensada e baixo risco de fissuração. Após a fissuração ao redor da restauração com o HAGENHARD GROUT, foi necessária a busca por grautes que não tivessem o coeficiente de dilatação tão diferente do concreto asfáltico. O GROUTEK AN possui um maior tempo de aplicação que os demais grautes utilizados anteriormente, fazendo com que melhore a trabalhabilidade.

O custo de um graute é em função da alta resistência que o graute alcança em um curto espaço de tempo. Quanto maior a resistência atingida pelo graute, maior será o custo. Outro fator é o tempo de cura que o material necessita. Quanto mais rápido é o tempo de cura, mais caro é o material.

Pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.** observa-se que o GROUTEK LFR 1 RANCO e o HAGENHARD GROUT são os grautes mais caros, por alcançarem resistências iniciais altas. O GROUTEK LFR 1 BRANCO atinge 30 MPa em 1 hora e o HAGENHARD GROUT chega a atingir 70 MPa.

No caso dessa pesquisa não há a necessidade de um tempo de cura tão rápido, logo, procurou-se um graute que tivesse um tempo de cura maior. Em uma consultoria com o Engenheiro Paulo Roberto Alves da Hagen do Brasil, foi indicado o GRAUTEK AN por possuir uma alta resistência inicial, porém com maior tempo de aplicação.

O GROUTEK AN, Figura 28, é recomendado para reparo em estruturas de concreto, juntas de pavimentos (rodoviários, portuários, aeroportos, viadutos e pontes), fixação de equipamentos pesados e/ou com grandes esforços dinâmicos, grauteamento em

áreas de difícil acesso, grauteamento de elementos estruturais, fixação de colunas de pré-moldados e metálicas e de parafusos de ancoragem, ligação e colagem de partes de pré-moldados e chumbamento de tubulações passantes nas estruturas de concreto.

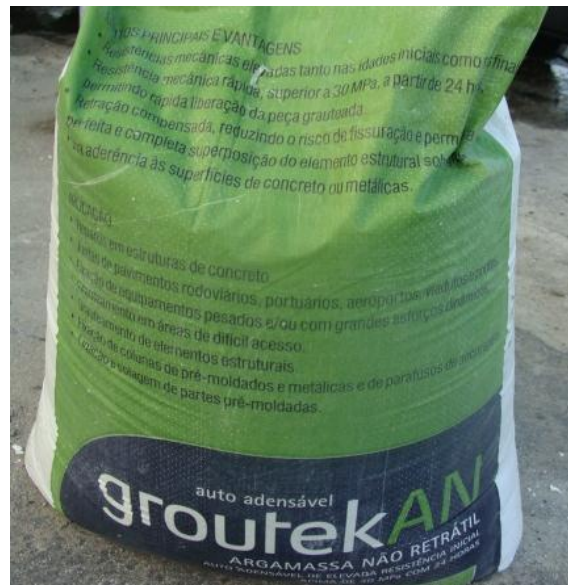


Figura 28 - GROUTTEK AN.

Para que atinja a resistência máxima especificada, a quantidade de água total não deve ultrapassar 2,5 a 2,85 litros por saco de 25 kg, dependendo da fluidez desejada (plástica ou fluida). Lembrando que quanto mais água, maior é a fluidez e menor é a resistência. A Figura 29 mostra o preparo do GROUTTEK AN.



Figura 29 - Mistura do graute AN com água.

Foram utilizados um total de 16 sacos de GROUTEK AN com 25kg cada uma, gerando um total de 0,25 m³ de material para preenchimento. A densidade do graute preparado é de 1.600 kg/m³ quando utilizado 12,5kg de pedrisco para cada saco de 25 kg de graute.

Caso seja necessária a preparação em quantidade maior, o graute deve ser preparado de preferência em uma betoneira e o mais perto possível do local de aplicação. Essa quantidade não deve ser muito grande a ponto de colocar em risco o tempo útil de aplicação que é de 30 minutos a 25°C.

O graute é misturado por 4 minutos com o auxílio de uma pá misturadora acoplada a uma furadeira, como mostra a Figura 30.



Figura 30 - Mistura do GROUTEK AN.

Após a mistura, o graute é aplicado na abertura ao redor do sensor, como mostra a Figura 31. O GROUTEK AN foi aplicado nas aberturas dos sensores 3Q03, 3Q05, 3Q13, 3Q15, 3Q17, 3Q19, 3Q21, 3Q23, 3Q25 e 3Q27.



Figura 31 - Aplicação do GROUTER AN na restauração do pavimento.

A usinagem é dificultada quando se adiciona pedrisco ao material de preenchimento. Por esse motivo, todas as misturas que utilizaram pedrisco tiveram o teor de água/cimento aumentada.

Os pedriscos foram adicionados na proporção 1:2, como mostra a Figura 32.



Figura 32 - Adição de 12,5 kg de pedrisco para 25 kg de GROUTER AN.

Após a aplicação do GROUTEK AN e passado o tempo de cura, o aspecto da abertura restaurada é mostrado na Figura 33.



Figura 33 - Restauração com GROUTEK AN.

Os procedimentos gerais de uso do GROUTEK AN e demais informações estão no Anexo 3.

3.4 MUNDGRAUTE

No momento de fechamento da abertura 3Q31 com o GROUTEK LFR 1 BRANCO, faltou cerca de 15.000 cm³ (0,015 m³) de graute. Optou-se por preenchê-lo com um graute local. O MUNDGRAUTE é fabricado pelo *Art-Mundial Argamassas e Rejuntas* da cidade de Turvo, próximo à pista experimental de Araranguá/SC.

O concreto fluido MUNDGRAUTE, Figura 34, possui alta resistência inicial e é indicado para chumbamento e ancoragem de equipamentos, máquinas, trilhos, tirantes, estruturas metálicas, componentes hidráulicos, pontes rolantes, reparação de defeitos em estruturas de concreto etc. Também são indicados para grauteamento e reforços de bases de equipamentos, borda de juntas, postes, painéis, fundações, componentes pré-moldados, áreas localizadas em elementos estruturais etc.

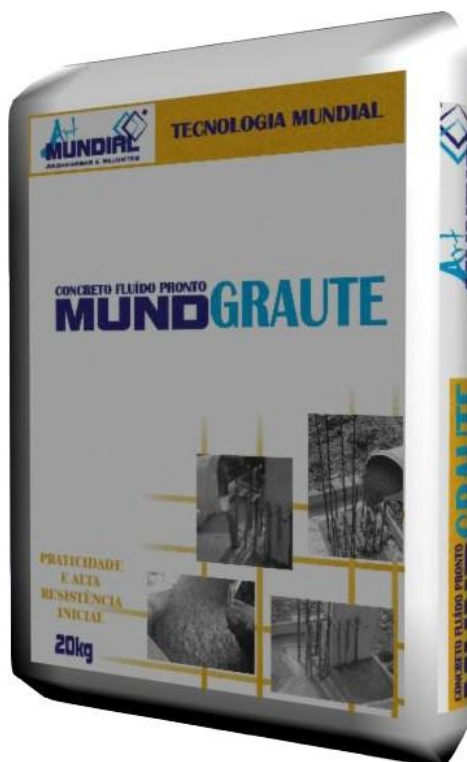


Figura 34 - MUNDGRAUTE.

