

Evolução do Projeto,
Construção e Manutenção
do **Pavimento de Concreto**



Célula da Cadeia do Concreto



VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE PAVIMENTO DE CONCRETO

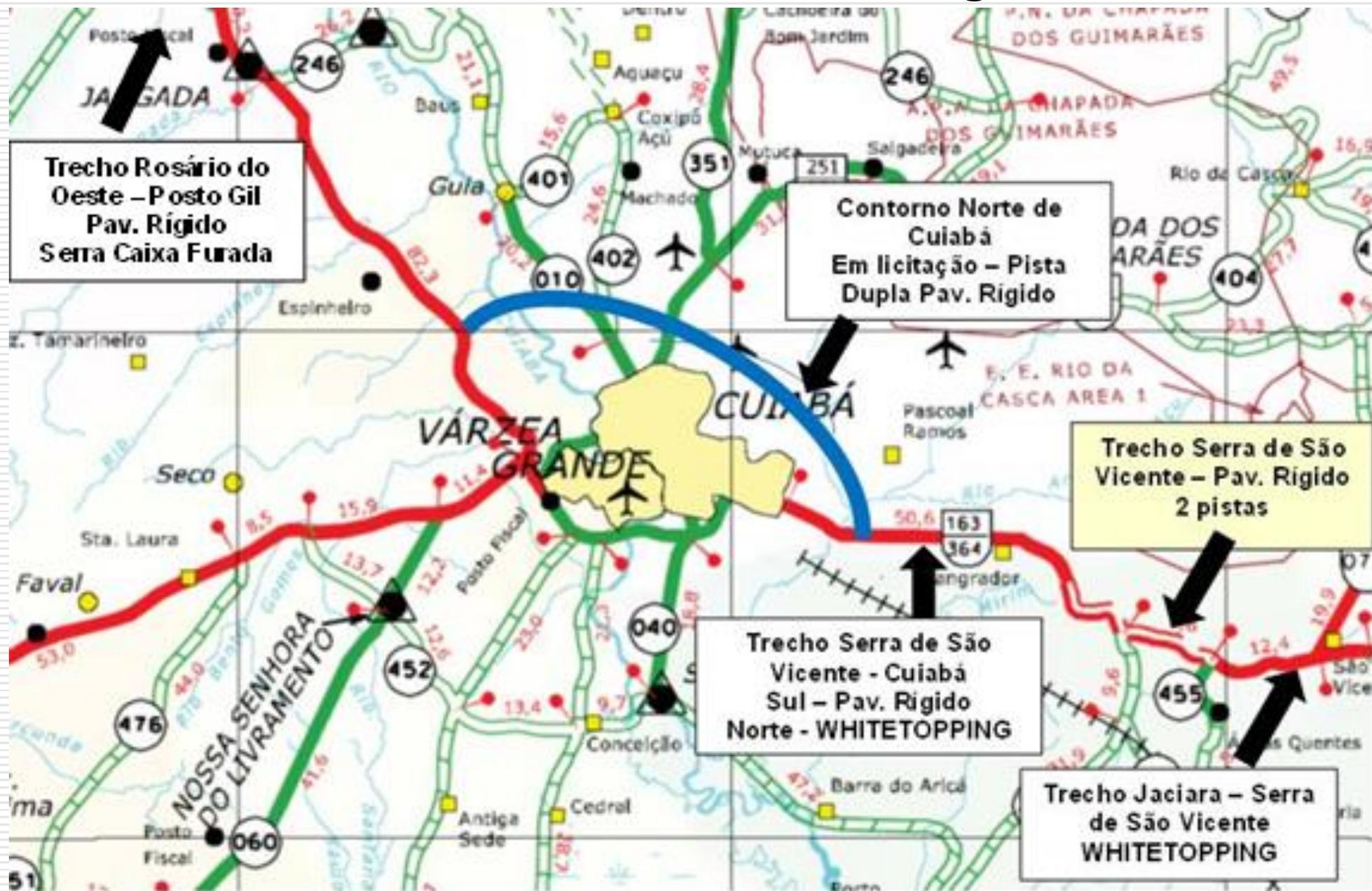
Eng. Consultor **Marcílio Augusto Neves**

SUMÁRIO

- 1. Introdução – Como tudo começou**
- 2. Casos de Obras com viabilidade de Pavimento Rígido**
- 3. Estudo Econômico de Pavimento Rígido para RIS - para TCU**
- 4. Estudo Técnico de Alternativas – para TCU**
- 5. Viabilidade do Pavimento Rígido – Conclusões e Recomendações**

1. Introdução – Como tudo começou

BR-163/364/MT – Pavimentos Rígidos



BR-163/364/MT – Pavimentos Rígidos



COMO TUDO COMEÇOU...

RDC da Rodovia BR-163/MT Trecho Jaciara - Serra de São Vicente

- ❑ **Obra de Duplicação e Restauração**
- ❑ **Edital de RDC Integrado – Solução de Pavimento Semi-Rígido**

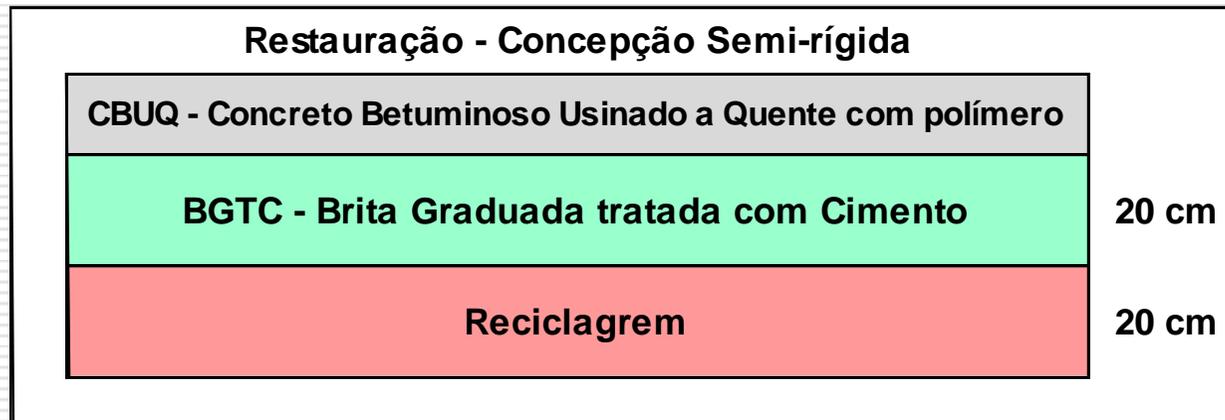
- ❑ **Número N 10 anos = $2,54 \times 10^8$**
- ❑ **Pista Nova – Pavimento Semi-Rígido**

Concepção de Pavimento Semi-rígido	
CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente com polímero	12,5 cm
BGTC - Brita Graduada tratada com Cimento	20 cm
Sub-base de Solo estabilizado granulometricamente	20 cm

COMO TUDO COMEÇOU...

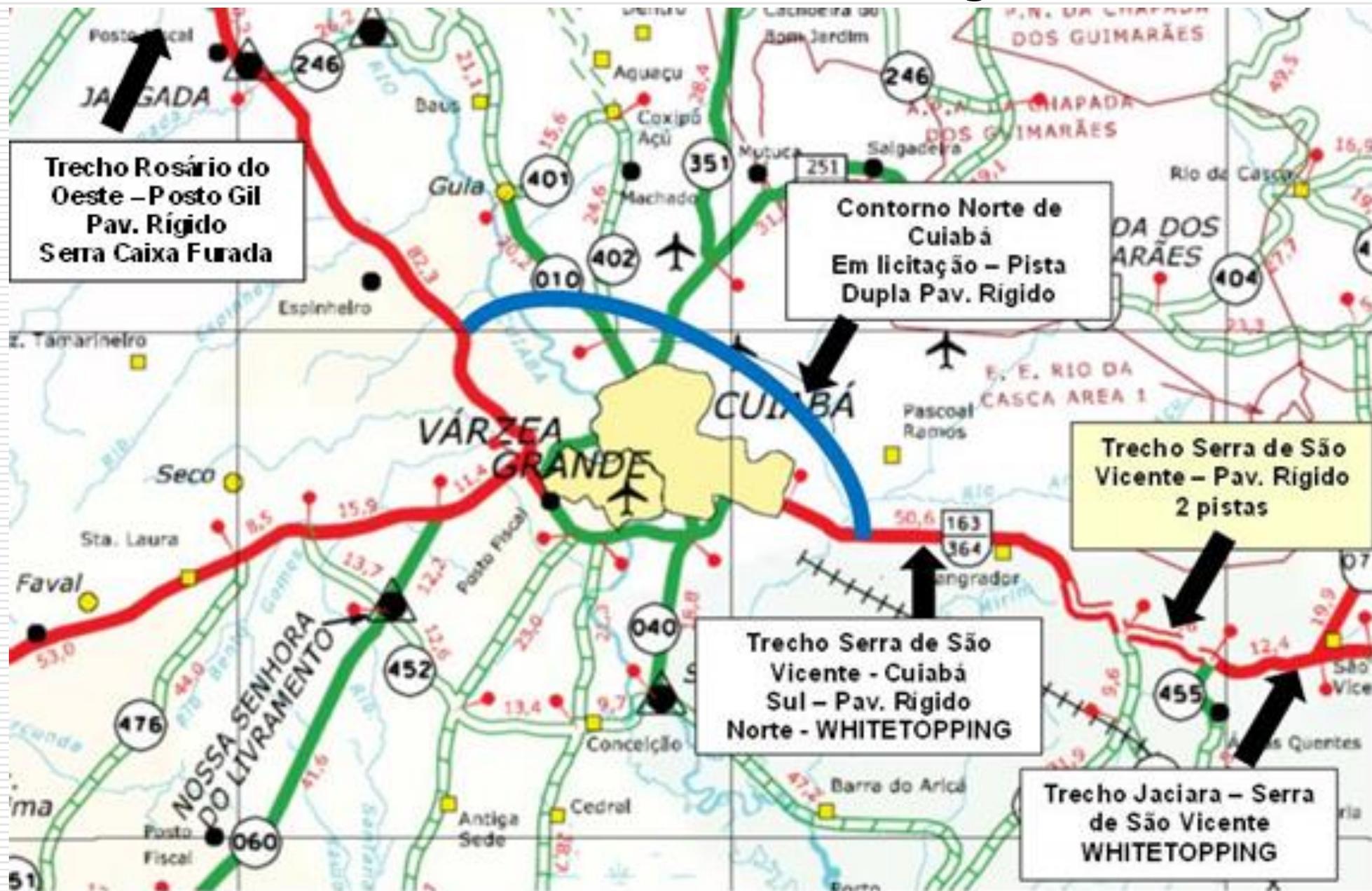
RDC da Rodovia BR-163/MT Trecho Jaciara - Serra de São Vicente

- ❑ Restauração do Pavimento Existente
- ❑ Concepção Semi-Rígida
- **Reciclagem + BGTC + CBUQ polímero 14 cm**



- ❑ **Estudo Econômico de Alternativa em WHITETOPPING**
 - **Pavimento Rígido (Whitetopping) mais econômico**
-

BR-163/364/MT – Pavimentos Rígidos



BR-163/MT Jaciara - Serra de São Vicente

Restauração da Pista Sul - WHITETOPPING

WHITETOPPING

Acostamento

2,5 m

Pista de rolamento

7,2 m

FS

1,0 m

Placas de Concreto - 20 cm

Reciclagem de base com
incorporação de
revestimento - 20 cm

Revestimento existente

Base e sub-base existente

BR-163/MT Jaciara - Serra de São Vicente Estado do pavimento antes do Whitetopping



BR-163/MT Jaciara - Serra de São Vicente Whitetopping executado 67 km

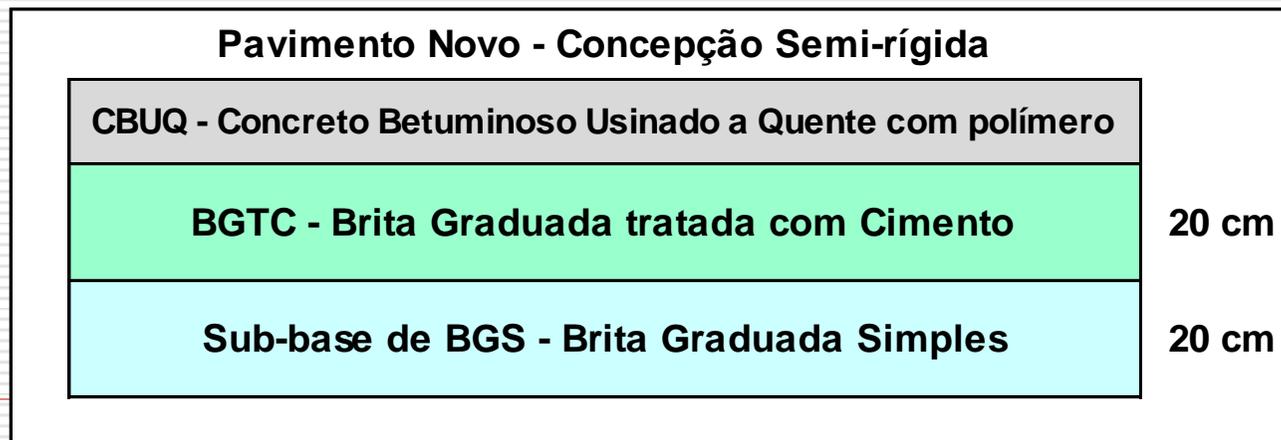


Outro caso...

RDC da Rodovia BR-163/MT Trecho Serra de São Vicente - Cuiabá

- ❑ **Obra de Duplicação e Restauração**
- ❑ **Edital de RDC Integrado – Solução de Pavimento Semi-Rígido**

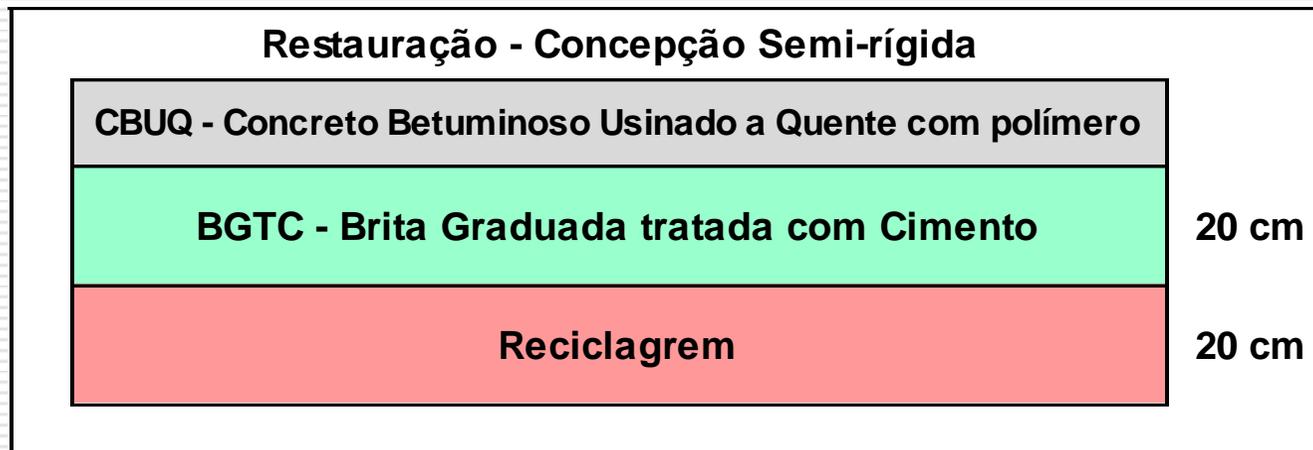
- ❑ **Número N 10 anos**
 - **Pista Sul (Soja para porto seco) = $3,48 \times 10^8$**
 - **Pista Norte = $1,89 \times 10^8$**
- ❑ **Pista Nova – Pavimento Semi-Rígido**



Outro caso...

