

3 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

3.1 ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

A BR 116 é uma das mais importantes rodovias longitudinais do Plano Nacional de Viação. Nasce no Estado do Ceará e percorre o Brasil de norte a sul até a fronteira com o Uruguai, com uma extensão total de 4.534km.

A BR 116/RS faz parte do corredor que liga o norte do Estado do Rio Grande do Sul à fronteira com o Uruguai e ao porto marítimo de Rio Grande. O objeto deste estudo restringe-se ao subtrecho entre o entroncamento com a BR 290 (km 291,20) e o acesso ao município de Pelotas (Km 510,62), o qual possui uma extensão de 219,4 km.

As justificativas para a duplicação da BR 116/RS adquirem relevância na medida em que se revela, no estágio atual, a obsolescência do trecho, cujas características técnicas e condições estruturais/ funcionais do pavimento se mostram incompatíveis com a demanda de tráfego, a qual se expande segundo taxas elevadas em razão da função específica do Trecho em estudo.

Pelo fato das obras de pavimentação da pista simples existente já terem sido executadas entre os anos de 1958 e 1959, e da mesma atualmente apresentar déficits operacionais crescentes, a concepção inicial é executar a duplicação aproveitando a plataforma já existente.

Assim, as alternativas locais serão apresentadas quanto ao lado da rodovia a ser objeto de duplicação, tanto de forma geral quanto em pontos específicos.

3.1.1 Alternativas Locacionais Gerais

No segmento inicial da rodovia, entre km 291,2 e km 301,5, a pista existente foi implantada de forma simétrica em relação aos limites externos da faixa de domínio, isto é, com o eixo distante 30,00m destes limites.

Entretanto, no restante do subtrecho a pista existente foi implantada com seu eixo posicionado a 20,00m do limite da faixa de domínio para o lado direito e 40,00m para o lado esquerdo.

Esta conformação levou naturalmente a definição da duplicação pela esquerda da pista existente. Portanto, o traçado da duplicação se fará pelo lado esquerdo, paralelo e junto a pista existente.

Em alguns pontos específicos essa duplicação ser transposta para o lado direito. Tais pontos serão tratados no item a seguir.

3.1.2 Alternativas Locacionais Específicas

Apresentam-se, em seqüência, as alternativas descritas para cada um dos Lotes de Projetos, com informações elaboradas pelas Consultoras de Engenharia, contratadas pelo DNIT, entre os quais foi subdividido o trecho em estudo.

Lote 1

O trecho objeto do estudo desenvolve-se pelos municípios de Guaíba e Barra do Ribeiro, km 291,2 (Entroncamento com a BR 290) ao km 350,4 - ponte sobre o arroio Araçá. O segmento possui extensão de 59,2 km, com seu eixo alinhado segundo a direção geral N-S.

Em geral, o segmento relativo a este lote, conforme se pode observar nas descrições feitas, desenvolve-se em zona rural com alguns segmentos urbanos e semi urbanos caracterizando-se, também, pela travessia de zonas baixas (várzeas) e com presença importante de açudes localizados próximo à rodovia.

O Lote 1, em toda a sua extensão, não intercepta Unidades de Conservação. As unidades mais próximas são as o Parque Estadual do Delta do Jacuí, distante cerca de 30 km do sub-trecho e a Reserva Biológica do Lami, uma Unidade de Conservação Municipal, pertencente a Porto Alegre e distante em cerca de 50 km do sub-trecho. O empreendimento, portanto, não deverá causar interferência direta sobre qualquer Unidade de Conservação, inclusive aquelas citadas anteriormente.

As matas ciliares verificadas na faixa de domínio, encontram-se bem alteradas quanto a composição florística e estrutura originais. A maioria dos cursos d'água encontra-se assoreado, decorrência da atividade agrícola, supressão de matas nativas e extração de areia, práticas comuns na região.

Em áreas urbanas a intervenção é maior, podendo ocupar toda a faixa de domínio e até exceder este limite. Estão previstos nestes locais ruas laterais, ciclovias (em Guaíba), passeios, passagens inferiores, passarelas, além das rótulas e retornos. São locais intensamente urbanizados onde predominam áreas residenciais, vegetação herbácea e, algumas vezes, vegetação arbórea composta, quase sempre, por espécies exóticas.

Na oportunidade em que se realizaram os Estudos do Plano Funcional da Rodovia BR 116, lote 1, foram analisados em especial dois segmentos onde poderia ser necessária uma alteração de traçado. A seguir são apresentados os motivos que levaram a estes estudos especiais, as alternativas analisadas, as conclusões e as soluções adotadas no Anteprojeto, nas quais se consideraram aspectos sociais, financeiros e ambientais.