Segundo o fabricante, ao utilizar o MUNDGRAUTE os preenchimentos devem ter espessuras mínimas entre 20 e 60 mm. Para espessuras maiores, podem ser admitidas adição de até 50% de brita 1 (9,5 a 19mm) ou 30% de brita 0 (4,8 a 9,5mm). No caso desta pesquisa foi utilizado 1 saco de 20 kg de graute e 5 kg de brita 0.

A base que ficará em contato com o MUNDGRAUTE deverá estar limpa, áspera, sem a presença de óleos, graxas, partículas soltas ou agentes químicos que iniba aderência. É recomendado que a base seja umedecida 24 horas antes da colocação do material. Deve-se ater ao fato de que a mesma fique sem empoçamento de água na superfície no momento da aplicação.

No preparo da argamassa recomenda-se usar misturador de ação forçada com haste misturadora acoplada a uma furadeira de baixa rotação (400/500rpm) e misturar por 3 a 5 minutos.

Colocar água necessária (2,3 a 2,5 litros por saco de 20 Kg) no misturador e, com este em movimento, adicionar o graute aos poucos, até constatar uniformidade e homogeneidade do material. Dependendo da temperatura ambiente e da consistência desejada, a quantidade poderá variar de 3 a 4 litros de água por embalagem. Para essa pesquisa foi utilizada 3 litros de água para 20 kg de MUNDGRAUTE.

Para que o graute MUNDGRAUTE não perca as características é preferível não fracionar as embalagens e utilizá-las por completo.

3.5 Conclusões sobre os grautes

No quadro apresentado na Figura 35 consta a numeração dos sensores e os tipos de grautes utilizados no preenchimento de cada abertura.

TRILHA DE RODA	CÓDIGO	TIPO DE GRAUTE	cm³	PEDRISCO PROPORÇÃO	ARMADURA 4,2mm
DIREITA	3Q16	GROUTEK LFR 1 BRANCO	13.560	-	-
	3Q18	GROUTEK LFR 1 BRANCO	14.380	-	-
	3Q20	HAGENHARD GROUT	13.525	-	-
	3Q22	GROUTEK LFR 1 BRANCO	6.285	-	-
	3Q24	HAGENHARD GROUT	12.480	-	-
	3Q26	HAGENHARD GROUT	4.400	-	-
ESQUERDA	3Q3	GROUTEK AN	19.536	1:2	-
	3Q5	GROUTEK AN	22.083	1:2	-
	3Q13	GROUTEK AN	22.351	1:2	-
	3Q15	GROUTEK AN	19.700	1:2	-
	3Q17	GROUTEK AN	23.753	1:2	-
	3Q19	GROUTEK AN	25.422	1:2	-
	3Q21	GROUTEK AN	38.028	1:2	sim
	3Q23	GROUTEK AN	29.738	1:2	sim
	3Q25	GROUTEK AN	33.151	1:2	sim
	3Q27	GROUTEK AN	28.441	1:2	sim
	3Q29	HAGENHARD GROUT	26.695	1:5	-
	3Q31	GROUTEK LFR 1 BRANCO + MUNDGRAUTE	29.057	1:5	-

Figura 35 - Tipo de graute utilizado em cada restauração

Nas aberturas ao redor dos sensores 3Q16, 3Q18 e 3Q22 foi utilizado o graute GROUTEK LFR 1 BRANCO sem adição de pedriscos. Nas aberturas ao redor dos sensores 3Q20, 3Q24 e 3Q26 foi utilizado o HAGENHARD GROUT, também sem adição de pedriscos. Nas demais aberturas, foram utilizados o GROUTEK AN e adicionado pedrisco na proporção 1:2 (1 de pedrisco para 2 de graute em quilo). O sensor 3Q29 e 3Q31 utilizaram pedrisco na proporção 1:5.

No total foram utilizados 100 kg de GROUTEK LFR 1 BRANCO, 100kg de HAGENHARD GROUT e 20kg de MUNDGRAUTE.

Apenas as aberturas dos sensores 3Q21, 3Q23, 3Q25 e 3Q27 receberam armadura dupla, de diâmetro 4,2mm, para comparar os efeitos de resistência com e sem armadura. As armaduras fazem com que diminuam os efeitos da deflexão causados no pavimento com a passagem de carga.

Ao redor da maioria dos sensores que não foram restaurados, verificou-se a presença de trincas e rachaduras, como mostra a Figura 36.

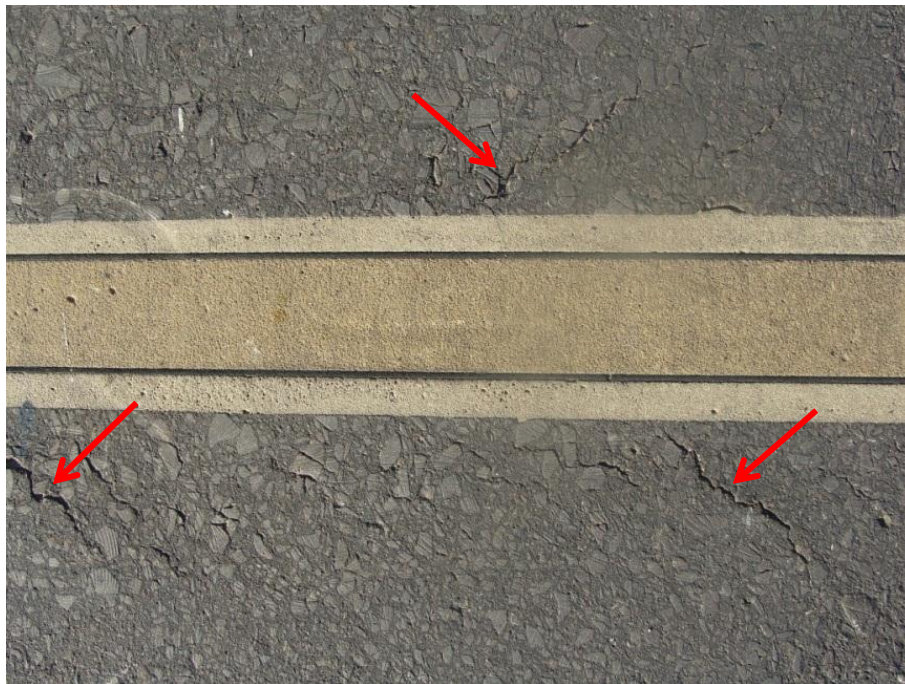


Figura 36 - Trincas e rachaduras redor dos sensores quartzo.

Para esses casos foram aplicadas a emulsão CM-30 para impermeabilização, como mostra a Figura 37.



Figura 37 - Aplicação do CM-30 nas trincas e rachaduras.

Além da impermeabilização das rachaduras, também foram utilizados CM-30 ao redor de todas as restaurações para impermeabilizar a interface do concreto asfáltico com graute.

Para aberturas maiores, o CM-30 foi misturado com granular fino gerando uma massa para preenchimento, como mostra a Figura 38. Essa massa, ao secar, preencheu e impermeabilizou a abertura que ficou protegida das intempéries. Esse procedimento foi feito nas bordas dos sensores 3Q01, 3Q02, 3Q04, 3Q06, 3Q07, 3Q08, 3Q09, 3Q10, 3Q11, 3Q12, 3Q14, 3Q16, 3Q18, 3Q20, 3Q22, 3Q24, 3Q26, 3Q28, 3Q30 e 3Q32.