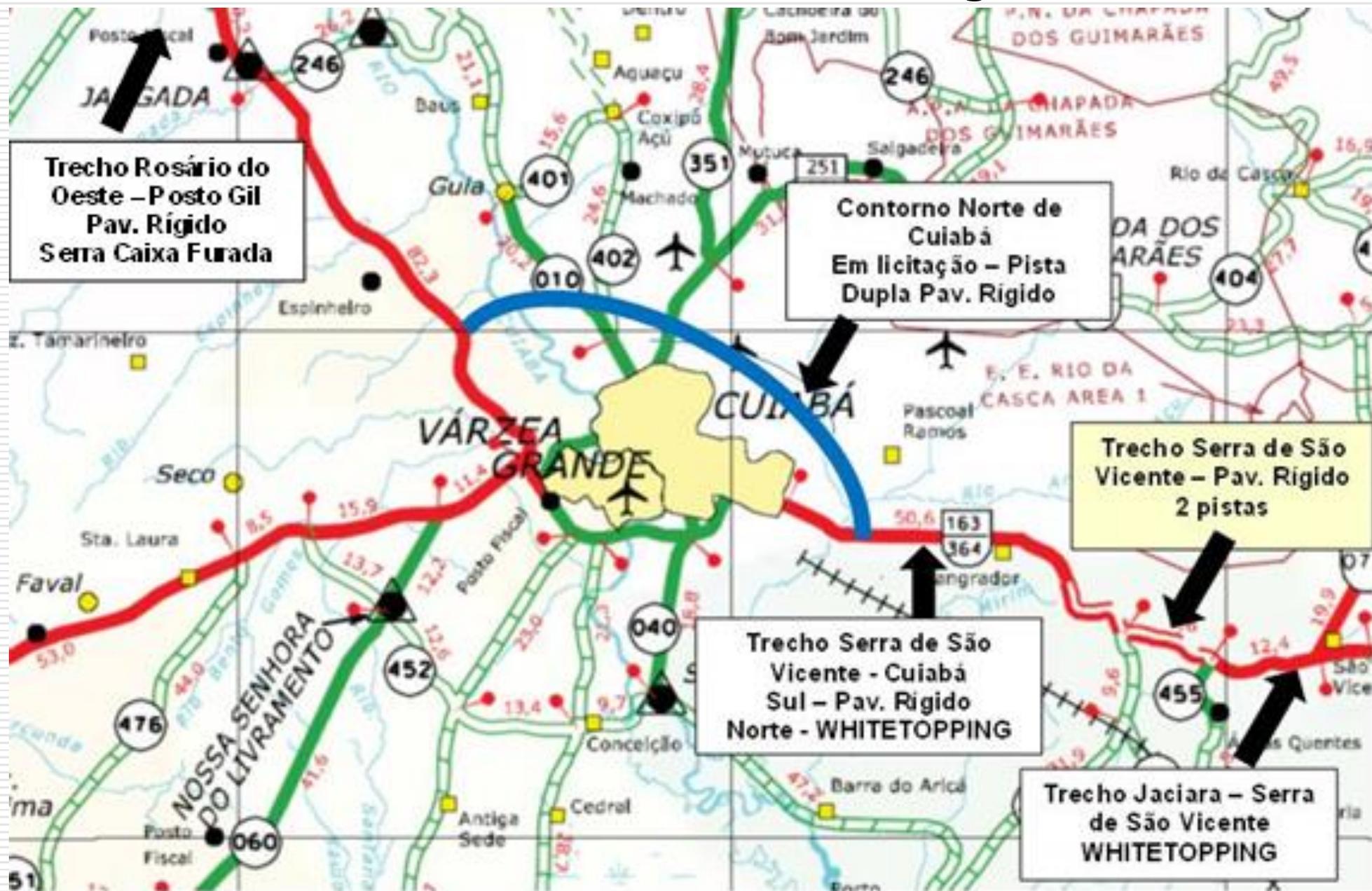
RDC da Rodovia BR-163/MT Trecho Serra de São Vicente - Cuiabá

□ Restauração da pista existente – Pavimento Semi-Rígido



- Estudo Econômico de Alternativa de Pavimento Rígido
 - Pista Nova
 - E WHITETOPPING
 - Pavimento Rígido (Whitetopping) mais econômico
-

BR-163/364/MT – Pavimentos Rígidos



BR-163/MT Serra de São Vicente – Cuiabá

Pavimento Novo - Pista Sul

PAVIMENTO RÍGIDO NOVO

Acostamento	Pista de rolamento	FS
2,5 m	7,2 m	1,0 m

Placas de Concreto - 23 cm

Sub-base 2 de CCR - Concreto compactado com rolo - 10 cm

Sub-base 1 de Solo granular melhorado com cimento - 20 cm

Subleito ruim - ISC = 2%

BR-163/MT Serra de São Vicente – Cuiabá

Restauração da Pista Norte WHITETOPPING

WHITETOPPING

Acostamento

2,5 m

Pista de rolamento

7,2 m

FS

1,0 m

Placas de Concreto - 21 cm

**Reciclagem de base com
incorporação de
revestimento e adição de
brita e cimento - 20 cm**

Revestimento existente

Base e sub-base existente

BR-163/MT Serra de São Vicente – Cuiabá – Pista Sul Pavimento de Concreto em execução

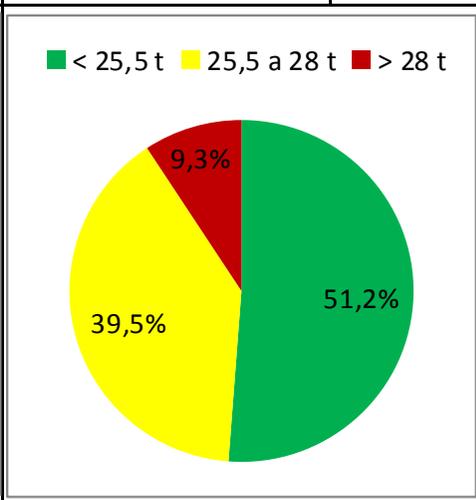
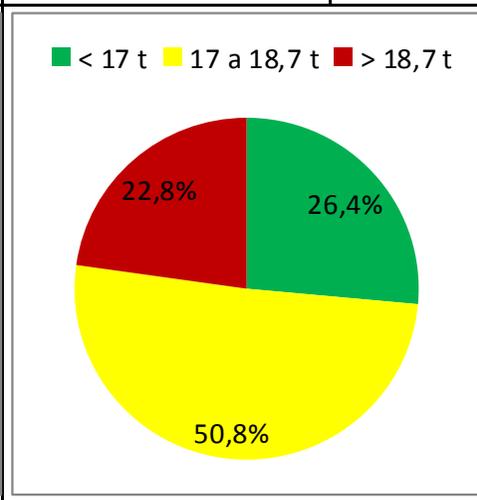
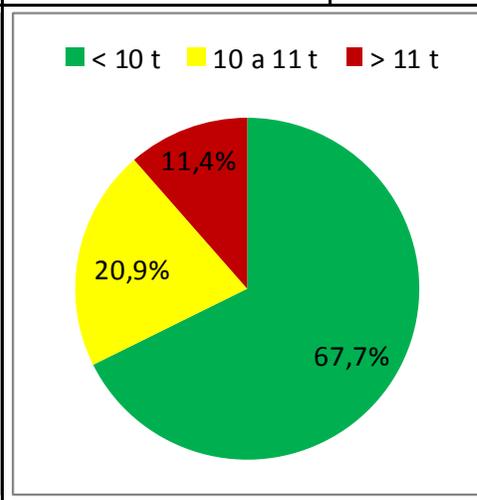
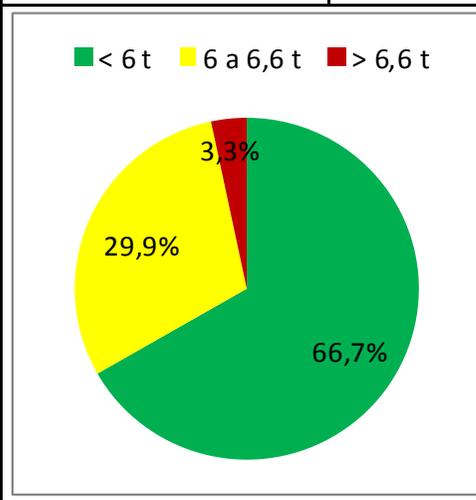


BR-163/MT – Pesagens de Eixos - 20 mil caminhões – Pista Sul

ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

Rodovia: **BR-163/MT** Balança: **Todas as Pesagens** Sentido: **Sul**

Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	66,7%	Sem excesso	< 10 t	67,7%	Sem excesso	< 17 t	26,4%	Sem excesso	< 25,5 t	51,2%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	29,9%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	20,9%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	50,8%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	39,5%
Com excesso	> 6,6 t	3,3%	Com excesso	> 11 t	11,4%	Com excesso	> 18,7 t	22,8%	Com excesso	> 28 t	9,3%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%



Outros Trechos executados com Pavimento Rígido na Região

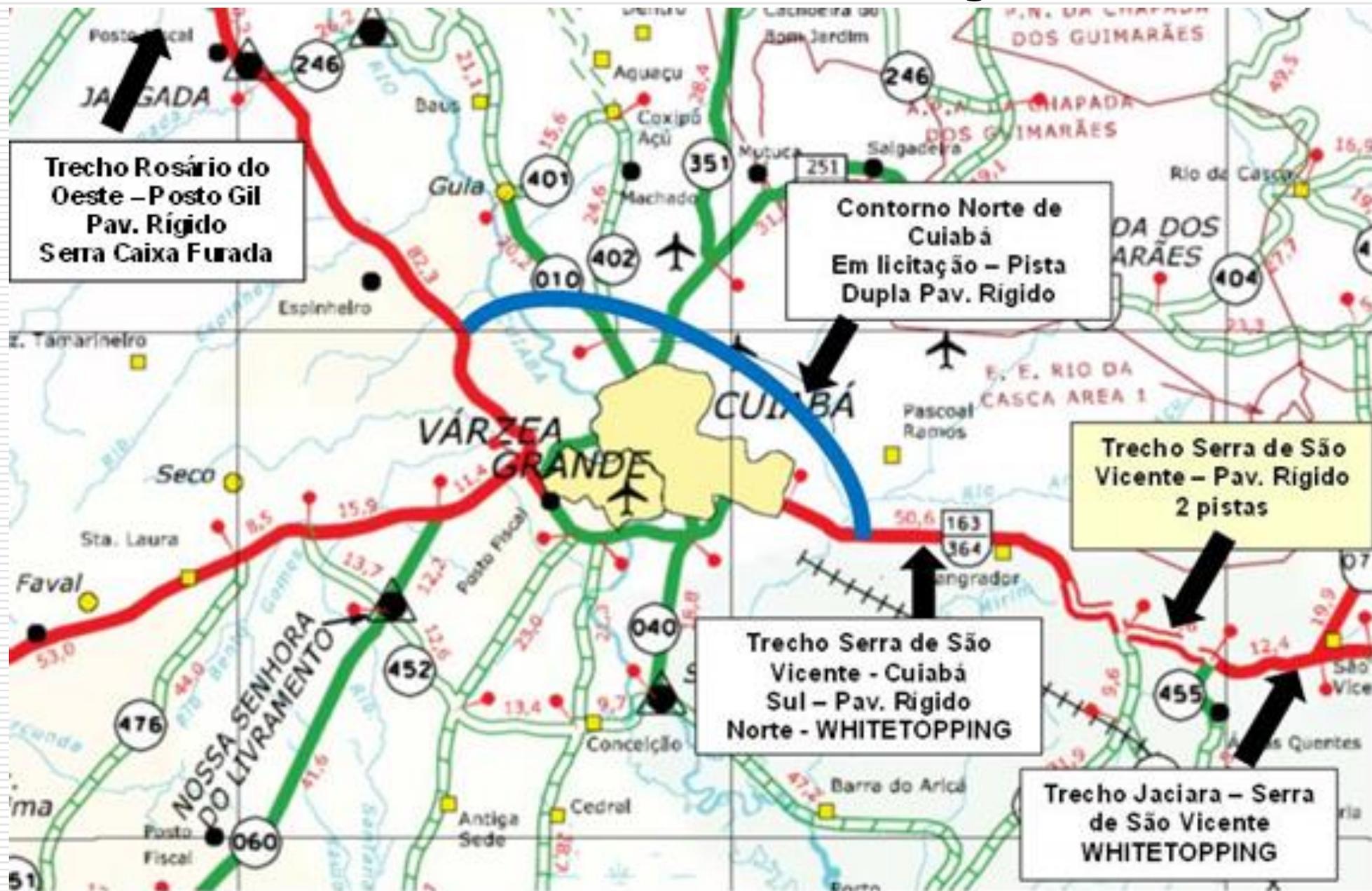
- ❑ **Duplicação da BR-163/364/MT trecho da Serra da Serra de São Vicente** – Obra da Delta – Projeto ABCP:

Placa de concreto com espessura de 24 cm;
Sub-base 2 de concreto rolado (CCR), com 10 cm de espessura;
Sub-base 1 com uma camada de BG (Brita Graduada), com 10 cm de espessura;
Subleito com ISC baixo.

- ❑ **Duplicação da BR-163/364/MT trecho Rosário do Oeste e Posto Gil** – Projeto da ECOPLAN:

Placa de concreto com espessura de 24 cm;
Sub-base 2 de concreto rolado (CCR), com 10 cm de espessura;
Sub-base 1 granular de BGS (Brita Graduada), com 10 cm de espessura;
Subleito com ISC característico de 4%.

BR-163/364/MT – Pavimentos Rígidos



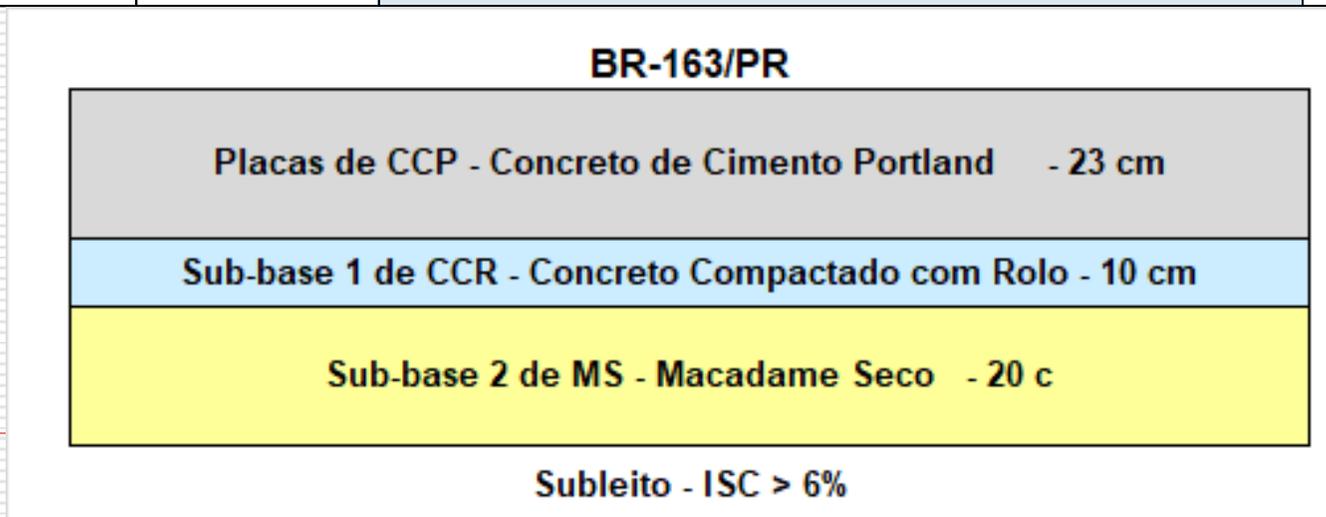
2. Casos de Obras com viabilidade de Pavimento Rígido

Outro caso...