Segmento 1 – (km 311,9 = km 20+700 ao km 314,7 = km 23+500)

a) Motivo – Geração de um aterro alto no lado esquerdo da rodovia onde está prevista a implantação da duplicação acarretando uma necessidade de grandes volumes de terraplenagem.

b) Alternativa Analisada – Passagem da Duplicação, nesse segmento, para o lado direito da rodovia existente eliminando este aterro de grandes proporções.

c) Conclusão – A passagem da rodovia para o lado direito acarretaria os seguintes problemas:

– Ambiental, decorrente da derrubada de uma faixa de mata destinada a preservação;

– Prejuízo de acesso a propriedade privada;

– Necessidade de desapropriação de uma grande faixa de terra;

– Perda de parte considerável do pavimento existente para transição da troca de lado das pistas.

d) Solução – considerando os prós e contras dos aspectos citados, a solução adotada foi a manutenção da duplicação no lado esquerdo, rebaixando-se o greide da pista nova em relação a existente, diminuindo-se consideravelmente o volume de aterro necessário, gerando-se, inclusive, alguns cortes bastante úteis face a carência de materiais, sem a necessidade de desapropriação e ataque ao Meio Ambiente.

Segmento 2 – (km 349,5 = km 58+300 ao km 351,2 = km 60+160)

a) Motivo – Presença de um grande açude localizado junto ao off-set da rodovia existente, no lado esquerdo onde será implantada a pista nova.

b) Alternativa Analisada – Duplicação da rodovia, nesse segmento, pelo lado direito da existente, eliminando o aterro necessário dentro do açude para implantação da pista nova pelo lado esquerdo.

c) Conclusão – Após estudos, concluiu-se que a passagem da duplicação para o lado direito acarretaria os seguintes problemas:

- Ambiental, decorrente da derrubada de uma faixa de mata, inclusive com espécies nativas entre o km 349,8 e km 350,3;
- Necessidade de desapropriação de uma grande extensão de terra, com prejuízo social dos proprietários do lado direito da rodovia em relação ao proprietário do açude que seria beneficiado por um ato irregular, ou seja, o uso da faixa de domínio da rodovia em seu favor;
- Acesso prejudicado a propriedades privadas;
- O pavimento da pista existente seria perdido em uma extensão bastante significativa para permitir a transição da troca de lado das pistas;
- Travessia de uma zona baixa entre o km 350,4 e km 350,7.

d) Solução – Consideradas estas ponderações, optou-se pela manutenção da implantação da pista nova do lado esquerdo da existente, executado através de um sistema de lançamento de aterros com material granular (rachão, etc.), a ser detalhado no projeto.

Portanto, todo o lote 1 será duplicado para o lado esquerdo da rodovia.

Lote 2

Este segmento da BR-116/RS está compreendido entre o km 250,4 (cabeceira norte da ponte do Rio Araçá) e o km 397,8 (acesso norte à Camaquã). Tendo em conta a faixa de domínio existente (40,00 m para o lado esquerdo e 20,00 m pelo lado direito), definiu-se o greide da duplicação desenvolvendo-se ao lado esquerdo da pista existente.

Não foram previstas transposições no lado de duplicação da rodovia.

Lote 3

O eixo do lote 3 desenvolve-se no sentido norte-sul, em topografia variando de segmentos planos alternados por segmentos ondulados, com início no km 397+180, próximo à interseção principal a Camaquã, e finaliza na cabeceira norte da ponte sobre o arroio Santa Isabel (km 447+975,15).

O traçado caracteriza-se pela predominância de segmentos retilíneos, intercalados por segmentos curvilíneos, com raios de valores acima de 385 m, com a existência de apenas uma curva de transição. Nos segmentos ondulados há apenas uma rampa acima de 5%, nos demais segmentos o perfil apresenta rampas suaves, sem restrição à capacidade da rodovia.

Estando o início do trecho praticamente dentro do perímetro urbano de Camaquã, se propôs a utilização de ruas laterais entre os km 397+180 ao km 401+420 com passeios e ciclovias, evitando assim transtornos à população.

Como alternativa local na implantação do projeto destaca-se a travessia do município de Cristal. Ali é atravessada zona já bastante urbanizada com forte interferência do tráfego local com o fluxo de longa distância, em função dos diversos pontos de cruzamento estabelecidos na conformação atual. Após, a rodovia desce fortemente para cruzar o rio Camaquã, em ponte com extensão de 682,00 metros, e com fortes rampas de acesso, cruzando logo a seguir o arroio Evaristo, em ponte com extensão de 182,00 metros. Na seqüência, já terminado o segmento urbanizado, está localizado o acesso ao Paradoiro Grill, ponto de parada da maioria dos ônibus que utilizam a rodovia; este acesso está mal situado, não tendo boas condições de visibilidade para entrada e saída dos veículos.