Vale ressaltar que essas pequenas restaurações com CM-30 são provisórias e que o ideal seria fazer a restauração como foi feito nas bordas dos sensores quartzo 3Q03, 3Q05, 3Q13, 3Q15, 3Q17, 3Q19, 3Q21, 3Q23, 3Q25, 3Q27, 3Q29 e 3Q31, fazendo cortes retangulares com a serra e preenchimento total com grautes.



Figura 38 - Preenchimento com CM-30.

A Figura 39 mostra como ficaram as aberturas depois das restaurações finalizadas.



Figura 39 - Pista restaurada com grautes.

No dia 13 de Dezembro de 2011 a pista foi fechada devido à deterioração do pavimento. A partir dessa data viabilizou-se a restauração do pavimento e no dia 20 de Março de 2012, a pista foi reaberta para o tráfego.

A utilização dos diferentes tipos de graute foi uma tentativa de definir um produto adequado que acompanhasse a termosusceptibilidade do concreto asfáltico e resistisse a passagem do tráfego.

Nas figuras a seguir são mostrados os aspectos finais das aberturas restauradas após 30 dias de abertura do tráfego. As restaurações da trilha de roda direita (TRD) serão mostradas primeiramente e a seguir as restaurações da trilha de roda esquerda (TRE).

Na Figura 40 mostra o aspecto final da abertura 3Q16 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK LFR 1 BRANCO, sem adição de pedriscos e sem armaduras. De todas as restaurações, esse foi o mais danificado. Observa-se uma grande quantidade de trincas e rachaduras ao longo da graute restaurado.

Vale ressaltar que os termos fissuras, trincas e rachaduras referem-se a aberturas de 0,5mm, 1,0mm e 1,5mm respectivamente.



Figura 40 - Aspecto final da abertura 3Q16 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 41 mostra o aspecto final da abertura 3Q18 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK LFR 1 BRANCO, sem adição de pedriscos e sem armaduras. Também possui fissuras e é possível distinguir sete rachaduras no graute.



Figura 41 - Aspecto final da abertura 3Q18 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 42 mostra o aspecto final da abertura 3Q20 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com HAGENHARD GROUT, sem adição de pedriscos e sem armaduras. Não foram encontradas fissuras, trincas e nem rachaduras no graute. Apenas as fissuras no concreto asfáltico geradas após 1 dia de aplicação do graute, descritas no item 3.2.



Figura 42 - Aspecto final da abertura 3Q20 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 43 mostra o aspecto final da abertura 3Q22 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK LFR 1 BRANCO, sem adição de pedriscos e sem armaduras. Nessa abertura foram constatadas poucas rachaduras. Acredita-se que esse fato é devido ao tamanho da abertura que foi a menor a ser restauradas.



Figura 43 - Aspecto final da abertura 3Q22 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 44 mostra o aspecto final da abertura 3Q24 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com HAGENHARD GROUT, sem adição de pedriscos e sem armaduras. Não foram constatadas fissuras.



Figura 44 - Aspecto final da abertura 3Q24 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 45 mostra o aspecto final da abertura 3Q26 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com HAGENHARD GROUT, sem adição de pedriscos e sem armaduras. Não foram constatadas fissuras.



Figura 45 - Aspecto final da abertura 3Q26 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 46 mostra o aspecto final da abertura 3Q03 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos, mas sem armaduras. Foram constatadas 3 rachaduras.



Figura 46 - Aspecto final da abertura 3Q03 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 47 mostra o aspecto final da abertura 3Q05 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos, mas sem armaduras. Foram constatadas 6 rachaduras.



Figura 47 - Aspecto final da abertura 3Q05 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 48 mostra o aspecto final da abertura 3Q13 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos, mas sem armaduras. Foram constatadas 3 rachaduras e algumas trincas.



Figura 48 - Aspecto final da abertura 3Q13 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 49 o aspecto final da abertura 3Q15 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos, mas sem armaduras. Foram constatadas 3 rachaduras.



Figura 49 - Aspecto final da abertura 3Q15 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 50 mostra o aspecto final da abertura 3Q17 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos, mas sem armaduras. Foram constatadas 5 rachaduras.



Figura 50 - Aspecto final da abertura 3Q17 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 51 mostra o aspecto final da abertura 3Q19 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos, mas sem armaduras. Foram constatadas 4 rachaduras.



Figura 51 - Aspecto final da abertura 3Q19 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 52 mostra o aspecto final da abertura 3Q21 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos e com reforço de armadura dupla. Mesmo com esse reforço foram constatadas 4 rachaduras.



Figura 52 - Aspecto final da abertura 3Q21 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 53 mostra o aspecto final da abertura 3Q23 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos e com reforço de armadura dupla. Foram constatadas 5 rachaduras.



Figura 53 - Aspecto final da abertura 3Q23 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 54 mostra o aspecto final da abertura 3Q25 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos e com reforço de armadura dupla. Foram constatadas 2 rachaduras.



Figura 54 - Aspecto final da abertura 3Q25 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 55 mostra o aspecto final da abertura 3Q27 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK AN, com adição de pedriscos e com reforço de armadura dupla. Foram constatadas 2 rachaduras.



Figura 55 - Aspecto final da abertura 3Q27 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 56 mostra o aspecto final da abertura 3Q29 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com HAGENHARD GROUT, com adição de pedriscos, mas sem armadura. Como nas demais aberturas que utilizaram esse tipo de graute, não foram constatadas fissuras, trincas e nem aberturas.



Figura 56 - Aspecto final da abertura 3Q29 após 30 dias de tráfego.

Na Figura 57 mostra o aspecto final da abertura 3Q31 após 30 dias de tráfego. Essa abertura foi restaurada com GROUTEK LFR 1 BRANCO e MUNDGRAUTE, com adição de pedriscos e sem reforço de armadura em ambas. Foram constatadas 5 rachaduras na parte restaurada com o GROUTEK da empresa Hagen do Brasil e apenas algumas fissuras no graute da MUNDGRAUTE.



Figura 57 - Aspecto final da abertura 3Q31 após 30 dias de tráfego.

Através da análise das restaurações é possível concluir que o graute HAGENHARD GROUT foi o que obteve a maior resistência nas restaurações ao redor dos sensores na pista de testes. O graute do fabricante MUNDGRAUTE também mostrou resultados satisfatórios, porém como foi utilizado apenas em 1 abertura é precipitado concluir a sua eficiência.

3.6 Restauração com RESIMIX

No item 3.5 constam os aspectos dos sensores restaurados após 30 dias de abertura para o tráfego. Após mais 10 dias de tráfego aberto verificou-se que os sensores 3Q16, 3Q18 e 3Q23 estavam demasiadamente danificados.

Os sensores 3Q16 e 3Q18 estavam restaurados com o graute LFR 1 BRANCO e no sensor 3Q23 foi utilizado o GROUTEK AN. Na Figura 58 mostra o dano causado pela passagem de tráfego no sensor 3Q16.



Figura 58 - Sensor 3Q16 danificado.

O graute LFR 1 BRANCO danificado foi retirado com o auxílio do martelo como mostra a Figura 59.



Figura 59 - Retirada do graute danificado.

O local de restauração foi limpo com vassoura, água, álcool e secado com um compressor de ar, como mostra a Figura 60. Ao redor da abertura foi protegido com fitas adesivas para que a resina não manchasse o concreto asfáltico.



Figura 60 - Limpeza do local da restauração.

Foi decidido restaurá-los com a própria resina do sensor quartzo da RESIMIX *Grouting TYP1000A1* – *Resin* (composto A), *Hardener* (composto B) e finos, como mostra a Figura 61. A metodologia de mistura e aplicação da resina foi a mesma utilizada durante a instalação do sensor quartzo.