Rodovia BR-163/PR - Trecho Marmelândia – Cascavel (74 km)

- ❑ **Obra de Duplicação**
- ❑ **Edital de RDC – Solução de Pavimento Semi-Rígido e Rígido**

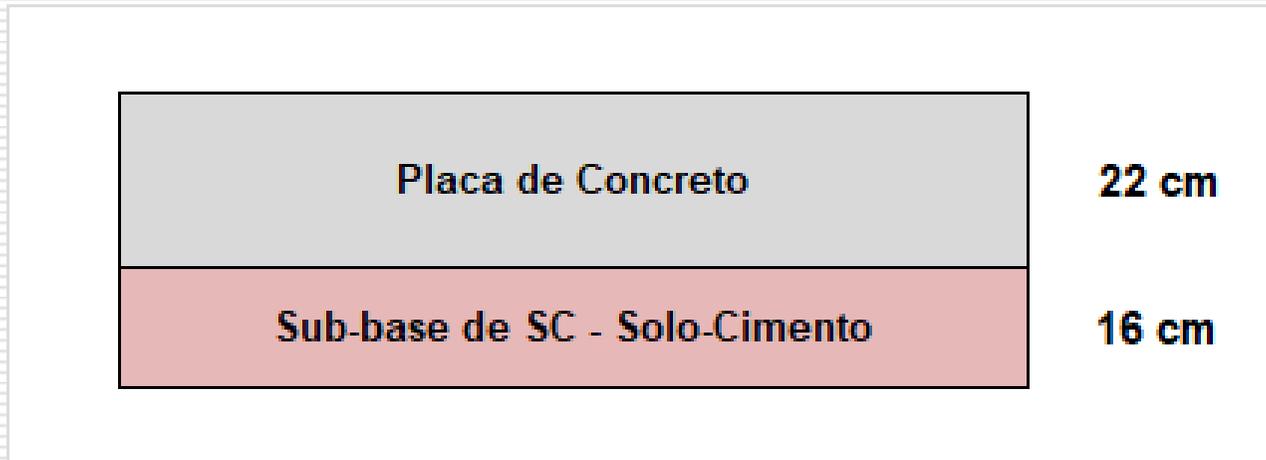
ANTEPROJETO DO DNIT	Camadas		Espessuras cm
	Revestimento	Capa - CBUQ Faixa C com CAP modificado por polímero	5,0
Binder - CBUQ Faixa B com CAP 50/70		9,0	
Base	BGTC - Brita Graduda tratada com Cimento	20	
Sub-base	BG - Brita Graduada	20	



Outros casos

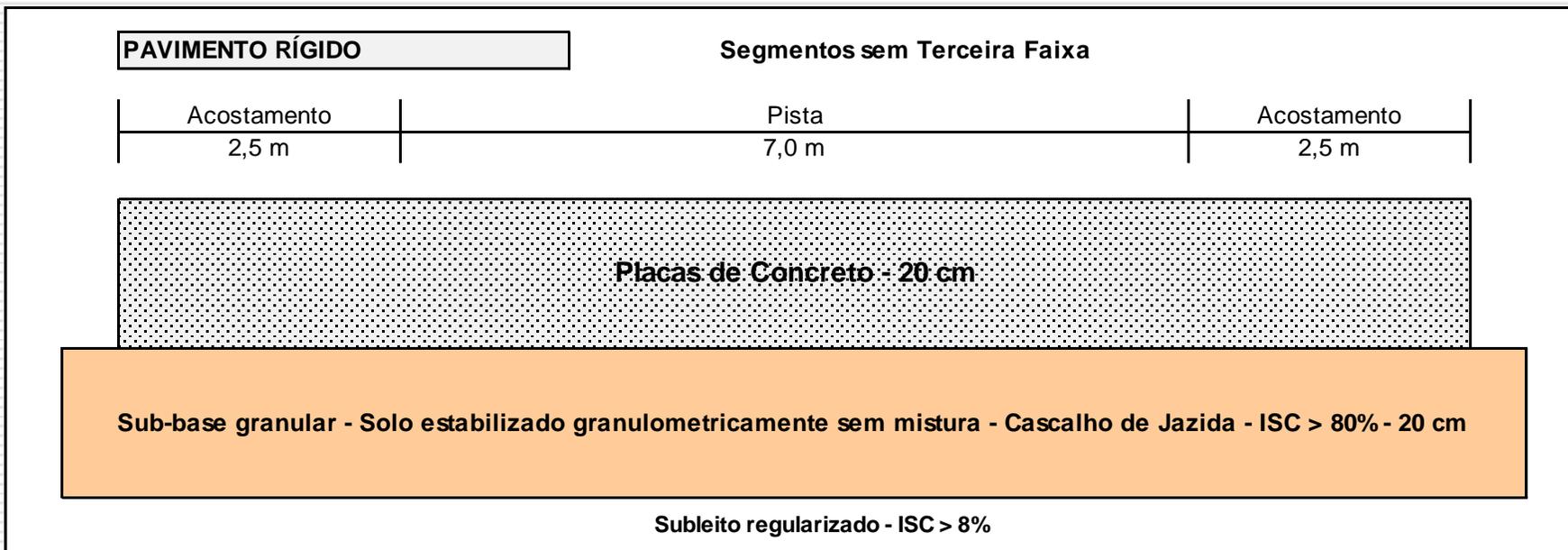
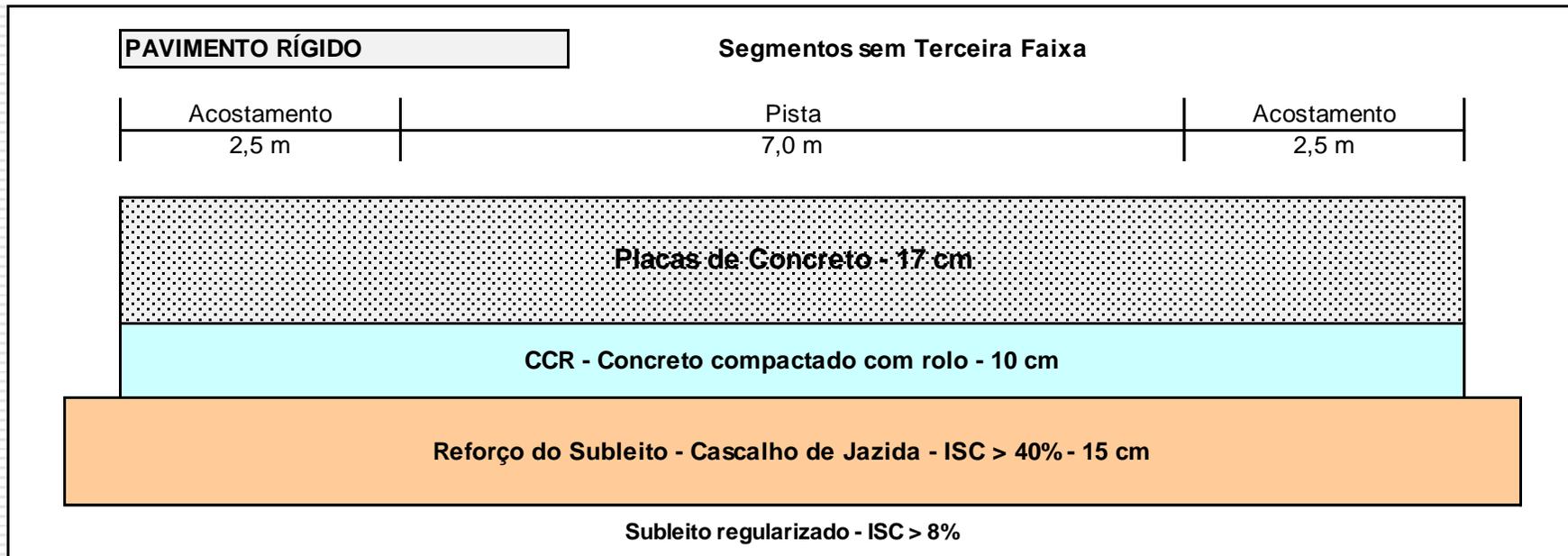
Rodovia BR-101/BA – Lotes 3 e 4 – Km 83 ao Km 165 – 82 km

- ❑ **Obra de Duplicação**
- ❑ **Edital de RDC – Solução de Pavimento Rígido**



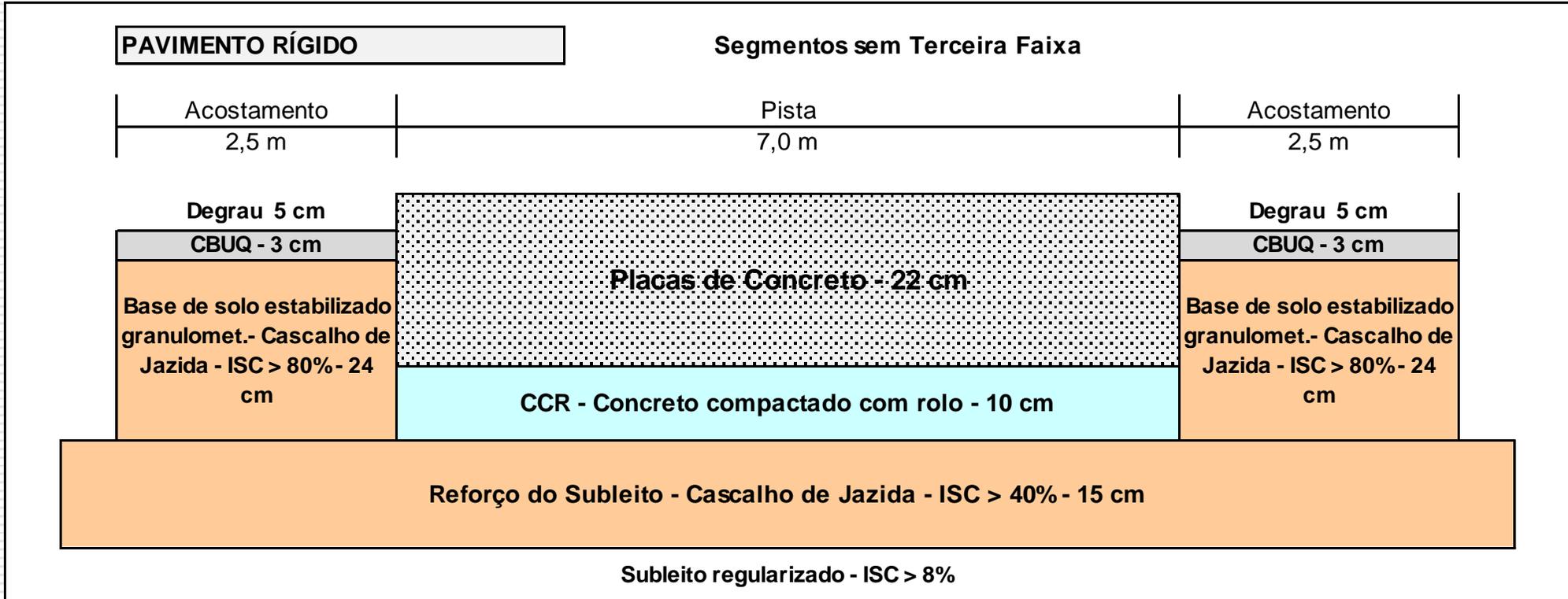
BR-163/PA - Trecho Miritituba - Rurópolis (112 km)

Alternativas em Pavimento Rígido



BR-163/PA - Trecho Miritituba - Rurópolis (112 km)

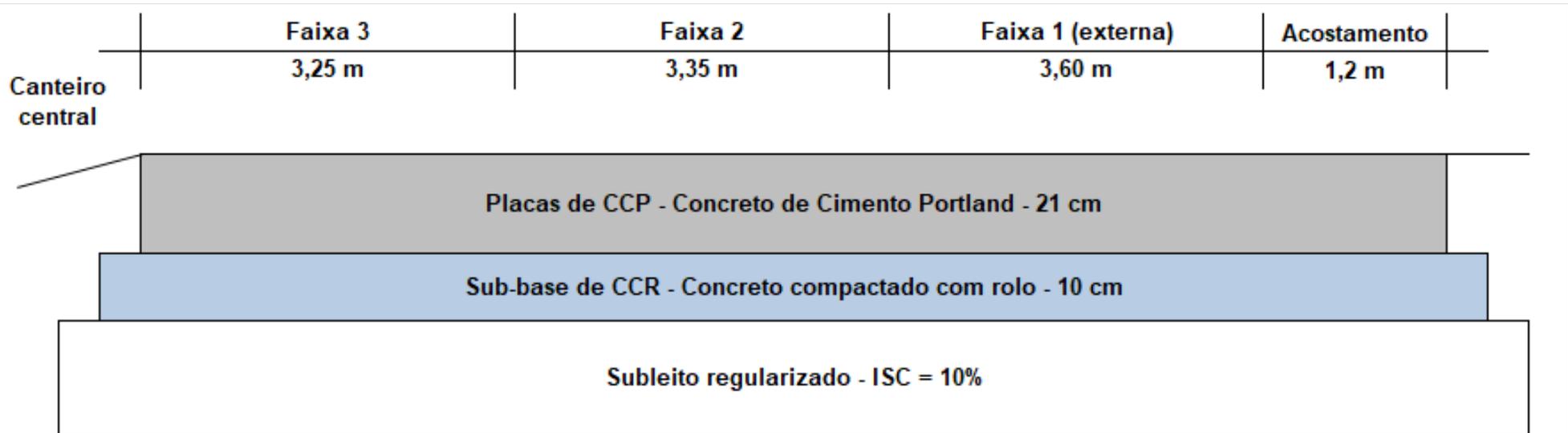
Alternativas em Pavimento Rígido



Empreendimento Particular

VIA DOS MINÉRIOS – Betim – MG

- ❑ **Ligação da BR-381 (Fernão Dias) com Via Expressa**
- ❑ **Obra da PHV em fase de conclusão**
- ❑ **Estudo Econômico – Pavimento Rígido mais econômico que Projeto original em pavimento flexível**



Paraguay – Ruta Villeta – Km 40

Solución 1 - Whitetopping

Tramo Km 0 ao Km 7,4

Pavimento existente con deflexión baja

Pavimento en estado regular a bueno

Ensanche			
Terraplén			
Banquina		Calzada	Banquina
2,5 m	Variable	WHITETOPPING sobre Pavimento existente	2,5 m
		7,0 m	

Losa de Hormigón - 23 cm

Hormigón pobre compactado com rodillo- 10 cm

Hormigón 5 cm

Suelo estabilizado con 2% de Cal - CBR > 20% - 60 cm

Pavimento existente - Calzada 6,60 m + Banquina 2 X 1,5 a 2,0 m = 9,60 m a 10,60 m

Uruguay – Ruta 3 – Plantas urbanas

Obra del préstamo del BID



3. Estudo Econômico de Pavimento Rígido

- Lote do RIS da ANTT**
- para TCU**

Estudo de Alternativa de Pavimento Rígido – Duplicação da BR-386/RS

Cronograma definido entre a ABCP e TCU:

- Etapa 1 – Estudo de alternativa de Pavimento Rígido para a pista nova para a duplicação;
- Etapa 2 – complementação do trabalho, com:
 - ❑ Estudo de alternativa de Pavimento Rígido (Whitetopping) para a restauração do pavimento existente;
 - ❑ Estudo econômico para período de concessão - custos de construção e recuperação do pavimento e de manutenção.