Diante desses fatos, foram desenvolvidos três estudos para alternativas de transposição deste segmento:

➤ **Alternativa 1:** Travessia da Zona Urbana de Cristal pelo Lado Esquerdo - duplicação com pista contígua à pista existente pelo lado esquerdo, mantendo a rodovia atravessando o núcleo urbano de Cristal.

Para a travessia da zona urbana de Cristal o grande problema a resolver decorre do fato da cidade se situar de ambos os lados da rodovia, parte em nível com esta, parte em nível superior e parte em nível inferior. Pela geometria da via no local, não existe um ponto adequado para que se posicione algum dispositivo que permita acesso e cruzamento em nível; por outro lado, para uma solução em níveis distintos o espaço disponível é limitado.

Isto posto, foram apresentadas as soluções consideradas nesta alternativa:

- a) construção de retorno em nível no km 426+400;
- b) construção de passarela para travessia de pedestres no km 426+720, para atender ao CIEP existente e aos moradores circunvizinhos;
- c) aproveitamento e melhoramento das ruas laterais existentes, havendo necessidade de complementação das mesmas a fim de cobrir toda a extensão da travessia urbana em ambos os lados da rodovia, com possibilidade de passagem de um lado a outro sob a ponte do rio Camaquã, o que por si só não é suficiente. Um veículo se deslocando no sentido norte-sul e que desejasse atingir a área principal da

cidade, deveria usar a rua lateral direita, percorrer 1,5 km por ela e depois retornar 0,5 km pela rua lateral esquerda;

d) em complemento ao dispositivo de retorno citado no item anterior, indicou-se, também, a construção de passagem inferior no km 427+520, a fim de possibilitar o cruzamento da BR 116. Pelas condições topográficas, esta passagem se tornaria bastante extensa e obrigaria a que, além da rua lateral, fizessem parte do sistema algumas das vias urbanas existentes;

e) implantação de ruas laterais no lado direito da rodovia, no segmento compreendido entre o km 429+000 e o km 429+400, para atendimento do fluxo de veículos que circulam nas proximidades do Paradoiro Grill.

Esta alternativa oferece os seguintes pontos positivos:

- pelas soluções previstas não haveria necessidade de desapropriações; caso ocorram, seriam de pequena expressão;
- necessidade de construção de apenas uma ponte para transpor o rio Camaquã, e outra no arroio Evaristo, com o aproveitamento das obras existentes.

Como fator desfavorável, para que se duplique a rodovia neste segmento, destaca-se:

- a necessidade de alargar um corte em rocha, em volume aproximado de 30.000 m³, nas proximidades de residências e reservatório da CORSAN, impondo risco quando da sua execução. Cada detonação realizada obrigaria a interrupção do tráfego na rodovia, até a limpeza do material detonado, que forçosamente ali se depositaria, além dos inevitáveis danos ao pavimento, podendo causar grande desconforto e prejuízos aos usuários em cada uma destas ocasiões.

- Alta probabilidade de ser necessário executar corte em rocha para a construção da passagem inferior proposta no km 427+520, o que demandaria detonações junto ao núcleo urbano, e com alto custo de implantação do sistema de drenagem.

➤ **Alternativa 2:** Contorno de Cristal - implantação de um novo segmento, em pista dupla, contornando Cristal ao leste.

Para o Contorno de Cristal previu-se o afastamento do eixo de projeto da rodovia existente, optando-se por contornar Cristal pelo leste, tirando partido das condições favoráveis do terreno e de travessia dos rios, e, ao mesmo tempo, evitando todos os problemas construtivos e de segurança de tráfego que ocorreriam caso o cruzamento urbano fosse mantido pela linha atual. Esta alternativa melhoraria as características geométricas e de segurança deste segmento, em detrimento de soluções de custo

elevado e meramente paliativas indicadas para a alternativa anterior, as quais só poderiam ser melhoradas a custo de pesadas desapropriações.

O contorno que foi projetado tem uma extensão de 5.523,80 m, contra uma extensão de 6.103,85m entre os mesmos pontos pela rodovia existente, e desenvolve-se em grande parte sobre um divisor de águas, em terreno pouco ondulado, o que permite um greide suave. Os raios de curva adotados são amplos, sendo que o menor é de 600 m.