Figura 61 - Resina, endurecedor e finos.

A mistura da resina foi feita com hélice contínua acoplada a uma furadeira, como mostra a Figura 62.



Figura 62 - Mistura da resina TYP1000A1 com finos.

A aplicação da resina é mostrada na Figura 63. Verificou-se que a trabalhabilidade dessa resina é melhor do que os outros grates e as demais resinas citadas nesse relatório.



Figura 63 - Aplicação da resina RESIMIX.

Outra comparação é o tempo de aplicação dessa resina que também é maior que as demais, possibilitando um melhor espalhamento, como mostra a Figura 64.



Figura 64 - Espalhamento da resina.

Após a secagem superficial e a retirada das fitas adesivas ao redor dos sensores, o aspecto final da resina é mostrada na Figura 65.



Figura 65 - Aspecto final do sensor 3Q16.

Para a diminuição do atrito com o pneu do caminhão, a parte restaurada foi lixada para nivelar o concreto asfáltico com a resina (Figura 66).



Figura 66 - Lixamento da restauração.

4 Restauração dos sensores cerâmicos

Assim como nos sensores quartzo, também houve danos ao redor dos sensores cerâmicos, porém com gravidade menor. Em alguns sensores foram necessárias trocas dos grautes que estavam desprendendo-se e deixando os sensores à mostra. Na Figura 67 mostra os detalhes dos danos ao redor dos sensores cerâmicos.



Figura 67 - Graute danificado do sensor cerâmico.

Os sensores cerâmicos foram restaurados pela empresa Viacom, a mesma que realizou a instalação em 2010.

No Quadro apresentado na Figura 68 consta a numeração dos sensores e os tipos de preenchimento utilizados nas aberturas.

CÓDIGO	TIPO DE PREENCHIMENTO
7C9	Plastiroc
7C10	Polyurethane
7C11	Plastiroc
7C12	Polyurethane
7C15	Plastiroc

Figura 68 - Tipo de resina utilizado em cada abertura.

Na restauração dos sensores 7C9, 7C11 e 7C15 foi utilizado o mesmo graute da instalação inicial de origem francesa composto de resina PLASTIROC GRIS ECM P5G FONCÉ e do catalisador PERKADOX CH-34RP.

Na restauração dos sensores 7C10 e 7C12 foi utilizada a composição do endurecedor POLYURETHANE HARDENER HL-200 e da resina POLYURETHANE RESIN RL-200 do fabricante IRD-PAT Traffic Inc.

A restauração iniciou-se com pequenos cortes ao redor dos sensores que tiveram o graute danificado pela passagem de tráfego, como mostra a Figura 69.



Figura 69 - Corte ao redor dos sensores cerâmicos.

Depois de realizado os cortes, são retirados os grautes danificados com marreta e talhadeira, como mostra Figura 70.



Figura 70 - Retirada dos grautes danificados.

Foi utilizado um compressor com pistola para realizar a limpeza com jato de ar em todas as aberturas antes da restauração dos grautes, como mostra a Figura 71.



Figura 71 - Limpeza do local de reposição dos grautes.

Para que o graute não escorresse no pavimento e para um melhor acabamento foram utilizadas fitas adesivas ao redor das aberturas no momento da aplicação, como mostra a Figura 72.



Figura 72 - Proteção contra vazamento.

A seguir é mostrada a metodologia de mistura para o graute PLASTIROC. O graute foi misturado pelo tempo determinado segundo recomendação do fabricante, como mostra a Figura 73. A mistura foi realizada com uma pá misturadora acoplada a uma furadeira.



Figura 73 - Mistura do graute PLASTIROC.

Com o graute PLASTIROC foi utilizado o catalisador PERKADOX CH-34RP, como mostra a Figura 74. As informações gerais do catalisador encontram-se no Anexo 4.



Figura 74 - Adição do catalisador PERKADOX CH-34RP.

Depois da adição do catalisador, a mistura é agitada por mais alguns minutos.

O graute possui curto tempo de cura. A Figura 75 mostra o momento da aplicação do graute e o acabamento feito com o auxílio de uma espátula.



Figura 75 - Aplicação do graute.

O outro tipo de graute utilizado foi o endurecedor POLYURETHANE HARDENER HL-200 e a resina POLYURETHANE RESIN RL-200, como mostra a Figura 76. A mistura também foi realizada com uma pá misturadora acoplada a uma furadeira.



Figura 76 - Mistura do endurecedor com a resina.

Logo após o tempo de mistura, foi aplicado o graute nas aberturas dos sensores 7C10 e 7C12, como mostra a Figura 77.



Figura 77 - Aplicação do graute nos sensores cerâmicos.

A espátula foi utilizada para fazer o acabamento. Após o tempo de cura são retiradas as fitas adesivas ao redor dos grautes e o aspecto final da restauração dos sensores cerâmicos encontra-se na Figura 78.



Figura 78 - Aspecto final da restauração dos sensores cerâmicos.

Para que não haja nenhum tipo de atrito com a passagem do tráfego é necessário que seja feito um acabamento com lixa. Quanto menor a diferença de nível entre o pavimento e a parte restaurada, menor a chance do graute ser arrancado do local de aplicação. O lixamento é mostrado na Figura 79.



Figura 79 - Lixamento dos sensores cerâmicos.

Se houver fissuras ao longo do contato entre o graute e o concreto asfáltico, há a possibilidade da infiltração de água e conseqüentemente a diminuição da resistência do pavimento. O ideal seria estancar esse contato com algum tipo de emulsão, como o CM-30.

5 Restauração dos sensores polímeros

Comparados com os sensores quartzo, foram poucos os sensores polímeros que necessitaram de algum tipo de restauração. Dos quatro tipos de sensores instalados na pista experimental, os polímeros foram os que tiveram menor quantidade de danos.

O desprendimento de granulares do concreto asfáltico ao redor nos sensores polímeros é mostrado na Figura 80.



Figura 80 - Deterioração do redor dos sensores polímeros.

Nas rachaduras foram utilizadas a emulsão CM-30 misturado ao granular fino, como mostra a Figura 81 e nas fissuras foram utilizadas apenas CM-30.



Figura 81 - Preenchimento com CM-30 ao redor dos sensores polímeros.

Após 30 dias de abertura para o tráfego o aspecto final das restaurações realizadas ao redor dos sensores polímeros encontra-se na Figura 82.



Figura 82 - Aspecto final da restauração do sensor polímero.

Assim como foram feito nos sensores quartzo e cerâmicos, é necessário o lixamento para evitar danificar os sensores.

6 Restauração dos sensores óticos

Todos os danos ao redor dos sensores ocorreram próximos à trilha de roda e não foi diferente com os sensores óticos. Em quantidade, foram poucos os sensores óticos afetados, porém os que sofreram algum tipo de dano tiveram gravidade maior.

Dos dezesseis sensores, três tiveram desprendimento do concreto asfáltico deixando o sensor à mostra. Todos os danos ocorreram na trilha de roda esquerda (TRE). A Figura 83 mostra o dano ocasionado com a passagem de carga no concreto asfáltico.



Figura 83 - Deterioração ao redor dos sensores óticos.

Essa abertura estava coberta com areia e ao passar o jato de ar pôde-se perceber a gravidade do dano. Desta maneira, o sensor fica exposto às intempéries, correndo o risco de danificar o próprio sensor.