Base - nas informações e dados da ANTT do Estudo de PMI elaborado pelo Grupo TRIUNFO do link:

http://www.antt.gov.br/rodovias/Estudos_de_Viabilidade_Rodovia_de_Integracao_do_Sul.html.

Segmentos do Estudo – BR-386/RS

SEGMENTOS A SEREM RESTAURADOS					
Segmento do PER	Segmentos			Pista	Situação
	Km Inicial	Km Final	Extensão (km)		
A Km 178,5 a 213,1	178,5	189,0	10,5	Simples	
	189,0	192,7	3,7	Simples	Urbano - Santo Antônio Planalto
	192,7	212,3	19,6	Simples	
	212,3	213,1	0,8	Simples	
B Km 213,2 a 243,6	213,1	214,7	1,6	Simples	Urbano - Tio Hugo
	214,7	241,8	27,1	Simples	
	241,8	243,6	1,8	Simples	
C Km 243,6 a 269,2	243,6	247,3	3,7	Simples	Urbano - Soledade
	247,3	268,0	20,7	Simples	
	268,0	269,2	1,2	Simples	
D Km 269,3 a 324,1	269,2	270,0	0,8	Simples	Urbano - Fontoura Xavier
	270,0	285,0	15,0	Simples	
	285,0	300,8	15,8	Simples	Montanhoso
	300,8	307,5	6,7	Simples	Montanhoso
	307,5	310,5	3,0	Simples	Montanhoso
	310,5	324,1	13,6	Simples	Ondulado acidentado
E	324,1	344,4	20,3	Simples	
Pista Dupla	344,4	354,8	10,4	Dupla	
	354,8	360,3	5,5	EOD	Em obra de duplicação
	360,3	385,0	24,7	Dupla	
F	385,0	444,3	59,3	Multifaixa	Adequação de multifaixa

3.1. Estudo de alternativa de Pavimento Rígido para a segunda pista para a duplicação

Pavimento Novo Flexível para Duplicação Do PMI da ANTT

PAVIMENTO FLEXÍVEL

Do PMI da ANTT

Acostamento	Pista de rolamento	FS
2,5 m	7,2 m	0,6

CBUQ com polímero - 5 cm

Base Adicional de BGS - Brita
Graduada - 12 cm

CBUQ (Binder) com polímero - 6 cm

CBUQ (Binder) com polímero - 6 cm

Base de BGS - Brita Graduada Simples - 20 cm

Sub-base de MS - Macadame Seco - 30 cm

Subleito regularizado

Alternativa de Pavimento Rígido – Construção da Segunda Pista (Duplicação)

Dimensionamento pelo Método PCA 1984 - para mesmas condições básicas do Estudo de Pavimento Flexível do PMI da ANTT:

- ISC (CBR) de projeto do subleito adotado em 9%;
- Para Projeções de tráfego do estudo de viabilidade do PMI.
- Premissa adotada no PMI - hipótese de carregamento:
 - Caminhões vazios (em busca de carga) – 30% dos caminhões com 2 e 3 eixos e 20% dos caminhões com 4 ou mais eixos;
 - Restante dos caminhões trafegando com carga máxima legal por eixo com a tolerância da lei.
- Para projeções para quatro praças de pedágio.

Dimensionamento – PCA 1984

– PP-7

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO - Método PCA 1984

Rodovia: **BR-386/RS** Trecho: **Km 178,5 a 241,8**

Dados - Projeção da ANTT para: **PP-7 Km 226**

Carregamento: da ANTT

Tentativa: **1**

Revestimento:	Modelo Estrutural:		Es espessura (cm)	Coeficiente de recalque - K (Mpa/m)	
	Placa de Concreto		21 ←	Do sistema subleito/sub-base (adotado) - K = 150	
Sub-base:	CCR - Concreto Compactado com Rolo		10	Para CBR do subleito - K = 53	
Subleito		CBR: 9%	Juntas com Barra de Transferência: Sim		

Dados	Acostamento de Concreto:	Sim	Placa (cm) 21 K = 150	Eixos	Tensão Equivalente	Fator de Fadiga	Fator de Erosão
	Período de Projeto (anos) =	20		Simplex	1,13	0,25	2,26
	Fator de Segurança - Fsc =	1,2		Tandem Duplo	0,95	0,21	2,26
	Concreto - fctM,k (MPa) =	4,5		Tandem Triplo	0,80	0,18	2,27

Eixos	Cargas e Solicitações por Eixos				Análise de Fadiga		Análise de Erosão	
	Cargas Por Eixo			Número de Repetições Previstas	Número de Repetições Admissível	Consumo de fadiga (%)	Número de Repetições Admissível	Danos Por Erosão (%)
	Intervalo Carga (tf)	Carga (tf)	Carga x Fsc (tf)					
Simplex	< 4	4,0	4,8	4.344.486	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	4 a 5	5,0	6,0	2.440.500	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	6 a 6,6	6,6	7,9	12.803.032	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	10 a 11	11,0	13,2	6.832.508	ilimitado	0,0	12.000.000	56,9
Subtotal - Eixos Simplex					Soma Fadiga:	0,0	Soma erosão:	56,9

Tandem Duplos	< 6	6,0	7,2	2.825.027	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	17 a 18,7	18,7	22,4	9.654.688	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
Subtotal - Eixos Tandem Duplos					Soma Fadiga:	0,0	Soma erosão:	0,0

Tandem Triplos	< 8	8,0	9,6	918.705	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	25,5 a 28	28,0	33,6	3.674.820	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
Subtotal - Eixos Tandem Triplos					Soma Fadiga:	0,0	Soma erosão:	0,0

Totais (%)				Consumo de Fadiga:		0,0	Dano Erosão:		56,9
-------------------	--	--	--	---------------------------	--	------------	---------------------	--	-------------

Conclusão: **21 cm - Placa SUFICIENTE pela Análise de Fadiga e de Erosão.**

Resumo do Dimensionamento

RESUMO DO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO RÍGIDO PARA DUPLICAÇÃO

Rodovia: BR-386/RS

Segmentos				Pista	Dimensio- namento para Dados de tráfego de	Espessuras (cm)		Situação		
Segmento do PER	Km Inicial	Km Final	Extensão (m)			Placa de CCP - Concreto	Sub-base de CCR - Concreto Rolado			
A Km 178,5 a 213,1	178+500	189+000	10.500	Simple	PP-7 Km 226	21	10	Urbano - Santo Antônio do Planalto		
	189+000	192+700	3.700	Simple		21	10			
	192+700	212+300	19.600	Simple		21	10			
	212+300	213+100	800	Simple		21	10			
B Km 213,2 a 243,6	213+100	214+700	1.600	Simple		PP-6 Km 260	21	10	Urbano - Tio Hugo	
	214+700	241+800	27.100	Simple			21	10		
	241+800	243+600	1.800	Simple			21	10		
C Km 243,6 a 269,2	243+600	247+300	3.700	Simple			PP-5 Km 370	21	10	Urbano - Soledade
	247+300	268+000	20.700	Simple				21	10	
	268+000	269+200	1.200	Simple				21	10	
D Km 269,3 a 324,1	269+200	270+000	800	Simple	PP-4 Km 426			21	10	Urbano - Fontoura Xavier
	270+000	285+000	15.000	Simple				21	10	
	285+000	300+800	15.800	Simple				21	10	
	300+800	307+500	6.700	Simple				21	10	Montnhoso
	307+500	310+500	3.000	Simple		21		10	Montnhoso	
	310+500	324+100	13.600	Simple		22		10	Ondulado acidentado	
E	324+100	344+400	20.300	Simple				22	10	
F	385+000	444+300	59.300	Multifaixa			22	10	Adequação de multifaixa	

Com duplicação da pista para um lado

PAVIMENTO RÍGIDO

Alternativa estudada

Acostamento	Pista de rolamento	FS
2,5 m	7,2 m	0,6

Placas de CCP - Concreto de Cimento Portland - 21 ou 22 cm

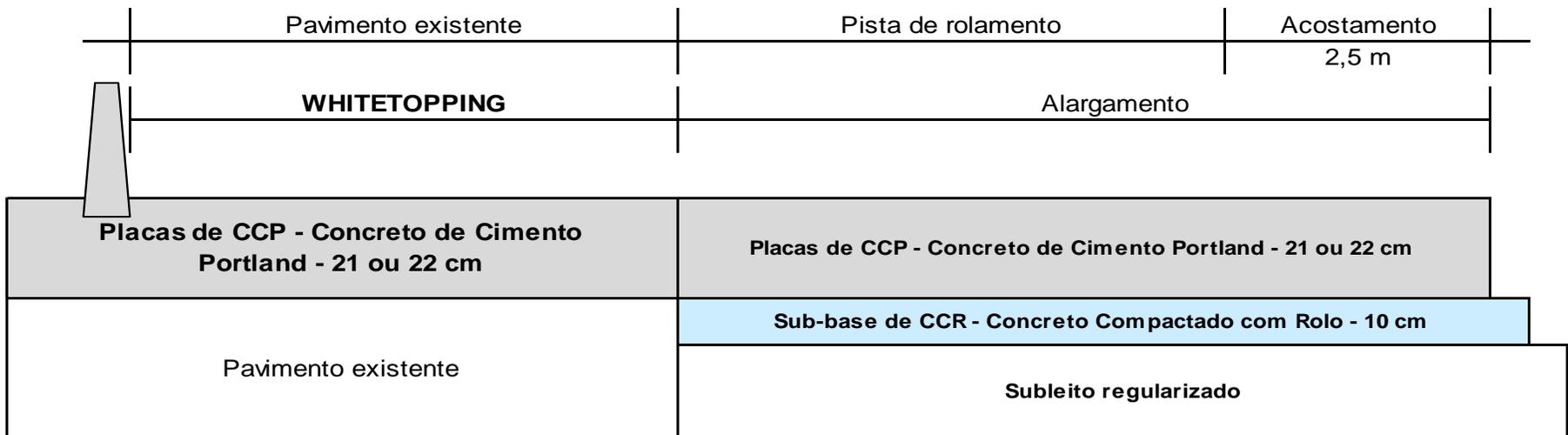
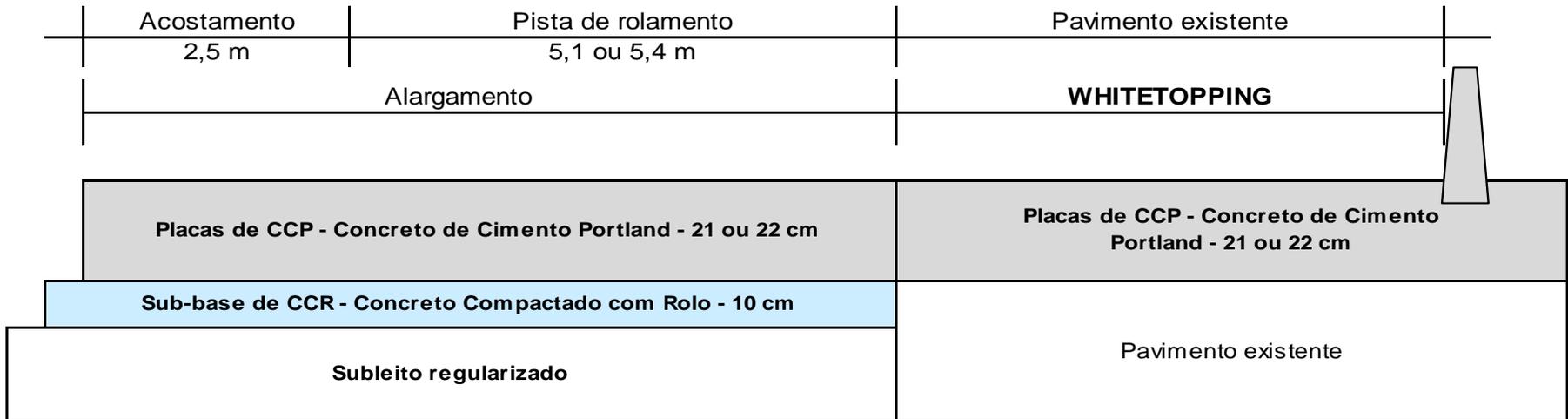
Sub-base de CCR - Concreto Compactado com Rolo - 10 cm

Subleito regularizado

Duplicação para os dois lados

PAVIMENTO RÍGIDO - ALARGAMENTO E WHITETOPPING

Alternativa estudada - com Whitetopping



Plano de Manutenção do pavimento rígido

Serviços usuais empregados por Concessionárias de rodovias:

- Reparos de placas danificadas, com:
 - Demolição e remoção de placas de concreto;
 - Concreto de Cimento Portland com equipamento de pequeno porte AC/BP;
- Resselagem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio.

Custos do SICRO do PMI "C-2025 SICRO Principais-BR-386 rev2":

Descrição	Unidade	Preço Unitário (R\$)
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO		
Reparos de placas danificadas:		
Demolição e remoção de placas de concreto	m ³	222,15
Concreto de cimento portland com equipamento de pequeno porte AC/BP	m ³	437,90
Reselagem de juntas com selante a frio		
Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio	m	9,39