Nesta alternativa seria necessário construir:

- a) 5,5 km de duas pistas novas;
- b) duas pontes novas sobre o rio Camaquã. Os Estudos Hidrológicos indicaram que as novas obras teriam extensões similares à da ponte existente;
- c) duas pontes novas sobre o arroio Evaristo com extensões próximas da obra existente;
- d) interseção tipo rótula cheia alongada, com as mesmas características das rótulas previstas na travessia urbana de Camaquã;

Num comparativo entre a solução de contorno de Cristal com a alternativa de alargamento da rodovia existente, o contorno apresenta como pontos positivos:

- separação total do tráfego urbano do tráfego de longo curso;
- condições de geometria superiores às existentes atualmente, com conseqüente redução do custo operacional;
- nenhuma interferência com o núcleo urbano e total possibilidade de disciplinar o crescimento da cidade em direção à rodovia;
- nenhum volume de rocha a escavar.

Como desvantagens pode-se citar:

- a necessidade de desapropriação de áreas para implantação das novas pistas e as conseqüentes dificuldades daí resultantes;
- a necessidade de construção de quatro pontes novas;
- maior impacto ambiental devido à presença de bastante vegetação e também extensão em zona alagadiça;
- necessidade de construção de novo acesso à cidade de Cristal, deixando afastadas da rodovia as atividades econômicas da cidade que com ela se relacionam.

➤ **Alternativa 3:** Travessia da Zona Urbana de Cristal pelo Lado Direito - alternativa similar à Alternativa 1, também atravessando o núcleo urbano de Cristal, desta feita pela direita e contígua à pista existente.

As soluções consideradas nesta alternativa são as mesmas da alternativa 1, com a particularidade de que a nova ponte sobre o rio Camaquã deveria ser construída à direita da obra existente.

Os pontos positivos desta alternativa equivalem-se ao da alternativa de Travessia pela Esquerda, acrescidos da vantagem de que não seria necessário o desmonte de maciço rochoso existente nas proximidades do núcleo urbano.

Os fatores desfavoráveis desta alternativa dizem respeito a:

- situar-se no lado mais estreito da faixa de domínio, acarretando a necessidade de desapropriar algumas propriedades lindeiras à rodovia;
- subsistirem os inconvenientes da interferência do tráfego local com aquele de longo curso;

Comparativo dos Custos Estimados

Apresenta-se a seguir, quadro comparativo de estimativas de custo para as soluções de Contorno *versus* Travessias:

Tabela 3-1– Comparativo de custos

Serviço	Unid.	R\$/unid.	Contorno		Travessia p/Esquerda		Travessia p/Direita	
			Quant.	Custo	Quant.	Custo	Quant.	Custo
Desapropriação	Ha	variável	-	60.000,00	-	80.000,00	-	192.000,00
Corte em solo	m ³	1,89	-	-	7.500	14.175,00	21.200	40.068,00
Corte em rocha	m ³	21,61	-	-	37.575	811.995,75	5.215	112.696,15
Empréstimo	m ³	3,26	353.600	1.152.736,00	135.580	441.990,80	142.720	465.267,20
Aterro	m ³	1,36	272.000	369.920,00	104.300	141.848,00	98.200	133.552,00
Pavimento	m ²	35,91	121.000	4.345.110,00	99.500	3.573.045,00	99.500	3.573.045,00
Ponte	m	12.920,27	2.146	27.726.899,00	868	11.214.794,36	868	11.214.794,37
Passarela	m	7.622,29	-	-	97,50	743.173,28	97,50	743.173,28

Serviço	Unid.	R\$/unid.	Contorno		Travessia p/Esquerda		Travessia p/Direita	
			Quant.	Custo	Quant.	Custo	Quant.	Custo
Passagem inferior	m	18.126,90	-	-	200	3.625.380,00	200	3.625.380,00
Tempo	h	2,00	-	-	307.320	614.640,00	307.320	614.640,00
Total				33.654.665,00		21.261.042,19		20.714.616,00

Fonte: Projeto executivo STE

OBSERVAÇÕES:

- Custos unitários retirados de projeto recente executado pela STE para o DNIT
- Quantidade de dias com interrupção devido ao alargamento do corte em rocha: Duração do serviço = 6 meses ou 26 semanas.
- Interrupção de tráfego: 3 dias por semana, total de 78 dias. Considera-se 25% dos veículos afetados, para um VDM = 7.875 (2002)
- 2 horas de interrupção \Rightarrow 1.970 veic./dia x 78 dias x 2 h/veic. = 307.320 h.
- Custos da terra e benfeitorias informados pela Prefeitura Municipal de Cristal.