Nos três sensores que foram restaurados foram realizados os mesmos procedimentos que os sensores cerâmicos. Foram utilizadas fitas adesivas para que o graute não escorresse no pavimento e para um melhor acabamento, como mostra a Figura 84.



Figura 84 - Proteção com fita adesiva nos sensores óticos.

O graute utilizado na restauração dos sensores óticos constavam com as combinação do endurecedor POLYURETHANE HARDENER HL-200 e da resina POLYURETHANE RESIN RL-200. A mistura desses componentes foi realizada com uma pá misturadora acoplada a uma furadeira.



Figura 85 - Aplicação do graute nos sensores óticos.

Após o tempo de cura do graute, é necessário um lixamento para que o tráfego de caminhões não arranque a restauração. Porém, como esse lixamento não foi feito após 30 dias de abertura para o tráfego, observou-se um descolamento das extremidades do graute restaurado, como mostra Figura 86.

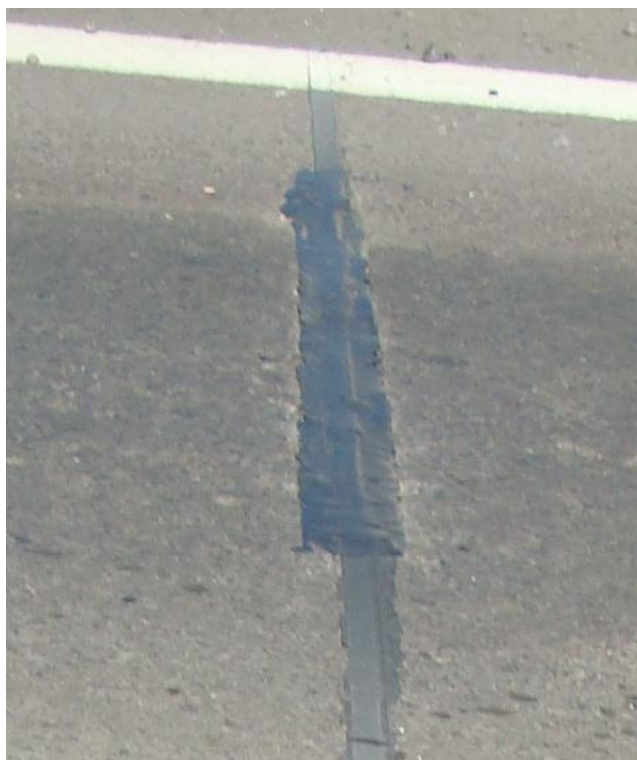


Figura 86 - Aspecto final da restauração do sensor ótico

Nas pequenas aberturas dos demais sensores óticos, foram utilizados CM-30 misturado com granular fino para impermeabilização e prevenção de danos.

7 Considerações finais

Usualmente, os sensores de pesagem em movimento são instalados em pavimentos rígidos por possuírem coeficientes de dilatação próximos às resinas que envolvem esses sensores. No caso da pesquisa realizada na pista experimental de Araranguá, os sensores foram inseridos no mesmo tipo de pavimento utilizado na rodovia local. O intuito foi analisar o comportamento do concreto asfáltico frente às solicitações exigidas em uma pesagem em movimento.

Após um período da abertura da pista para a passagem de tráfego, verificou-se o desprendimento dos materiais do concreto asfáltico, bem como, rachaduras ao redor dos sensores. Para não prejudicar as camadas inferiores do pavimento, foram realizadas intervenções de restauração nos sensores quartzo, cerâmico, polímero e ótico.

Os danos ocorridos nos sensores cerâmicos, polímeros e óticos foram menores se comparados aos sensores quartzo. A maior parte da restauração desses três sensores foi feita com a própria resina utilizada inicialmente ou, em alguns casos, foram seladas com a emulsão CM-30. Já nos sensores quartzo foram utilizados quatro tipos de grates para testar a melhor eficiência, sendo o HAGENHARD GROUT e o Groute fornecido pelo fabricante dos sensores foram o que obtiveram resultados mais satisfatórios, durante o período de análise e acompanhamento.

A deterioração do concreto asfáltico utilizado ao redor dos sensores mostra que para uma longa vida útil da interação concreto/sensor deve-se usar materiais que trabalhem a compressão e a tração em uma mesma frequência. Um pavimento comum, muitas vezes não suporta as baixas velocidades, variações de temperatura e constantes frenagens solicitadas pelos veículos que trafegam nas pistas destinadas à pesagem em movimento.

8 Referências Bibliográficas

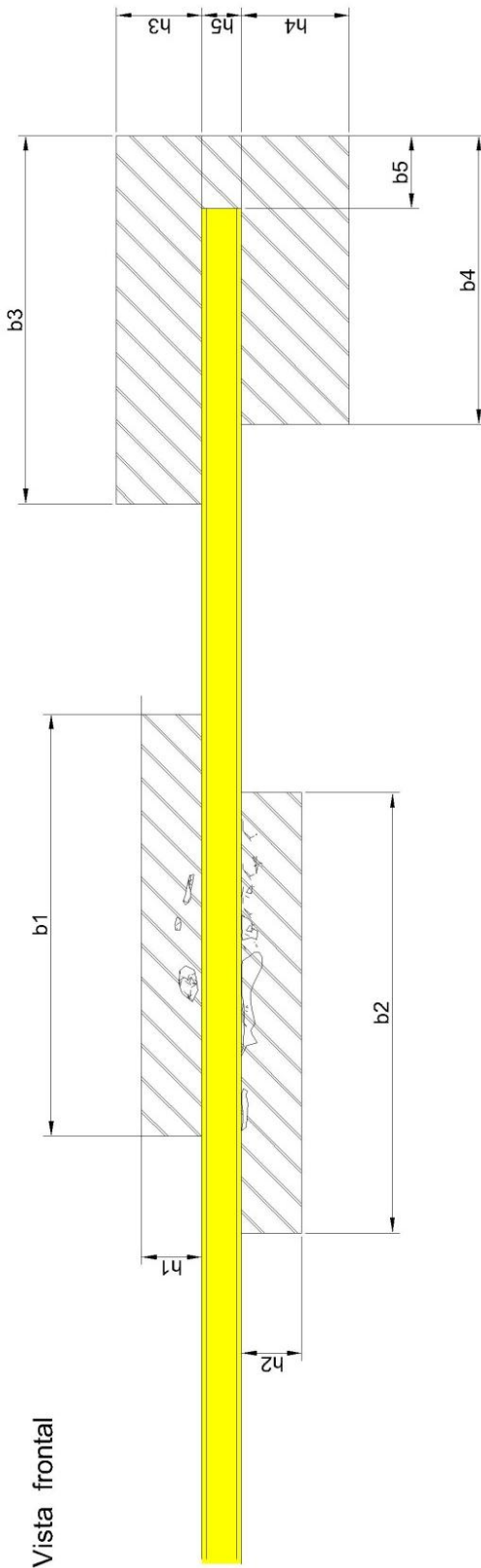
HAGEN DO BRASIL. Catálogo de produtos 2011 - Hagen-Heydt do Brasil Química Fina LTDA. Edição Maio 2011.

Homepage de Art Mundial Argamassas e Rejuntas, Disponível em http://www.artmundial.com.br/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1. Acesso em 28 de Fevereiro de 2011.