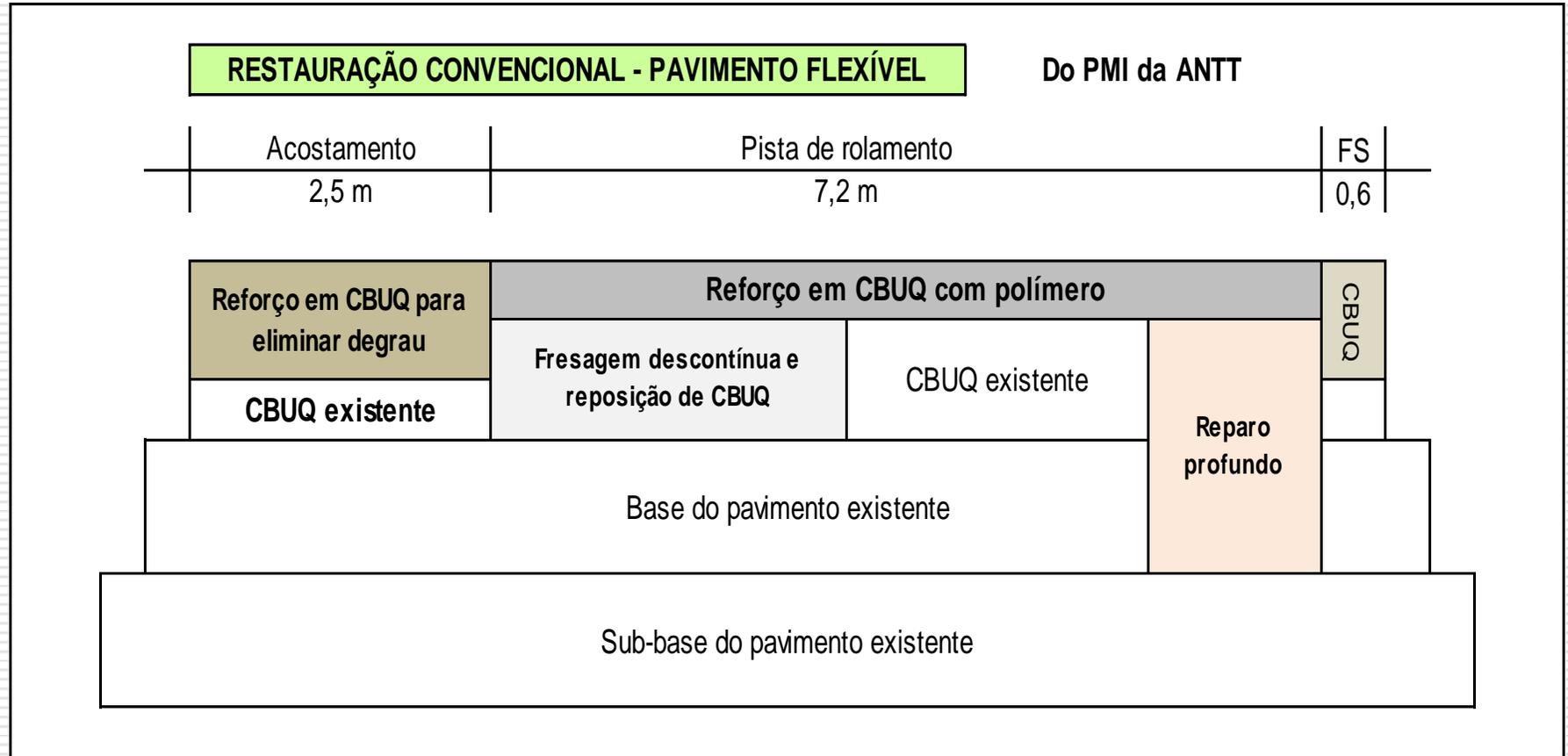
Plano de Manutenção do pavimento rígido

BR-386/RS		MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO NOVO - DE DUPLICAÇÃO														MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTIDADES DE MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO																		
Manutenção		Anos																														Total		
Pavimento Rígido Novo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
Segmentos do PER	Anos de Duplicação	Percentagem de duplicações por anos																																
A	11 e 12												50%	50%																				
B	6 e 7						35%	65%																										
C	5 e 6				65%	35%																												
D	8, 9 e 10								33%	33%	34%																							
E	3 e 4		50%	50%																														
Pista Dupla																																		
F	16, 17 e 18																33%	33%	34%															
Segmentos do PER	Área (m2) de pavimento	Áreas de pavimento rígido novo por anos																																
A	357.710												178.855	178.855																				
B	330.810						115.784	215.027																										
C	287.690				186.999	100.692																												
D	690.990								228.027	228.027	234.937																							
E	209.090		104.545	104.545																														
Pista Dupla																																		
F	723.460																238.742	238.742	245.976															
Segmentos do PER	Área (m2) de pavimento	Plano de manutenção do pavimento rígido - áreas de pavimento rígido a sofrer manutenção por ano																																
		Periodicidade - a cada 5 anos																																
A	357.710																Execução	178.855	178.855															
B	330.810																Execução	115.784	215.027															
C	287.690																Execução	186.999	100.692															
D	690.990																Execução	228.027	228.027	234.937														
E	209.090																Execução	104.545	104.545															
Pista Dupla																																		
F	723.460																Execução	238.742	238.742	245.976														
TOTAL por ano									104.545	104.545	186.999	216.475	215.027	332.572	332.572	421.935	395.330	393.882	332.572	332.572	421.935	634.072	632.623	578.548	332.572	421.935	634.072	632.623	578.548	332.572	234.937	8.803.460		
Serviços	Quantidades	Quantidades de serviços de manutenção de pavimento rígido																																
		Consumo de Selagem de junta por m2 de pavimento = 0,54 m/m2																																
Reparos de placas danificadas	% da Área								0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%		
	Área (m2)								209	209	374	433	430	665	665	844	791	788	665	665	844	3.170	3.163	2.893	1.663	2.110	3.170	3.163	2.893	1.663	1.175			
	Esp. (cm)								21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21			
	Volume (m3)								44	44	79	91	90	140	140	177	166	165	140	140	177	666	664	607	349	443	666	664	607	247	6.855			
Ressagem de juntas com selante a frio	% da Área								100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
	Área (m2)								104.545	104.545	186.999	216.475	215.027	332.572	332.572	421.935	395.330	393.882	332.572	332.572	421.935	634.072	632.623	578.548	332.572	421.935	634.072	632.623	578.548	332.572	234.937			
	Extensão (m)								4.032	4.032	7.213	8.350	8.294	12.828	12.828	16.275	15.248	15.193	12.828	12.828	16.275	24.457	24.401	22.315	12.828	16.275	24.457	24.401	22.315	12.828	9.062	339.562		

3.2. Estudo de alternativa de restauração do pavimento existente com pavimento rígido - solução de Whitetopping

Restauração do pavimento existente - Flexível

Do PMI da ANTT



Dimensionamento - PCA 1984

- PP-7

DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO - Método PCA 1984 - WHITETOPPING

Rodovia: **BR-386/RS** Trecho: **Km 178,5 a 241,8**

Dados - Projeção da ANTT para: **PP-7 Km 226**

Carregamento: da ANTT

WHITETOPPING

Tentativa: **1**

Revestimento:	Modelo Estrutural:		Espessura (cm)	Coeficiente de recalque - K (Mpa/m)	
	Placa de Concreto			20 ←	Do sistema subleito/pavimento existente - K = 140
Sub-base:	Pavimento Existente		Para CBR do subleito - K = 53		
Subleito		CBR:	9%		Juntas com Barra de Transferência: Sim

Dados	Acostamento de Concreto:	Sim	Placa (cm)	Eixos	Tensão Equivalente	Fator de Fadiga	Fator de Erosão					
	Período de Projeto (anos) =	20						20	Simplex	1,19	0,26	2,31
	Fator de Segurança - Fsc =	1,2						K =	Tandem Duplo	1,00	0,22	2,31
	Concreto - fctM,k (MPa) =	4,5						140	Tandem Triplo	0,88	0,20	2,32

Eixos	Cargas e Solicitações por Eixos				Análise de Fadiga		Análise de Erosão	
	Cargas Por Eixo			Número de Repetições Previstas	Número de Repetições Admissível	Consumo de fadiga (%)	Número de Repetições Admissível	Danos Por Erosão (%)
	Intervalo Carga (tf)	Carga (tf)	Carga x Fsc (tf)					
Simplex	< 4	4,0	4,8	4.344.486	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	4 a 5	5,0	6,0	2.440.500	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	6 a 6,6	6,6	7,9	12.803.032	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	10 a 11	11,0	13,2	6.832.508	ilimitado	0,0	7.000.000	97,6
Subtotal - Eixos Simplex					Soma Fadiga:	0,0	Soma erosão:	97,6

Tandem Duplos	< 6	6,0	7,2	2.825.027	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	17 a 18,7	18,7	22,4	9.654.688	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
Subtotal - Eixos Tandem Duplos					Soma Fadiga:	0,0	Soma erosão:	0,0

Tandem Tri	< 8	8,0	9,6	918.705	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
	25,5 a 28	28,0	33,6	3.674.820	ilimitado	0,0	ilimitado	0,0
Subtotal - Eixos Tandem Triplos					Soma Fadiga:	0,0	Soma erosão:	0,0

Totais (%)				Consumo de Fadiga:		0,0	Dano Erosão:		97,6
-------------------	--	--	--	---------------------------	--	------------	---------------------	--	-------------

Conclusão: **20 cm - Placa SUFICIENTE pela Análise de Fadiga e de Erosão.**

Resumo do Dimensionamento

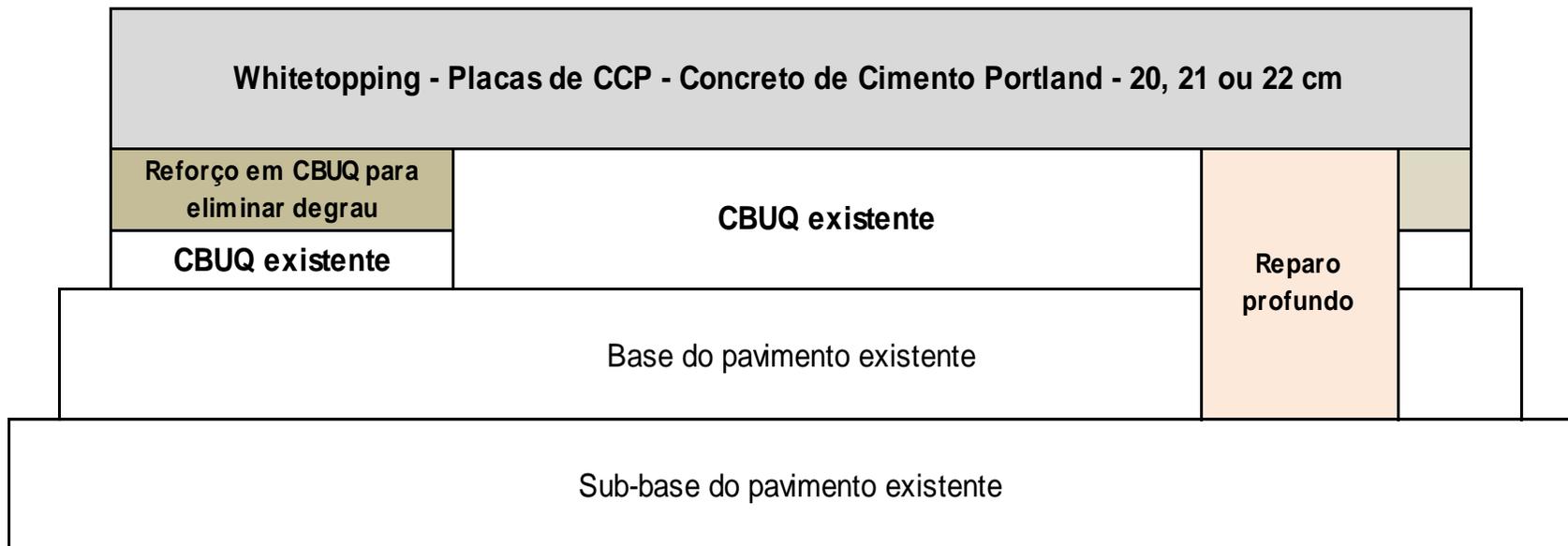
RE SUMO DE DIMEN SIONAMENTO DO WHITETOPPING								
Segmento do PER	Segmentos			Pista	Dimensio- namento para Dados de tráfego de	Espessura da Placa de CCP - Concreto (cm)	Situação	
	Km Inicial	Km Final	Exten- são (km)					
A Km 178,5 a 213,1	178,5	189,0	10,5	Simple	PP-7 Km 226	20		
	189,0	192,7	3,7	Simple		20	Urbano - Santo Antônio Planalto	
	192,7	212,3	19,6	Simple		20		
	212,3	213,1	0,8	Simple		20	Urbano - Tio Hugo	
B Km 213,2 a 243,6	213,1	214,7	1,6	Simple		PP-6 Km 260	20	Urbano - Tio Hugo
	214,7	241,8	27,1	Simple			20	
	241,8	243,6	1,8	Simple			21	
C Km 243,6 a 269,2	243,6	247,3	3,7	Simple		PP-5 Km 370	21	Urbano - Soledade
	247,3	268,0	20,7	Simple			21	
	268,0	269,2	1,2	Simple			21	
D Km 269,3 a 324,1	269,2	270,0	0,8	Simple	21		Urbano - Fontoura Xavier	
	270,0	285,0	15,0	Simple	21			
	285,0	300,8	15,8	Simple	21		Montanhoso	
	300,8	307,5	6,7	Simple	21	Montanhoso		
	307,5	310,5	3,0	Simple	21	Montanhoso		
	310,5	324,1	13,6	Simple	22	Ondulado acidentado		
E	324,1	344,4	20,3	Simple	PP-4 Km 426	22		
Pista Dupla	344,4	354,8	10,4	Dupla		22		
	354,8	360,3	5,5	EOD		22		
	360,3	385,0	24,7	Dupla	22			
F	385,0	444,3	59,3	Multifaixa		22	Adequação de multifaixa	

Restauração com Whitetopping

RESTAURAÇÃO EM PAVIMENTO RÍGIDO - WHITETOPPING

Alternativa estudada

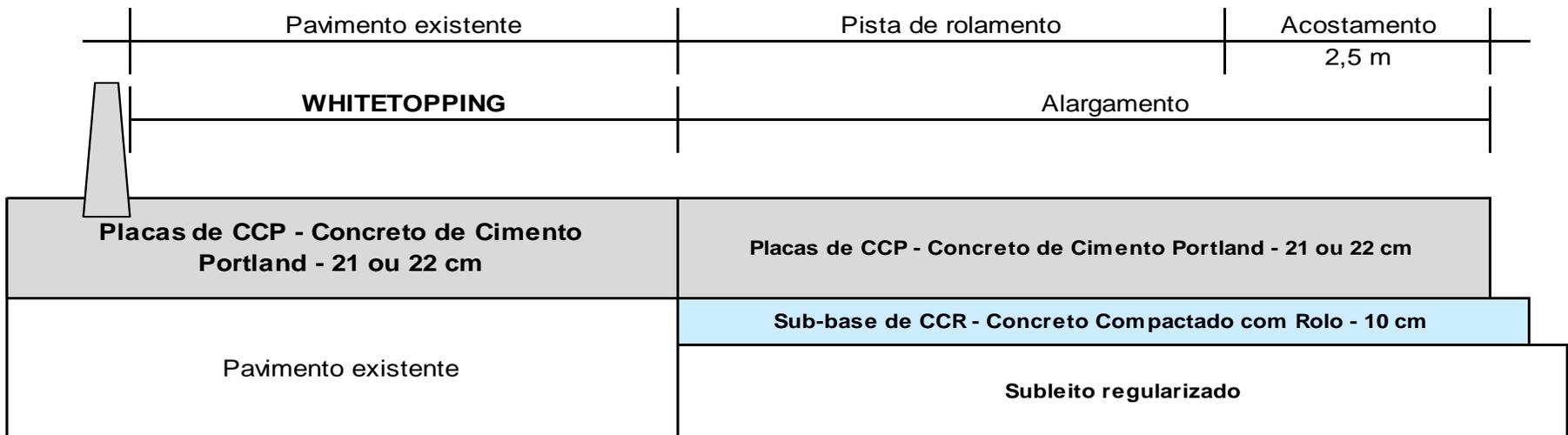
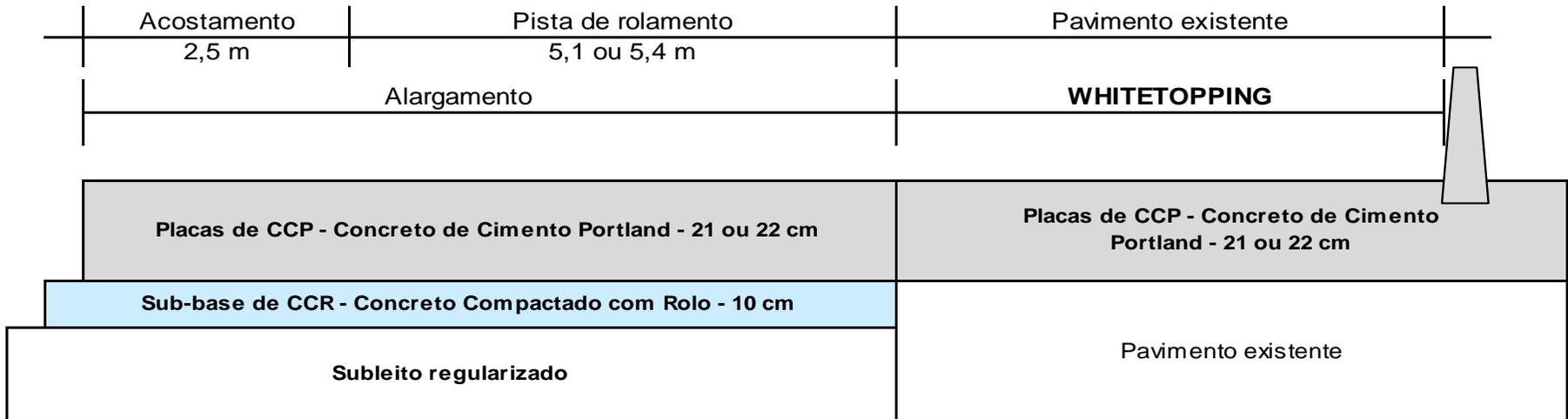
Acostamento	Pista de rolamento	FS
2,5 m	7,2 m	0,6