Custo Operacional

Como elemento adicional de informação, foram calculados os custos operacionais para as duas situações, considerando a frota do ano de abertura (2004), com VDM de 8.834 veículos/dia, na distribuição indicada nos estudos de tráfego; os custos/km aplicados foram os recomendados pelo BID, e os valores obtidos foram:

Contorno: custo operacional = R\$ 33.667,72/dia

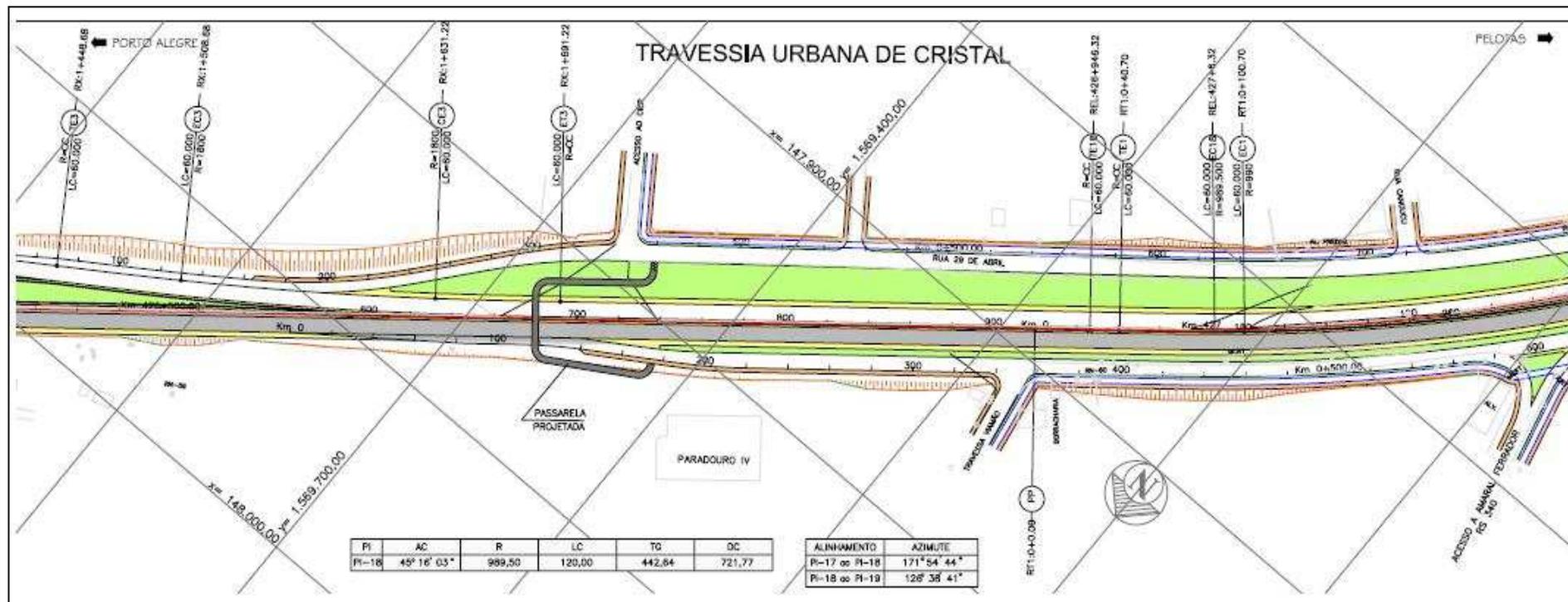
Travessia: custo operacional = R\$ 40.838,02/dia.

Conclusão sobre as Alternativas Propostas

A análise mais detalhada das alternativas propostas executada indicou como solução mais propícia, econômica e tecnicamente, a travessia de Cristal pelo lado direito, tendo em vista não ter sido confirmada no Anteprojeto, a possibilidade de redução da extensão da ponte sobre o Rio Camaquã, na Alternativa Contorno, e que era um dos fatores a justificar aquela solução.

Por outro lado, a significativa diferença entre os custos de implantação também desautoriza a indicação da Alternativa Contorno.

A transposição no lado de duplicação da rodovia pode ser visualizada a seguir. Ressalta-se que a ponte sobre o rio Camaquã (Km 428,17) também foi projetada para o lado direito da rodovia.