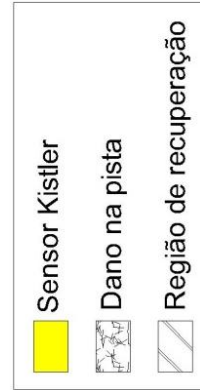
NBR 7215 (Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão). Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996.

NBR 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade). Rio de Janeiro, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

Apêndice 1 – Projeto de Recuperação da Pista



Vista lateral



Nome do Projeto:	Projeto de Recuperação da Pista		Seção:	01
Local:	BR-101 - km 418		Folha:	
Características:	Dimensões da área restaurada			
Área:		Data: 01/06/2012	Escala: 1:100	

Universidade Federal de Santa Catarina
Laboratório de Transportes e Logística
Comportamento Mecânico do Pavimento

Anexo A – Ficha Técnica - Groutek LFR 1 Branco

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE		Código: 211-06-0
	FICHA TÉCNICA		Página: 1 / 2
	PRODUTO: GROUTEK LFR 1 BRANCO		Revisão: 02
			Data: 30/08/2010

ARGAMASSA NÃO CONTRÁTIL (GRAUTE) DE ALTA RESISTÊNCIA INICIAL

Descrição do produto

GROUTEK LFR 1 BRANCO é um composto em pó, isento de cloretos e de ferro, constituído de cimento, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos convenientemente dosados.

Características

Pó cinza claro.

Efeitos principais e vantagens

- Resistências mecânicas elevadas tanto nas idades iniciais como nas finais.
- Resistência mecânica ultra-rápida, superior a 35 MPa, a partir de 2 horas, juntamente com o **GROUTEK LFR** são os únicos grautes de base cimentícia com esta característica, permitindo rápida liberação da peça grauteada.
- Retração compensada, reduzindo o risco de fissuração e permitindo a perfeita e completa superposição do elemento estrutural sobre o graute.
- Boa aderência às superfícies de concreto ou metálicas.

Efeitos secundários

- Baixa permeabilidade.
- Boa resistência ao impacto, flexão e torção.

Aplicação

- Reparo em estruturas de concreto.
- Juntas de pavimentos: - rodoviários, portuários ou aeroportos, viadutos e pontes.
- Fixação de equipamentos pesados e/ou com grandes esforços dinâmicos.
- Grauteamento em áreas de difícil acesso.
- Grauteamento de elementos estruturais.
- Fixação de colunas de pré-moldados e metálicas e de parafusos de ancoragem.
- Ligação e colagem de partes de pré-moldados.

Modo de usar

- Identificados os locais para receber o graute, estimar a quantidade exata para que não haja perdas de material.
- Montar as formas com cuidado, cuidando-se para serem perfeitamente estanques.
- A superfície que estará em contato com o **GROUTEK LFR1 BRANCO** deve estar limpa, áspera e isenta de partículas soltas, óleo, graxas ou algum agente químico. Recomenda-se que com 24 horas de antecedência a base a ser grauteada esteja umedecida, porém não com água na superfície.
- Utilizar os equipamentos corretos para a preparação da mistura e para isso a **HAGEN® DO BRASIL** fornece aos seus clientes, uma hélice contínua que pode ser acoplada a uma furadeira e assim proporcionar uma mistura mais homogênea e fluida.

Este documento poderá ser revisado a qualquer tempo, sem informe prévio. Consulte nosso site: www.hagendobrasil.com.br

A-PLAB-007-00

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE		Código: 211-06-0
	FICHA TÉCNICA		Página: 2 / 2
	PRODUTO: GROUTEK LFR 1 BRANCO		Revisão: 02
			Data: 30/08/2010

- Em quantidade maior, **GROUTEK LFR1 BRANCO** deve ser preparado, de preferência, em betoneira, o mais perto possível do local de aplicação. Coloca-se primeiramente a água total requerida. Em seguida, colocar lentamente todo o produto, deixando misturar até homogeneização, misturando tudo por, no mínimo, 4 minutos.
- A quantidade de água total por saco de 25 kg é de 2,5 litros até 2,85 litros.
- A quantidade de água utilizada para a preparação do **GROUTEK LFR1 BRANCO** varia em função da fluidez desejada (Consistência fluida: 2,85 litros de água para 25 kg de **GROUTEK LFR1 BRANCO** e consistência plástica: 2,5 litros de água para 25 kg de **GROUTEK LFR 1 BRANCO**). Quanto mais água maior é a fluidez e **menor** é a resistência.
- Não deve ser preparado em quantidades muito grandes que coloquem em risco o tempo útil de aplicação de 10 minutos a 25 °C.

Consumo aproximado

2.200 kg/m³ de graute preparado.

1.600 kg/m³ de graute preparado, quando misturado ao pedrisco na proporção 12,5 Kg de pedrisco para cada saco de **GROUTEK LFR1 BRANCO**.

Embalagem

Saco plástico valvulado de 25 Kg.

Armazenamento e validade

Até 3 meses da data de fabricação, na embalagem lacrada, protegida de intempéries e armazenada em local seco e ventilado sobre paletes.

Instruções de segurança

Consultar FISPQ.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (NBR 7215)

IDADE	RESISTÊNCIA MÉDIA À COMPRESSÃO (MPa)
1 hora	30
2 horas	40
24 horas	50
28 dias	60

Este documento poderá ser revisado a qualquer tempo, sem informe prévio. Consulte nosso site: www.hagendobrasil.com.br

A-PLAB-007-00

Anexo B – Ficha Técnica - Hagenhard Grout

	SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO		Código: 853-49-0
	FICHA TÉCNICA		Página: 1 / 2
	PRODUTO: HAGENHARD GROUT		Revisão: 00 Data: 17/06/2011

GROUT EPÓXI FLUIDO DE ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA E QUÍMICA.

Descrição do produto

É uma argamassa à base de resina epóxi e tri componente para injeção em trincas e fissuras em estruturas de concreto.

Características

- Relação em peso entre os componentes A, B e C – 2,8 : 1,2 : 16,0.
- Argamassa cinza escuro de consistência fluida.
- Densidade da mistura – 2,0 Kg / l.
- Pot Life – 60 a 90 minutos (a 25 °C)
- Resistência à compressão determinada conforme NBR 7215 superior a 60 MPa com 24 horas e superior a 70 MPa com 72 horas.
- Base química principal – Resina epóxi.
- Fácil de usar, pré dosado.

Efeitos principais e vantagens

- Alta aderência, sem retração, o que permite perfeito contato entre as superfícies, funcionando como adesivo estrutural.
- Endurecimento rápido.
- Evita a penetração dos agentes agressivos .
- Alta aderência em superfícies cimentícias úmidas sem empoçamento de água.
- Elevada resistência mecânica à compressão (iniciais e finais).

Campo de aplicação

- **HAGENHARD GROUT** é indicado para ancoragens de barras, tirantes e chumbadores.
- Grauteamento de equipamentos com forte vibração e impacto, máquinas e estruturas.
- Base de equipamentos pesados.
- Base de turbinas, geradores, motores etc.
- Reparos monolíticos.
- Pode ser aplicado como argamassa fluida sobre superfícies de concreto ou aço.
- Reconstituição de pavimentos rígidos de concreto e juntas de dilatação.

Aplicação do produto

- Ao se aplicar o **HAGENHARD GROUT** em superfície úmida é conveniente passar um primer (Comp. A + B nas proporções da mistura indicada).
- A colocação pode ser feita por derramamento do **HAGENHARD GROUT** em espessura máxima em 10 cm por camada.
- Para o grauteamento sob bases, o espaço mínimo a ser preenchido é de 2,5 cm.