Duplicação para os dois lados

PAVIMENTO RÍGIDO - ALARGAMENTO E WHITETOPPING

Alternativa estudada - com Whitetopping



Plano de Manutenção do Whitetopping

BR-386/RS		MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO NOVO - RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE COM WHITETOPPING																	MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTIDADES DE MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO																				
Manutenção		Anos																														Total							
WHITETOPPING - Restauração		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30								
Segmentos do PER	Anos de Duplicação	Percentagem de duplicações por anos																																					
A	11 e 12												50%	50%																									
B	6 e 7						35%	65%																															
C	5 e 6					65%	35%																																
D	8, 9 e 10								33%	33%	34%																												
E	3 e 4			50%	50%																																		
Pista Dupla					50%	50%																																	
F	16, 17 e 18																	33%	33%	34%																			
Segmentos do PER	Área (m2) de pavimento	Áreas de pavimento rígido novo por anos																																					
A	353.230												176.615	176.615																									
B	311.770						109.120	202.651																															
C	260.250					169.163	91.088																																
D	490.660								161.918	161.918	166.824																												
E	209.090			104.545	104.545																																		
Pista Dupla	836.360				418.180	418.180																																	
F	569.280																	187.862	187.862	193.555																			
Segmentos do PER	Área (m2) de pavimento	Plano de manutenção do pavimento rígido - áreas de pavimento rígido a sofrer manutenção por ano																																					
A	353.230												Execução				176.615	176.615																					
B	311.770						Execução					109.120	202.651				109.120	202.651																					
C	260.250					Execução					169.163	91.088				169.163	91.088																						
D	490.660								Execução					161.918	161.918	166.824																							
E	209.090			Execução									104.545	104.545																									
Pista Dupla	836.360				Execução									418.180	418.180																								
F	569.280																			Execução																			
TOTAL por ano									104.545	522.725	587.343	200.207	202.651	266.463	684.643	754.167	376.822	379.266	266.463	684.643	754.167	564.684	567.128	460.018	684.643	754.167	564.684	567.128	460.018	684.643	585.004	11.676.220							
Serviços	Quantidades	Quantidades de serviços de manutenção de pavimento rígido (WHITETOPPING)																																					
Reparos de placas danificadas	% da Área								0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%			
	Área (m2)								209	1.045	1.175	400	405	533	1.369	1.508	754	759	533	1.369	1.508	2.823	2.836	2.300	3.423	3.771	2.823	2.836	2.300	3.423	2.925								
	Esp. (cm)								21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
	Volume (m3)								44	220	247	84	85	112	288	317	158	159	112	288	317	593	595	483	719	792	593	595	483	719	614					8.616			
Res selagem de juntas com selante a frio	% da Área								100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
	Área (m2)								104.545	522.725	587.343	200.207	202.651	266.463	684.643	754.167	376.822	379.266	266.463	684.643	754.167	564.684	567.128	460.018	684.643	754.167	564.684	567.128	460.018	684.643	585.004								
	Extensão (m)								4.032	20.162	22.655	7.722	7.817	10.278	26.408	29.089	14.535	14.629	10.278	26.408	29.089	21.781	21.875	17.744	26.408	29.089	21.781	21.875	17.744	26.408	22.564					450.368			

3.3. Estudo econômico de alternativas

Estudo econômico de alternativas – com Custos do PMI

COMPARATIVO DE CUSTOS DE EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO - ALTERNATIVAS FLEXÍVEL E RÍGIDA					
Com preços unitários do PMI da ANTT - SICRO 2 de Setembro/2016					
Alternativa em Pavimento Flexível (asfáltico) - do Estudo da ANTT	Custo de Pavimento Novo flexível (asfáltico)	+	Custo de Manutenção 30 anos	=	Custo Total
	CBUQ 17 cm		Periódica: Fresagens e Reforço em CBUQ		R\$801.793.077,11
	Base de Brita Graduada 20 cm		de Rotina: Reparos e fresagens		
	Sub-base de Macadame 30 cm		R\$281.060.434,03		
	R\$520.732.643,08				
Alternativa em Pavimento Rígido (de concreto)	Custo de Restauração do Pavimento existente - concepção flexível	+	Custo de Manutenção 30 anos	=	Custo Total
	Fresagens e Reforço em CBUQ		Periódica: Fresagens e Reforço em CBUQ		R\$1.064.687.158,47
	Recuperação de acostamento		de Rotina: Reparos e fresagens		
	R\$351.864.989,10		R\$712.822.169,37		
Alternativa em Pavimento Rígido (de concreto)	Custo de Pavimento Novo Rígido (concreto)	+	Custo de Manutenção	=	Custo Total
	Placa de concreto 21 a 22 cm		Reselagem de juntas e reparos de placas danificadas		R\$399.135.558,44
	Sub-base de CCR - 10 cm		R\$7.713.347,45		
	R\$391.422.210,99				
Alternativa em Pavimento Rígido (de concreto)	Custo de Restauração do Pavimento existente - concepção Rígida (concreto)	+	Custo de Manutenção	=	Custo Total
	Whitotopping 20 a 22 cm		Reselagem de juntas e reparos de placas danificadas		R\$299.976.242,68
	Reparos e Enchimento de degrau no acostamento		R\$9.915.981,52		
	R\$290.060.261,15				

Estudo econômico de alternativas – com Custos do PMI da ANTT

Estudo Econômico de Alternativas - Preços do PMI da ANTT (SICRO NOVO para Set/2016)					
Para Pavimento Novo para Duplicação					
Pavimento Novo para Duplicação - Alternativas	Custo de execução do pavimento Novo	Custo de Manutenção 30 anos	Custo Total	%	
1	Alternativa em Pavimento Flexível (asfáltico) - do Estudo da ANTT	520.732.643,08	281.060.434,03	801.793.077,11	
2	Alternativa em Pavimento Rígido (concreto)	404.912.868,57	24.928.231,23	429.841.099,80	54%
Para Restauração do Pavimento da Pista Existente					
Restauração do pavimento existente - Alternativas	Custo de execução da restauração	Custo de Manutenção 30 anos	Custo Total	%	
3	Alternativa em Pavimento Flexível (asfáltico) - do Estudo da ANTT	351.864.989,10	712.822.169,37	1.064.687.158,47	
4	Alternativa em Pavimento Rígido - Whitetopping (concreto)	313.937.917,12	31.720.376,50	345.658.293,61	32%

Estudo econômico de alternativas – com Custos do PMI da ANTT

Estudo Econômico de Alternativas - Preços do PMI da ANTT (SICRO NOVO para Set/2016)					
Para Pavimento Novo para Duplicação					
	Pavimento Novo para Duplicação - Alternativas	Custo de execução do pavimento Novo	Custo de Manutenção 30 anos	Custo Total	%
1	Alternativa em Pavimento Flexível (asfáltico) - do Estudo da ANTT	520.732.643,08	281.060.434,03	801.793.077,11	
2	Alternativa em Pavimento Rígido (concreto)	404.912.868,57	24.928.231,23	429.841.099,80	54%
Para Restauração do Pavimento da Pista Existente - considerando restauração antes					
	Restauração do pavimento existente - Alternativas	Custo de execução da restauração	Custo de Manutenção 30 anos	Custo Total	%
3	Alternativa em Pavimento Flexível (asfáltico) - do Estudo da ANTT	351.864.989,10	712.822.169,37	1.064.687.158,47	
4	Alternativa em Pavimento Rígido - Whitetopping (concreto)	313.937.917,12	31.720.376,50	556.777.287,08	52%
	Restauração flexível parcial antes (anos 4 e 5)	211.118.993,46			
	60%	de	351.864.989,10		

Estudo econômico de alternativas – Pelo Valor Presente

Estudo Econômico de Alternativas - VALOR PRESENTE						
Para Pavimento Novo para Duplicação						
Pavimento Novo para Duplicação - Alternativas		Custo de execução do pavimento Novo	Custo de Manutenção 30 anos	Custo Total	Valor Presente (R\$/mil)	%
1	Alternativa em Pavimento Flexível (asfáltico) - do Estudo da ANTT	520.732.643,08	281.060.434,03	801.793.077,11	279.508,46	
2	Alternativa em Pavimento Rígido novo (concreto)	404.912.868,57	24.928.231,23	429.841.099,80	213.344,56	76%
Para Restauração do Pavimento da Pista Existente						
Restauração do pavimento existente - Alternativas		Custo de execução da restauração	Custo de Manutenção 30 anos	Custo Total	Valor Presente (R\$/mil)	%
3	Alternativa em Pavimento Flexível (asfáltico) - do Estudo da ANTT	351.864.989,10	712.822.169,37	1.064.687.158,47	414.861,73	
4	Alternativa em Pavimento Rígido - Whitetopping (concreto)	313.937.917,12	31.720.376,50	556.777.287,08	365.417,70	88%
Restauração flexível parcial antes (anos 4 e 5)		211.118.993,46				

4. Estudo Técnico de Alternativas – para TCU

Estudo Técnico de Alternativa

Objetivo:

Estudar

O que está viabilizando as obras em Pavimento Rígido?

Além dos aumentos constantes dos preços de materiais asfálticos?

Pavimento Rígido – Geralmente Dimensionamento para Carga Máxima Legal com Tolerância

Projetos geralmente consideram **TODOS OS CAMINHÕES** trafegando com Eixos com Carga Máxima Legal com tolerância de 7,5% => 10%:

- Eixo simples – 10 t => 11 t
- Eixo tandem duplo – 17 t => 18,4 t
- Eixo tandem triplo – 25,5 t => 28 t



PLACAS COM 24 cm
25 cm
26 cm

Pavimento Rígido – Dimensionamento para 100% dos Caminhões com Carga Máxima Legal com Tolerância 10%

Acesso ao Porto de Santos

Rodovia BR-277/PR – Acesso ao Porto de Paranaguá

Rodovias de acesso a Mineradoras



Realidade – Cargas por Eixo Variáveis

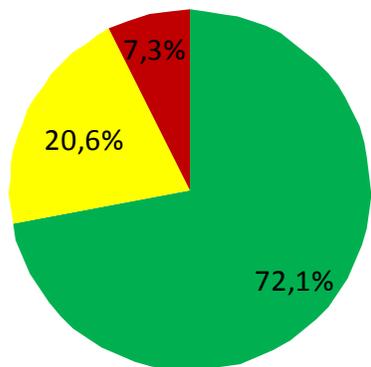
Eixo Simples de Rodas			Eixo Simples de Rodas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Carga (t)	Freq.	%	Carga (t)	Freq.	%	Carga (t)	Freq.	%	Carga (t)	Freq.	%
1	80	0,9	1	93	5,0	1	1	0,0	1	1	0,0
2	23	0,2	2	19	1,0	2	3	0,0	2	0	0,0
3	83	0,9	3	41	2,2	3	0	0,0	3	0	0,0
4	207	2,2	4	104	5,6	4	0	0,0	4	0	0,0
5	725	7,7	5	122	6,6	5	4	0,0	5	0	0,0
6,0	5162	54,9	6	137	7,4	6	34	0,2	6	1	0,0
6,6	2817	29,9	7	125	6,8	7	153	0,9	7	3	0,0
7	221	2,3	8	118	6,4	8	170	1,0	8	7	0,1
8	72	0,8	9	175	9,5	9	102	0,6	9	4	0,1
9	14	0,1	10,0	317	17,1	10	65	0,4	10	2	0,0
10	6	0,1	11,0	387	20,9	11	86	0,5	11	3	0,0
11	1	0,0	12	140	7,6	12	134	0,8	12	7	0,1
12	0	0,0	13	44	2,4	13	179	1,1	13	7	0,1
Soma	9411	100,0	14	18	1,0	14	122	0,7	14	8	0,1
			15	4	0,2	15	234	1,4	15	13	0,2
			16	2	0,1	16	668	4,0	16	8	0,1
			17	3	0,2	17,0	2506	14,9	17	11	0,2
			18	0	0,0	18	5494	32,6	18	23	0,3
			19	0	0,0	18,7	3071	18,2	19	18	0,3
			20	0	0,0	19	888	5,3	20	32	0,5
			Soma	1849	100,0	20	1830	10,9	21	51	0,8
						21	768	4,6	22	168	2,5
						22	250	1,5	23	450	6,7
						23	51	0,3	24	819	12,2
						24	27	0,2	25	1226	18,2
						25	16	0,1	25,5	581	8,6
						26	8	0,0	26	571	8,5
						27	6	0,0	27	1128	16,8
						28	0	0,0	28	960	14,3
						29	0	0,0	29	452	6,7
						30	0	0,0	30	112	1,7
						31	0	0,0	31	38	0,6
						32	0	0,0	32	8	0,1
						33	0	0,0	33	6	0,1
						34	0	0,0	34	3	0,0
						35	0	0,0	35	3	0,0
						Soma	16866	100,0	Soma	6724	100,0

BR-040/GO – Pesagens de Eixos - 20 mil caminhões

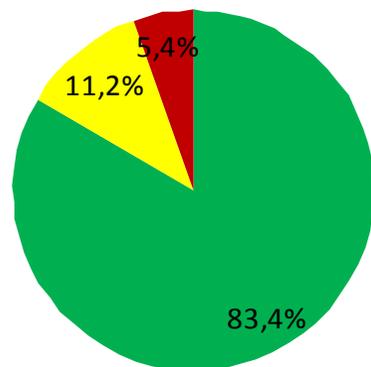
ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

Rodovia: BR-040/GO			Balança: Km 87			Sentido: Norte					
Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	72,1%	Sem excesso	< 10 t	83,4%	Sem excesso	< 17 t	80,3%	Sem excesso	< 25,5 t	77,1%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	20,6%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	11,2%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	12,5%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	17,1%
Com excesso	> 6,6 t	7,3%	Com excesso	> 11 t	5,4%	Com excesso	> 18,7 t	7,2%	Com excesso	> 28 t	5,8%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%