Fonte: Projeto Executivo STE

Figura 3-1- Travessia de Cristal

Legenda

	Pista Nova		Canteiro
	Pista Existente		Acostamento

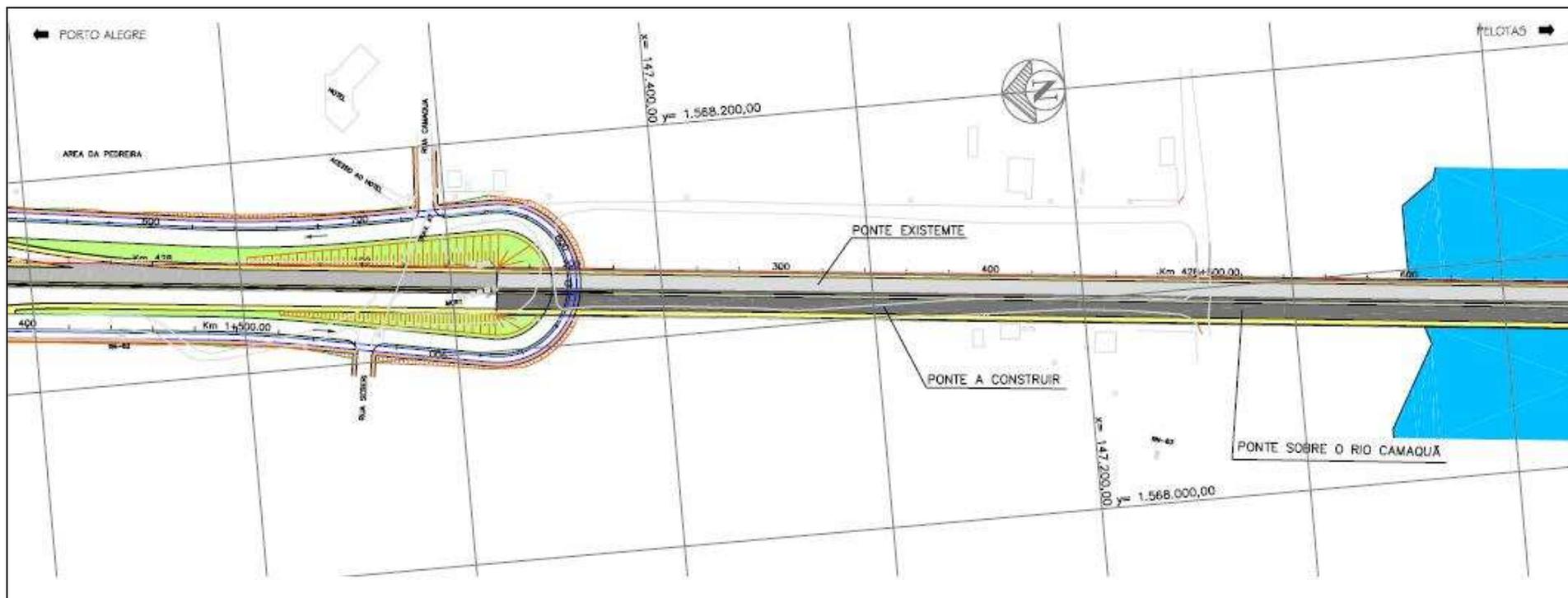


Fonte: Projeto Executivo STE

Figura 3-2 – Travessia de Cristal –transposição do lado duplicado

Legenda

	Pista Nova		Canteiro
	Pista Existente		Acostamento

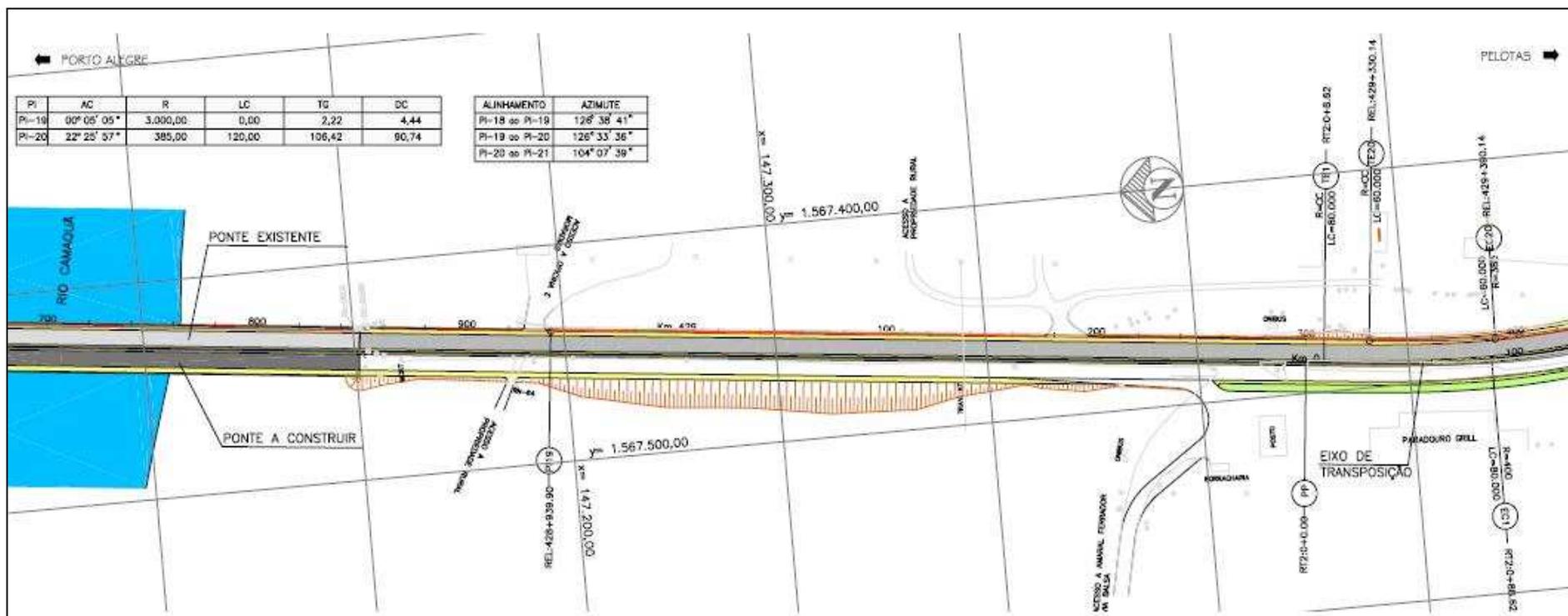


Fonte: Projeto Executivo STE

Figura 3-3 – Ponte sobre o rio Camaquã

Legenda

	Pista Nova		Canteiro		OEA Existente
	Pista Existente		Acostamento		OEA Projetada

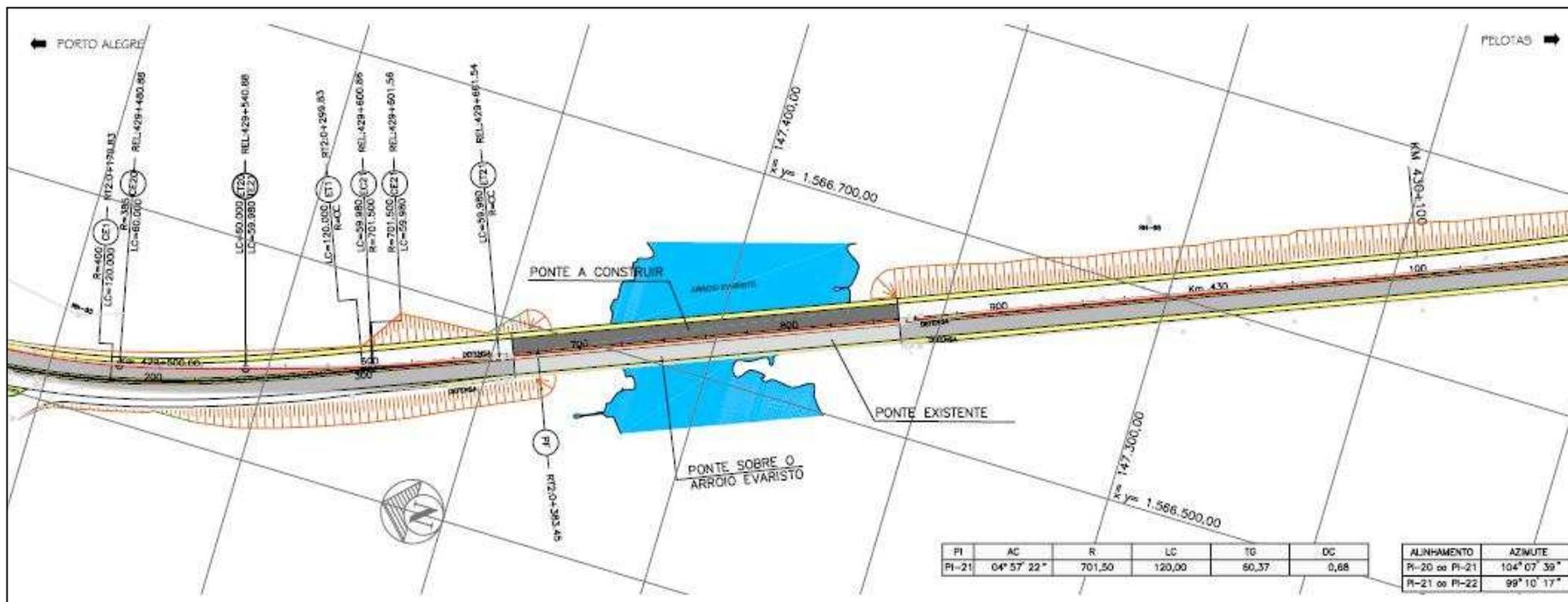


Fonte: Projeto Executivo STE

Figura 3-4– Continuação da ponte sobre o Rio Camaquã e BR 116/RS (duplicação à direita)

Legenda

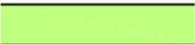
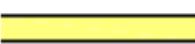
	Pista Nova		Canteiro		OEA Existente
	Pista Existente		Acostamento		OEA Projetada



Fonte: Projeto Executivo STE

Figura 3-5– Ponte sobre o Arroio Evaristo e BR 116/RS (duplicação à esquerda)

Legenda

	Pista Nova		Canteiro		OEA Existente
	Pista Existente		Acostamento		OEA Projetada

No lote 3, essa foi a única transposição do lado da rodovia proposto.