Observação importante: Dosagens, métodos de aplicação, consumos e resultados foram determinados baseados em testes realizados pela HAGEN® DO BRASIL em condições especiais de laboratório, com materiais selecionados e temperatura controlada e tem caráter restrito ao desenvolvimento dos produtos, não sendo atestado tácito ou explícito de desempenho em situação de campo ou obra. Cabe ao cliente ou à sua ordem confirmar, aprovar e validar seus traços / produtos, métodos executivos, qualificar seus insumos e pessoal de aplicação, seja por si próprio ou por terceiros.

Este documento poderá ser revisado a qualquer tempo, sem informe prévio. Consulte nosso site: www.hagendobrasil.com.br

A-PLAB-007-00

	SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO		Código: 853-49-0
	FICHA TÉCNICA		Página: 2 / 2
	PRODUTO: HAGENHARD GROUT		Revisão: 00
			Data: 17/06/2011

Modo de usar

- **Preparo da Superfície:**

O local onde será aplicado o produto deverá estar limpo, através de raspagem ou escova de aço, para então limpar com jato de ar comprimido.

- **Preparo do HAGENHARD GROUT:**

Colocar o Componente A em um balde de 20 litros, em seguida, adicionar o componente B no mesmo.

Com agitador eletro mecânico misturar os componentes (A+B) com baixa rotação por cerca de 4 minutos.

Adicionar ao componente (A+B), previamente misturado no balde, o Componente C lentamente, e com agitação alta por cerca de 6 minutos.

Aplicar o produto.

Obs.: Os equipamentos utilizados no preparo e na aplicação do produto devem ser limpos com álcool.

Consumo aproximado

O consumo aproximado é de 2.000 kg/m³

Embalagem

Conjunto com 20 Kg.

Armazenamento e validade

O produto deve ser armazenado em local seco, fresco e arejado, protegido das intempéries e nas embalagens originais lacradas. Válido por 12 meses após a data de fabricação com armazenamento adequado.

Instruções de segurança

Consultar FISPQ.

Observação importante: Dosagens, métodos de aplicação, consumos e resultados foram determinados baseados em testes realizados pela HAGEN® DO BRASIL em condições especiais de laboratório, com materiais selecionados e temperatura controlada e tem caráter restrito ao desenvolvimento dos produtos, não sendo atestado tácito ou explícito de desempenho em situação de campo ou obra. Cabe ao cliente ou à sua ordem confirmar, aprovar e validar seus traços / produtos, métodos executivos, qualificar seus insumos e pessoal de aplicação, seja por si próprio ou por terceiros.

Este documento poderá ser revisado a qualquer tempo, sem informe prévio. Consulte nosso site: www.hagendobrasil.com.br

A-PLAB-007-00

Anexo C – Ficha Técnica – Groutek AN

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE		Código: 211-02-0
	FICHA TÉCNICA		Página: 1 / 2
	PRODUTO: GROUTÉK AN		Revisão: 02
			Data: 30/08/2010

ARGAMASSA NÃO CONTRÁTIL (GRAUTE) AUTONIVELANTE E DE ALTA RESISTÊNCIA

Descrição do produto

GROUTÉK AN é um composto em pó, isento de cloretos e de ferro, constituído de cimento, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos convenientemente dosados.

Características

Pó cinza claro.

Efeitos principais e vantagens

- Resistências mecânicas elevadas tanto nas idades iniciais como nas finais.
- Resistência mecânica rápida, superior a 30 MPa, a partir de 24 horas, permitindo rápida liberação da peça grauteada.
- Retração compensada, reduzindo o risco de fissuração e permitindo a perfeita e completa superposição do elemento estrutural sobre o graute.
- Boa aderência às superfícies de concreto ou metálicas.

Efeitos secundários

- Baixa permeabilidade.
- Boa resistência ao impacto, flexão e torção.

Aplicação

- Reparo em estruturas de concreto.
- Juntas de pavimentos: - rodoviários, portuários ou aeroportos, viadutos e pontes.
- Fixação de equipamentos pesados e/ou com grandes esforços dinâmicos.
- Grauteamento em áreas de difícil acesso.
- Grauteamento de elementos estruturais.
- Fixação de colunas de pré-moldados e metálicas e de parafusos de ancoragem.
- Ligação e colagem de partes de pré-moldados.
- Chumbamento de tubulações passantes nas estruturas de concreto.

Modo de usar

- Identificados os locais para receber o graute, estimar a quantidade exata para que não haja perdas de material.
- Montar as formas com cuidado, cuidando-se para serem perfeitamente estanques.
- A superfície que estará em contato com o **GROUTÉK AN** deve estar limpa, áspera e isenta de partículas soltas, óleo, graxas ou algum agente químico. Recomenda-se que com 24 horas de antecedência a base a ser grauteada esteja umedecida, porém não com água na superfície.
- Utilizar os equipamentos corretos para a preparação da mistura e para isso a **HAGEN® DO BRASIL** fornece aos seus clientes, uma hélice contínua que pode ser acoplada a uma furadeira e assim proporcionar uma mistura mais homogênea e fluida.
- Em quantidade maior, **GROUTÉK AN** deve ser preparado, de preferência, em betoneira, o mais perto possível do local de aplicação. Coloca-se primeiramente a água total requerida.

Este documento poderá ser revisado a qualquer tempo, sem informe prévio. Consulte nosso site: www.hagendobrasil.com.br

A-PLAB-007-00

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE		Código: 211-02-0
	FICHA TÉCNICA		Página: 2 / 2
	PRODUTO: GROUTTEK AN		Revisão: 02
			Data: 30/08/2010

Em seguida, colocar lentamente todo o produto, deixando misturar até homogeneização, misturando tudo por, no mínimo, 4 minutos.

- A quantidade de água total por saco de 25 kg é de 2,5 a 2,85 litros dependendo da plasticidade requerida.
- Não deve ser preparado em quantidades muito grandes que coloquem em risco o tempo útil de aplicação de 30 minutos a 25 °C.

Consumo aproximado

2.200 kg/m³ de graute preparado.

1.600 kg/m³ de graute preparado, quando misturado ao pedrisco na proporção 12,5 Kg de pedrisco para cada saco de **GROUTTEK AN**.

Embalagem

Saco plástico valvulado de 25 Kg.

Armazenamento e validade

Até 3 meses da data de fabricação, na embalagem lacrada, protegida de intempéries e armazenada em local seco e ventilado sobre paletes.

Instruções de segurança

Consultar FISPQ.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (NBR 7215)

IDADE (dias)	RESISTÊNCIA MÉDIA À COMPRESSÃO (MPa)
1	30
3	40
7	50
28	60

Este documento poderá ser revisado a qualquer tempo, sem informe prévio. Consulte nosso site: www.hagendobrasil.com.br

A-PLAB-007-00

Anexo D – Ficha Técnica – Perkadox CH 34RP

Anexo C – Ficha Técnica – Groutek AN

Product Data Sheet

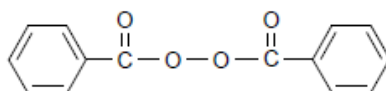


AkzoNobel
Tomorrow's Answers Today

Perkadox® CH-34RP

Product description

Dibenzoyl peroxide, powder, 34% with dicyclohexyl phthalate and inert filler



CAS No. : 94-36-0
EINECS/ELINCS No. : 202-327-6
TSCA status : not listed on inventory

Specifications

Appearance : white, free flowing powder
Assay : 32.0-35.0%

Characteristics

Bulk density, 20°C : 0.78 g/cm³

Storage

Due to the relatively unstable nature of organic peroxides a loss of quality can be detected over a period of time. To minimize the loss of quality, AkzoNobel recommends a maximum storage temperature (T_s max.) for each organic peroxide.