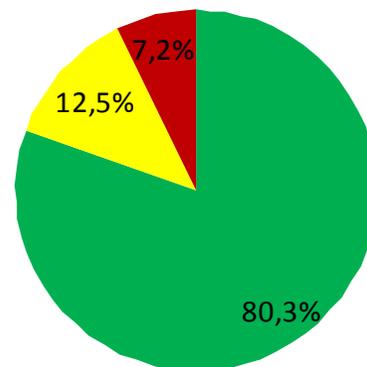
■ < 6 t ■ 6 a 6,6 t ■ > 6,6 t



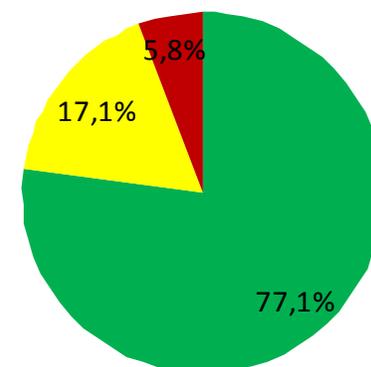
■ < 10 t ■ 10 a 11 t ■ > 11 t



■ < 17 t ■ 17 a 18,7 t ■ > 18,7 t



■ < 25,5 t ■ 25,5 a 28 t ■ > 28 t



BR-050/GO Sul – Pesagens de Eixos - 30 mil caminhões

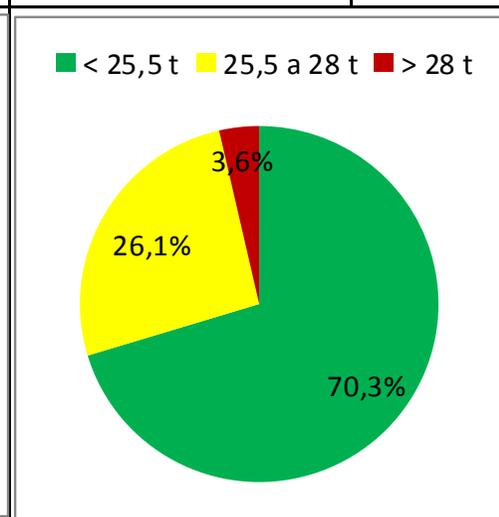
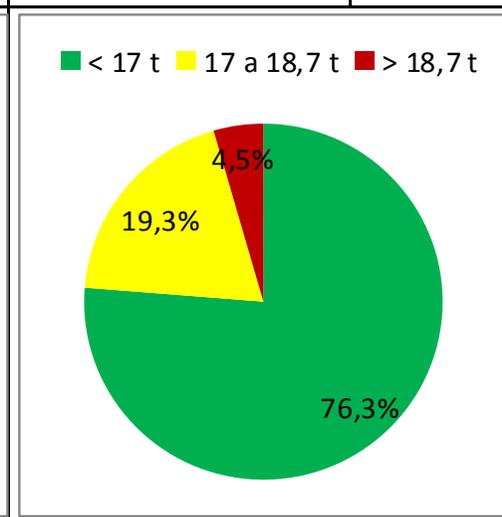
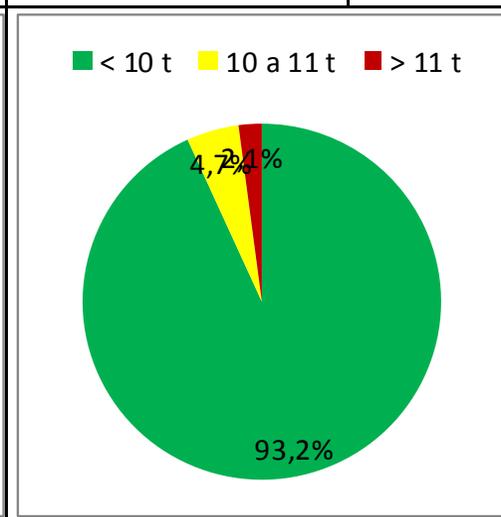
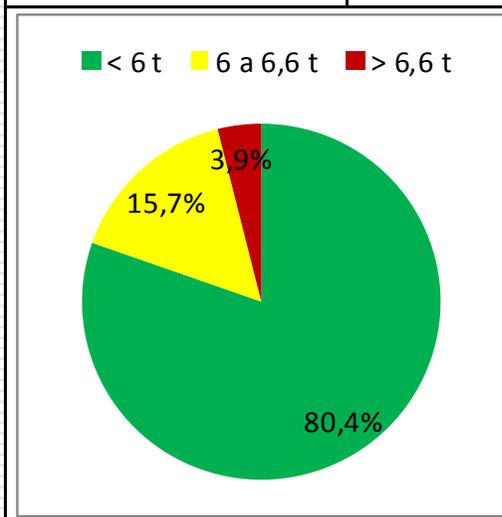
ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

Rodovia: BR-050/GO

Posto de Pesagem: PPV-01 Km 127,6

Sentido: Sul

Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	80,4%	Sem excesso	< 10 t	93,2%	Sem excesso	< 17 t	76,3%	Sem excesso	< 25,5 t	70,3%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	15,7%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	4,7%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	19,3%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	26,1%
Com excesso	> 6,6 t	3,9%	Com excesso	> 11 t	2,1%	Com excesso	> 18,7 t	4,5%	Com excesso	> 28 t	3,6%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%



BR-050/GO Norte – Pesagens de Eixos - 30 mil caminhões

ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

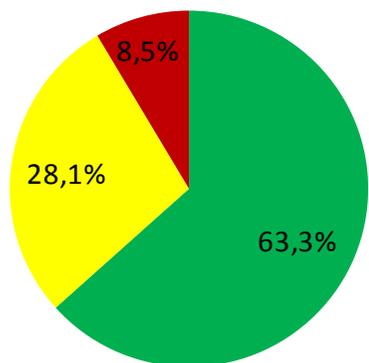
Rodovia: BR-050/GO

Posto de Pesagem: PPV-02 Km 136,5

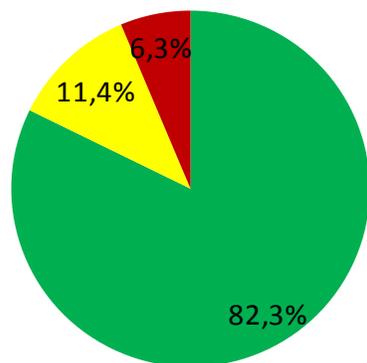
Sentido: Norte

Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	63,3%	Sem excesso	< 10 t	82,3%	Sem excesso	< 17 t	75,7%	Sem excesso	< 25,5 t	79,0%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	28,1%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	11,4%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	19,1%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	18,5%
Com excesso	> 6,6 t	8,5%	Com excesso	> 11 t	6,3%	Com excesso	> 18,7 t	5,2%	Com excesso	> 28 t	2,5%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%

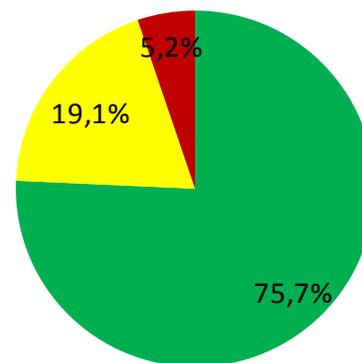
■ < 6 t ■ 6 a 6,6 t ■ > 6,6 t



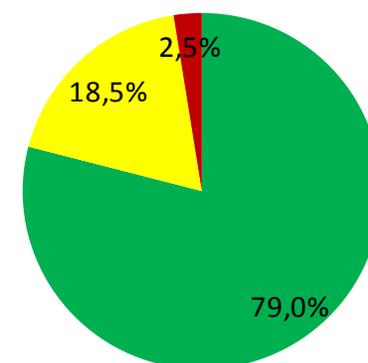
■ < 10 t ■ 10 a 11 t ■ > 11 t



■ < 17 t ■ 17 a 18,7 t ■ > 18,7 t



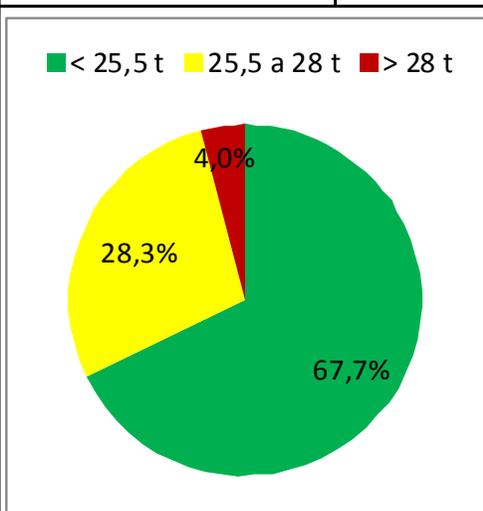
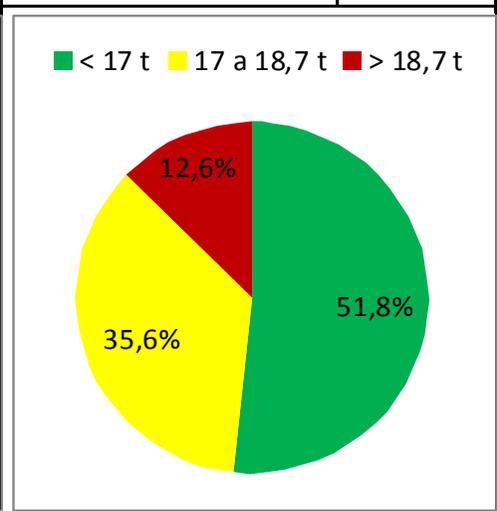
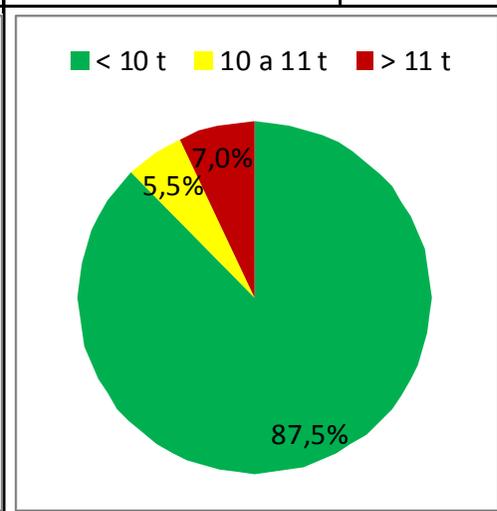
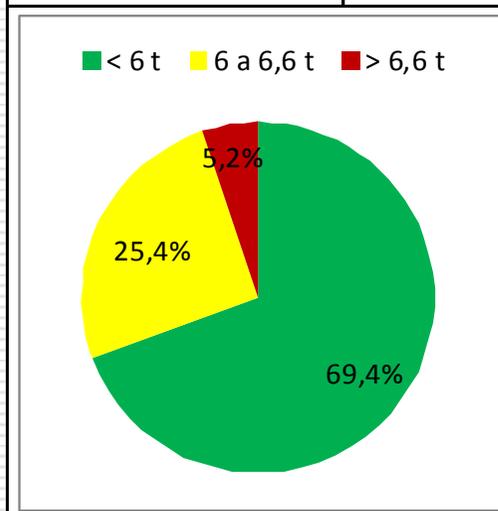
■ < 25,5 t ■ 25,5 a 28 t ■ > 28 t



Pesagens de Eixos na rodovia BR-364/RO Ji-Paraná

ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

Rodovia: BR-364/RO			Balança: Km 662			Sentido: Norte					
Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	69,4%	Sem excesso	< 10 t	87,5%	Sem excesso	< 17 t	51,8%	Sem excesso	< 25,5 t	67,7%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	25,4%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	5,5%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	35,6%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	28,3%
Com excesso	> 6,6 t	5,2%	Com excesso	> 11 t	7,0%	Com excesso	> 18,7 t	12,6%	Com excesso	> 28 t	4,0%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%



BR-163/PA - Trecho Miritituba - Rurópolis (112 km)

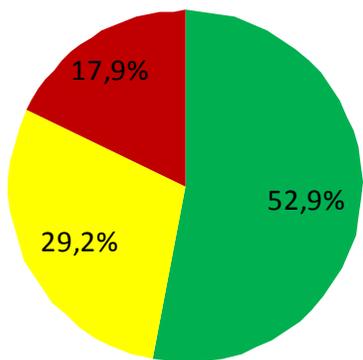
Pesagens de Eixos no km 662

ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

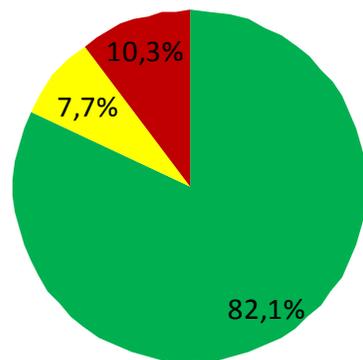
Rodovia: BR-163/PA Balança: Km 662 Trecho: Trairão - Entr BR-230 Rurópolis

Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	52,9%	Sem excesso	< 10 t	82,1%	Sem excesso	< 17 t	60,3%	Sem excesso	< 25,5 t	84,1%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	29,2%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	7,7%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	13,2%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	11,9%
Com excesso	> 6,6 t	17,9%	Com excesso	> 11 t	10,3%	Com excesso	> 18,7 t	26,5%	Com excesso	> 28 t	4,0%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%

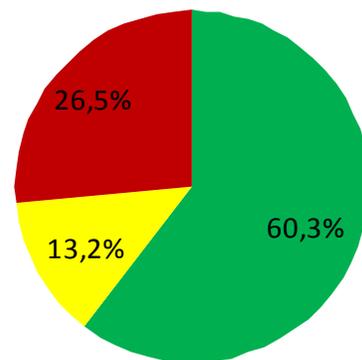
■ < 6 t ■ 6 a 6,6 t ■ > 6,6 t



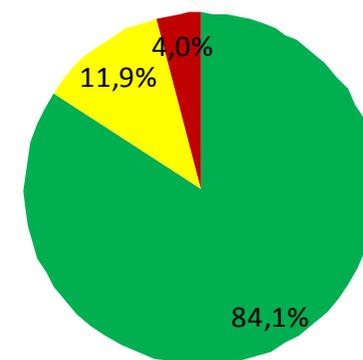
■ < 10 t ■ 10 a 11 t ■ > 11 t



■ < 17 t ■ 17 a 18,7 t ■ > 18,7 t



■ < 25,5 t ■ 25,5 a 28 t ■ > 28 t

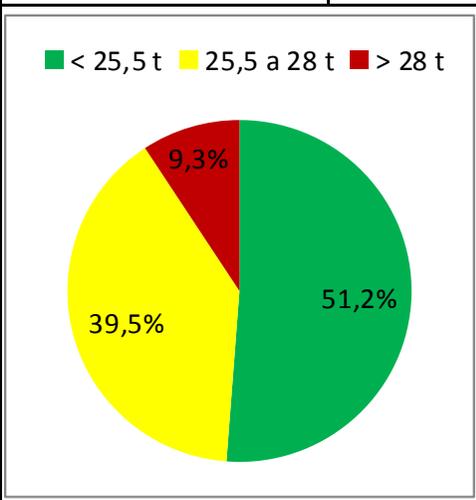
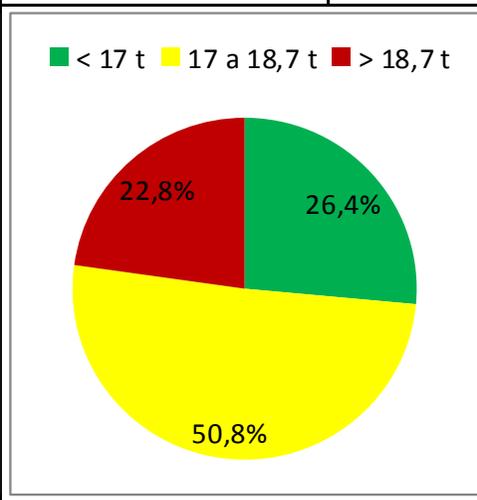
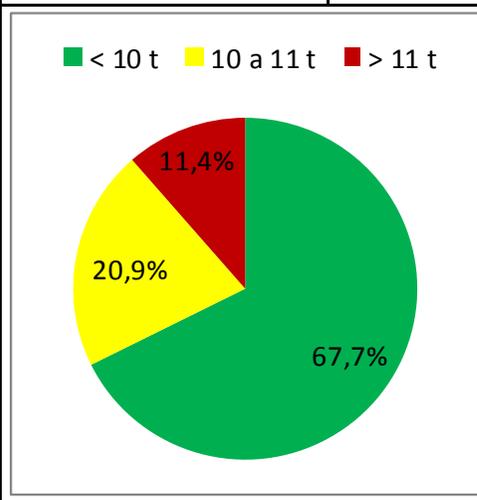
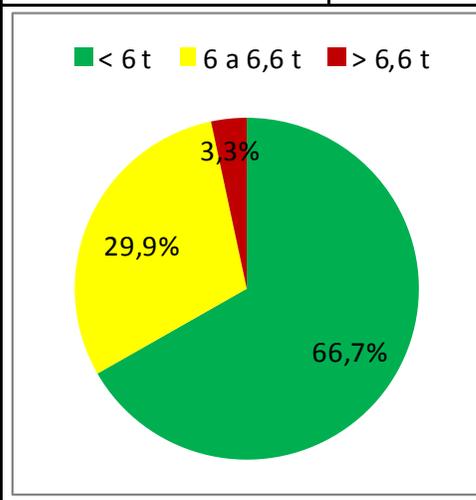


BR-163/MT – Pesagens de Eixos - 20 mil caminhões – Pista Sul

ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

Rodovia: BR-163/MT **Balança:** Todas as Pesagens **Sentido:** Sul

Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	66,7%	Sem excesso	< 10 t	67,7%	Sem excesso	< 17 t	26,4%	Sem excesso	< 25,5 t	51,2%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	29,9%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	20,9%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	50,8%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	39,5%
Com excesso	> 6,6 t	3,3%	Com excesso	> 11 t	11,4%	Com excesso	> 18,7 t	22,8%	Com excesso	> 28 t	9,3%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%



Estudo de Caso - Dados considerados

Cargas – Hipóteses de carregamento consideradas e dados de Pesagens:

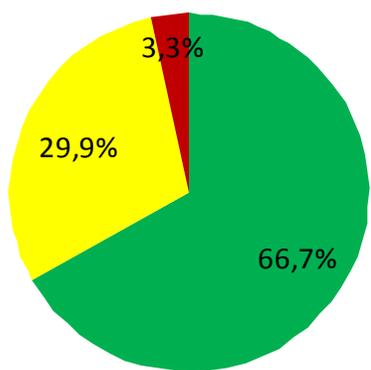
Todos os Veículos com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância
Veículos Vazios (20/30%) e com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância
Mista - Veículos Vazios (20/30%), com Carga Máxima Legal e com Tolerância (30%)
Cargas da Pesagem - com Muito Excesso
Cargas da Pesagem - Normais

Dados de Pesagem – Com Muito Excesso

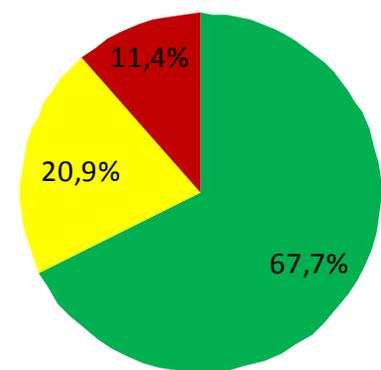
ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

Rodovia:			Balança:								
Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	66,7%	Sem excesso	< 10 t	67,7%	Sem excesso	< 17 t	26,4%	Sem excesso	< 25,5 t	51,2%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	29,9%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	20,9%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	50,8%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	39,5%
Com excesso	> 6,6 t	3,3%	Com excesso	> 11 t	11,4%	Com excesso	> 18,7 t	22,8%	Com excesso	> 28 t	9,3%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%

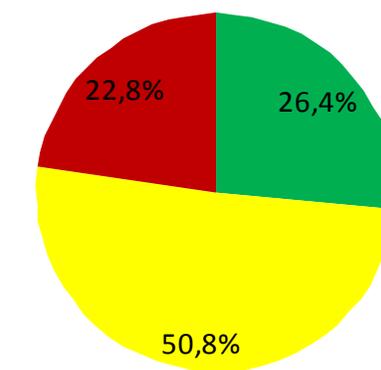
■ < 6 t ■ 6 a 6,6 t ■ > 6,6 t



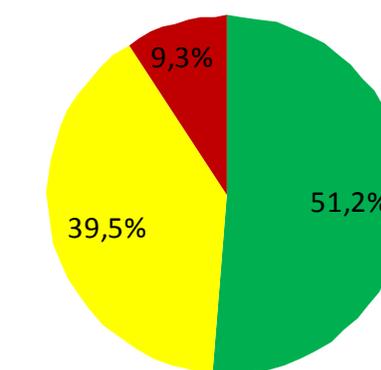
■ < 10 t ■ 10 a 11 t ■ > 11 t



■ < 17 t ■ 17 a 18,7 t ■ > 18,7 t



■ < 25,5 t ■ 25,5 a 28 t ■ > 28 t

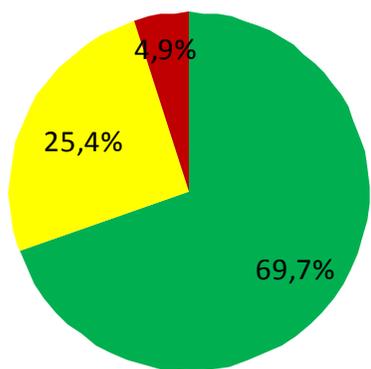


Dados de Pesagem – Cargas Normais

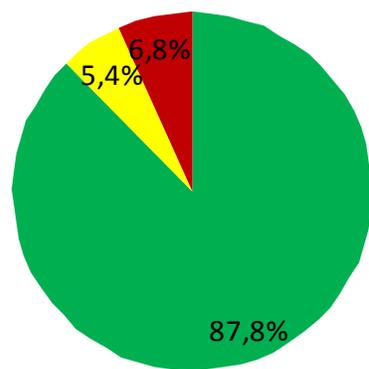
ESTATÍSTICA DE EXCESSO DE CARGA POR EIXO

Rodovia:			Posto de Pesagem:						Sentido:		
Eixo Simples de Rodas Simples			Eixo Simples de Rodas Duplas			Eixo Tandem Duplo			Eixo Tandem Triplo		
Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%	Situação	Carga	%
Sem excesso	< 6 t	69,7%	Sem excesso	< 10 t	87,8%	Sem excesso	< 17 t	52,7%	Sem excesso	< 25,5 t	67,7%
Tolerância de 10%	6 a 6,6 t	25,4%	Tolerância de 10%	10 a 11 t	5,4%	Tolerância de 10%	17 a 18,7 t	36,2%	Tolerância de 10%	25,5 a 28 t	28,3%
Com excesso	> 6,6 t	4,9%	Com excesso	> 11 t	6,8%	Com excesso	> 18,7 t	11,1%	Com excesso	> 28 t	4,0%
Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%	Total		100,0%

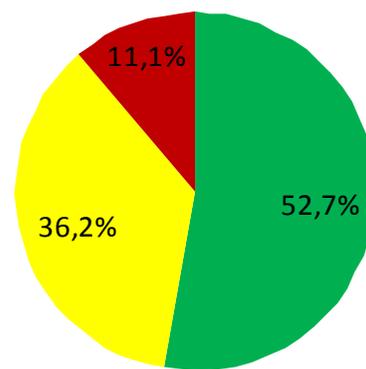
■ < 6 t ■ 6 a 6,6 t ■ > 6,6 t



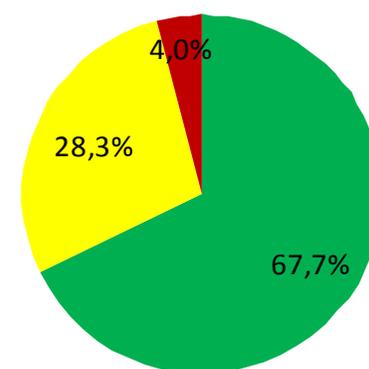
■ < 10 t ■ 10 a 11 t ■ > 11 t



■ < 17 t ■ 17 a 18,7 t ■ > 18,7 t



■ < 25,5 t ■ 25,5 a 28 t ■ > 28 t



Número N

RESUMO DE NÚMERO N

Premissas	FV - Fatores de Veículos	Número N
Todos os Veículos com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância	USACE	1,16E+08
Veículos Vazios (20/30%) e com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância	USACE	8,97E+07
Cargas da Pesagem - com Muito Excesso	USACE	7,62E+07
Mista - Veículos Vazios (20/30%), com Carga Máxima Legal e com Tolerância (30%)	USACE	6,72E+07
Cargas da Pesagem - Normais	USACE	4,76E+07

RESUMO DE DIMENSIONAMENTOS – PAVIMENTO FLEXÍVEL

RESUMO DE DIMENSIONAMENTO - PAVIMENTO FLEXÍVEL

Modelo Estrutural		Espessura (cm)				
Revestimento	CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente com polímero	Var				
Base	BGS - Brita Graduada Simples	Var				
Sub-base	MS - Macadame Seco	Var				
Subleito		CBR:	9%	BGS Módulo = 160		
Hipóteses de Carregamento	Método do DNER/DNIT			Análise Mecânica		
	CBUQpol	Base BGS	Sub-base MS	CBUQpol	Base BGS	Sub-base MS
Todos os Veículos com Carga Máxima Legal com Tolerância	12,5	18	20	> 16	18	20
Veículos Vazios (20/30%) e com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância	12,5	18	20	> 16	18	20
Cargas da Pesagem- com Muito Excesso	12,5	18	20	14	18	20
Mista - Veículos Vazios (20/30%), com Carga Máxima Legal e com Tolerância (30%)	12,5	18	20	14	18	20
Cargas da Pesagem - Normais	10	15	20	13	18	20

RESUMO DE DIMENSIONAMENTOS – PAVIMENTO SEMI-RÍGIDO

RESUMO DE DIMENSIONAMENTO - PAVIMENTO SEMI-RÍGIDO						
Modelo Estrutural						<u>Espessura</u>
Revestimento	CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente com polímero					(cm)
Camada de bloqueio	TSD - Tratamento Superficial Duplo					Var
Base	Base de BGTC - Brita Graduada tratada com Cimento					2
Sub-base	BGS - Brita Graduada Simples					Var
Subleito						CBR: 9%
Hipóteses de Carregamento	Médodo do DNER/DNIT			Análise Mecanística		
	CBUQpol	Base BGTC	Sub-base BGS	CBUQpol	Base BGTC	Sub-base BGS
Todos os Veículos com Carga Máxima Legal com Tolerância	11	18	20	13	18	20
Veículos Vazios (20/30%) e com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância	11	18	20	13	18	20
Cargas da Pesagem- com Muito Excesso	10	18	20	12	18	20
Mista - Veículos Vazios (20/30%), com Carga Máxima Legal e com Tolerância (30%)	10	18	20	11	18	20
Cargas da Pesagem - Normais	9	18	20	10	18	20

RESUMO DE DIMENSIONAMENTOS – PAVIMENTO RÍGIDO

RESUMO DE DIMENSIONAMENTO - PAVIMENTO RÍGIDO			
	Modelo Estrutural		Espessura (cm)
Revestimento	Placa de Concreto		Var ←
Sub-base	CCR - Concreto Compactado com Rolo		10
	Subleito	CBR:	9%
Hipóteses de Carregamento		Placa de Concreto	Sub-base de CCR
Cargas da Pesagem- com Muito Excesso		23	10
Todos os Veículos com Carga Máxima Legal com Tolerância		22	10
Veículos Vazios (20/30%) e com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância		21	10
Cargas da Pesagem - Normais		21	10
Mista - Veículos Vazios (20/30%), com Carga Máxima Legal e com Tolerância (30%)		20	10

Comparativo de Dimensionamentos

Resumo do Estudo de Caso – apenas uma simulação:

RESUMO DE DIMESIONAMENTOS - ESTUDO DE CASO								
Tipo	Pavimento Flexível			Pavimento Semi-Rígido			Pavimento Rígido	
Hipóteses de Carregamento	CBUQpol	Base BGS	Sub-base MS	CBUQpol	Base BGTC	Sub-base BGS	Placa de Concreto	Sub-base de CCR
Cargas da Pesagem- com Muito Excesso	14	18	20	12	18	20	23	10
Todos os Veículos com Carga Máxima Legal com Tolerância	> 16	18	20	13	18	20	22	10
Veículos Vazios (20/30%) e com Carga Máxima Legal com 10% de Tolerância	> 16	18	20	13	18	20	21	10
Cargas da Pesagem - Normais	13	18	20	10	18	20	21	10
Mista - Veículos Vazios (20/30%), com Carga Máxima Legal e com Tolerância (30%)	14	18	20	11	18	20	20	10

5. Estudo de Viabilidade – Conclusões e Recomendações

Viabilidade Técnica e Econômica – Conclusões

Itens que FAVORECEM ao Pavimento Rígido

- O tornam competitivo em custo em relação ao pavimento asfáltico:

- ❑ **Tráfego com VMD elevado de caminhões com cargas elevadas** – principalmente do agronegócio (soja);
- ❑ **Região com deficiência de solos naturais para camada de base – sem disponibilidade de cascalhos de boa qualidade;**
- ❑ Região com solo ruim – baixo CBR e expansão alta, e problemas de ordem geológico-geotécnica (**exceto solos compressíveis**);
- ❑ Segmentos de serra, com rocha e umidade excessiva.

- ❑ **E aumentos sucessivos dos preços dos materiais betuminosos!**

Viabilidade Técnica e Econômica – Conclusões

Itens que DESFAVORECEM ao Pavimento Rígido

- O tornam menos competitivo em custo em relação ao pavimento asfáltico :

- ❑ **Região com boa disponibilidade de solos naturais para camada de base – com disponibilidade de cascalhos de boa qualidade – pavimento flexível com baixo custo;**
- ❑ **Tráfego com VMD baixo e com caminhões com cargas leves;**
- ❑ Região com solo bom – CBR alto e expansão baixa, e sem problemas de ordem geológico-geotécnica;
- ❑ Segmentos de relevo plano com predominância de aterros.

Viabilidade Técnica e Econômica – Conclusões e Recomendações

O Pavimento Rígido tem **viabilidade técnico e econômica** quando:

- ❑ São feitos estudos e projetos embasados em dados reais de pesquisas;
- ❑ **Sem dados “arbitrados”, “estimados” ou “adotados”.**

Estudo Econômico de Alternativas:

- ❑ Para cada alternativa viável sob o aspecto técnico;
 - ❑ **Para concepção flexível, semi-rígida e rígida.**
-
- ❑ Com Dimensionamento do pavimento feito para:
 - **Cargas REAIS obtidas em Pesagem de eixo dos caminhões**



ITENS PARA DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO

IMPORTANTE -

Dimensionamento de Pavimento Flexível, Semi-Rígido e Rígido:

Frequências de Cargas

E Número N calculado com base para **Fator de Veículos:**

❑ com base em Pesagens reais dos eixos no trecho.

- ❑ Com mobilização de Balança Móvel;
- ❑ Sem autuação (multa);
- ❑ Divulgar que é para Pesquisa!

Pesagem de Eixos de Caminhões

– 7 dias – Máximo R\$ 200.000



Obrigado

Marcílio Augusto Neves
Consultor do BIRD - Banco Mundial
Consultor do BID – Banco Interamericano de
Desenvolvimento
Consultor de Concessionárias de Rodovias

MARCÍLIO Engenharia Ltda.



55-31-99132-4728
marcilio@marcilio.eng.br