For *Perkadox* CH-34RP T_s max. = 25°C

When stored under the recommended storage conditions, *Perkadox* CH-34RP will remain within the AkzoNobel specifications for a period of at least 6 months after delivery.

Thermal stability

Organic peroxides are thermally unstable substances, which may undergo self-accelerating decomposition. The lowest temperature at which self-accelerating decomposition of a substance in the original packaging may occur is the Self-Accelerating Decomposition Temperature (SADT). The SADT is determined on the basis of the Heat Accumulation Storage Test.

For *Perkadox* CH-34RP SADT : 55°C

The Heat Accumulation Storage Test is a recognized test method for the determination of the SADT of organic peroxides (see Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria - United Nations, New York and Geneva).

Major decomposition products

Carbon dioxide, benzoic acid, benzene, diphenyl, phenylbenzoate

Packaging and transport

The standard packaging is a non-returnable cardboard box of 25 kg net.

Both packaging and transport meet the international regulations. For the availability of other packed quantities contact your AkzoNobel representative.

Perkadox CH-34RP is classified as non-dangerous good according to national and international transport regulations.

TS 61064.03/August 2008
Page 1 of 4

Safety and handling

Keep containers tightly closed. Store and handle *Perkadox* CH-34RP in a dry well-ventilated place away from sources of heat or ignition and direct sunlight. Never weigh out in the storage room.

Avoid contact with reducing agents (e.g. amines), acids, alkalis and heavy metal compounds (e.g. accelerators, driers and metal soaps).

Please refer to the Material Safety Data Sheet (MSDS) for further information on the safe storage, use and handling of *Perkadox* CH-34RP. This information should be thoroughly reviewed prior to acceptance of this product.

The MSDS is available at www.akzonobel.com/polymer.

Applications

Perkadox CH-34RP is a non-caking, fine, granular powder with excellent free flowing properties.

Perkadox CH-34RP is used for the curing of unsaturated polyester resins and (meth)acrylic resins at ambient and elevated temperatures.

At temperatures up to 80°C, *Perkadox* CH-34RP should be used in combination with an aromatic tertiary amine accelerator, above 80°C the use of an accelerator is not required.

Perkadox CH-34RP is easy to handle, easy to disperse and dissolves very quickly in unsaturated polyester resins and (meth)acrylic resins.

Perkadox CH-34RP does not dissolve clearly in the resin system and is therefore not applicable for the production of cured parts when a high degree of transparency is required.

The curing system *Perkadox* CH-34RP/amine accelerator shows a very fast cure that is hardly influenced by humidity and fillers. Even at low temperatures a relatively good cure will be obtained.

For ambient temperature curing the following amine accelerators are available to adjust the gel time and speed of cure of the cure system based on *Perkadox* CH-34RP:

- Accelerator NL-65-100 (N,N-Dimethyl-p-toluidine) for short gel times
- Accelerator NL-63-100 (N,N-Dimethylaniline) for medium gel times
- Accelerator NL-64-100 (N,N-Diethylaniline) for long gel times

Dosing

Depending on working conditions, the following peroxide and accelerator dosage levels are recommended:

<i>Perkadox</i> CH-34RP	3 - 6 phr*
Amine accelerator	0.1 - 0.5 phr

* phr = parts per hundred resin

Cure Characteristics

In a high reactive standard orthophthalic polyester resin the following application characteristics were determined.

Gel times at 20°C

UP resin	100	100	100	100	100	100	100
Perkadox CH-34RP	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Accelerator NL-63-100	0.1	0.4					
Accelerator NL-64-100			0.1	0.5			
Accelerator NL-65-100					0.05	0.1	0.4
Gel time (minutes)	22	6	160	20	20	5	1

Cure of 1 mm pure resin layer at 20°C

The speed of cure is expressed as the time to reach a Persoz hardness of respectively 30, 60 and 120 s.

	Persoz: 30	60	120 s
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.1 phr Acc. NL-63-100	0.5	0.8	2 h
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.4 phr Acc. NL-63-100			<0.5 h
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.5 phr Acc. NL-64-100		0.5	1 h
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.5 phr Acc. NL-65-10P	1	2.5	14 h
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.1 phr Acc. NL-65-100			0.5 h

Cure of 4 mm laminates at 20°C

4 mm laminates have been made with 450 g/m² glass chopped strand mat. The glass content in the laminates is 30% (w/w).

The following parameters were determined:

- Time-temperature curve
- Speed of cure expressed as the time to achieve a Barcol hardness (934-1) of 0-5 and 25-30 respectively.
- Residual styrene content after 24h at 20°C and a subsequent postcure of 8 h at 80°C.

	Gel time min.	Time to Peak min.	Peak exotherm °C
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.1 phr Acc.NL-63-100	24	31	99
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.5 phr Acc.NL-64-100	21	26	140
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.5 phr Acc.NL-65-10P	28	35	64

	Barcol 0-5 h	25-30 h	Res. styrene 24 h 20°C %	+8 h 80°C %
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.1 phr Acc.NL-63-100		<1	3.2	1.0
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.5 phr Acc.NL-64-100		<<1	2.9	2.1
4.5 phr Perkadox CH-34RP + 0.5 phr Acc.NL-65-10P	1	8.5	6.6	0.8

Pot life at 20°C

Pot lives were determined of a mixture of *Perkadox* CH-34RP and a non-preaccelerated UP resin at 20°C.

4.5 phr *Perkadox* CH-34RP 21 days

Solubility

Perkadox CH-34RP is insoluble in water.

Perkadox is a registered trademark of Akzo Nobel Chemicals B.V. or affiliates in one or more territories.

All information concerning this product and/or suggestions for handling and use contained herein are offered in good faith and are believed to be reliable. AkzoNobel Polymer Chemicals, however, makes no warranty as to accuracy and/or sufficiency of such information and/or suggestions, as to the product's merchantability or fitness for any particular purpose, or that any suggested use will not infringe any patent. Nothing contained herein shall be construed as granting or extending any license under any patent. Buyer must determine for himself, by preliminary tests or otherwise, the suitability of this product for his purposes. The information contained herein supersedes all previously issued bulletins on the subject matter covered. The user may forward, distribute, and/or photocopy this document only if unaltered and complete, including all of its headers and footers, and should refrain from any unauthorized use. You may not copy this document to a website.

Akzo Nobel Polymer Chemicals B.V.
Amersfoort, The Netherlands
Tel. +31 33 467 6767
Fax +31 33 467 6151
polymerchemicals.nl@akzonobel.com

Akzo Nobel Polymer Chemicals LLC
Chicago, U.S.A.
Tel. +1 312 544 7000
1 800 828 7929 (Toll free US only)
Fax +1 312 544 7188
polymerchemicals.na@akzonobel.com

Akzo Nobel (Asia) Co., Ltd.
Shanghai, PR China
Tel. +86 21 6279 3399
Fax +86 21 6247 1129
polymerchemicals.ap@akzonobel.com

www.akzonobel.com/polymer

© 2005-2008 AkzoNobel Polymer Chemicals

TS 61064.03/August 2008
Page 4 of 4