Lote 4

O Lote 4 do trecho Porto Alegre-Pelotas inicia na cabeceira norte da ponte sobre o Arroio Santa Isabel, e finaliza na cabeceira norte da ponte sobre o Arroio Pelotas. No projeto, a extensão total encontrada entre o ponto inicial (Km 448 + 500) e o final (Km 511 + 765,00) resultou em 63.265,03 m.

Neste lote, o traçado também desenvolve-se paralelo à rodovia existente, pelo lado esquerdo, em quase sua totalidade. Contudo, em dois segmentos houve necessidade de o traçado da duplicação transpor o eixo da pista existente - invertendo a posição relativa das pistas em seção transversal:

Tabela 3-2 Transposições – lote 4

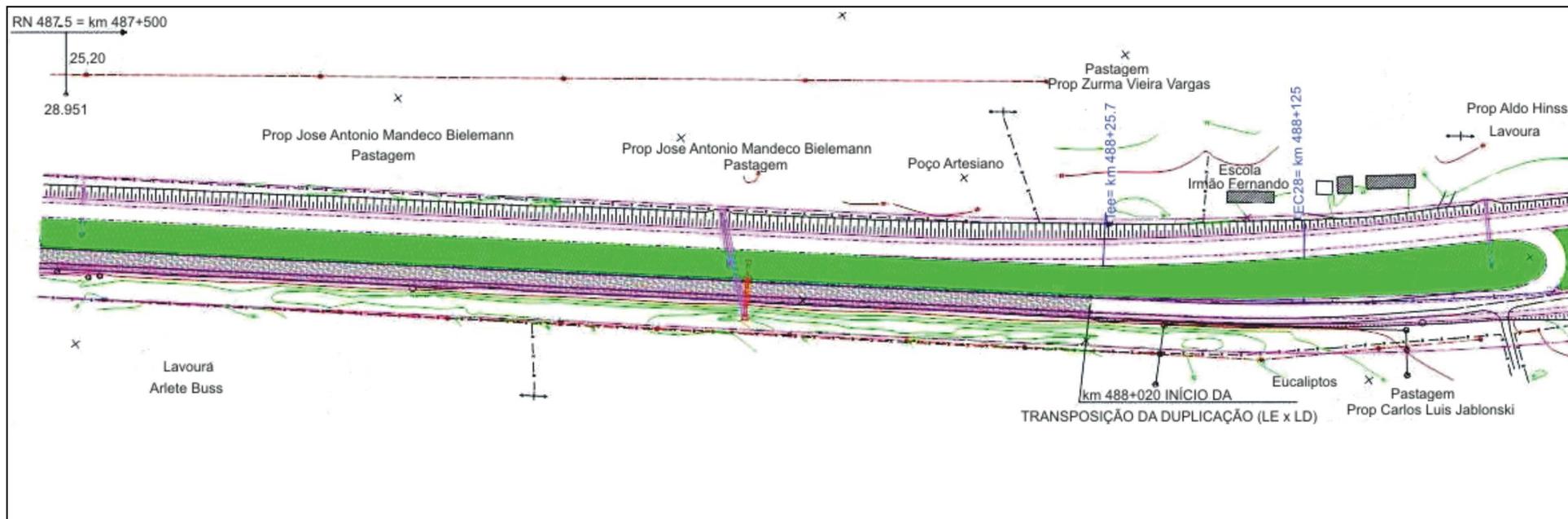
Nº	Início (Km + m)	Fim (Km + m)	Extensão (m)
1	488 + 020	490 + 640	2.620,00
2	508 + 940	510 + 960	2.020,00

Fonte – Projeto Executivo - Enecon

O primeiro caso deve-se a um arroio que corre ao longo do talude de aterro da rodovia. Para afastá-lo seria necessário um canal de desvio, oneroso, de duvidosa funcionalidade e requerendo constante manutenção. O segundo é imposição da instalação existente para controle de cargas dos veículos, no Km 510 (LE).

O início e fim das duas transposições acima coincidem com trechos em curva horizontal da rodovia existente, dando, com isso, melhor continuidade visual ao traçado e minimizando o custo desses segmentos.

As figuras a seguir ilustram tais transposições

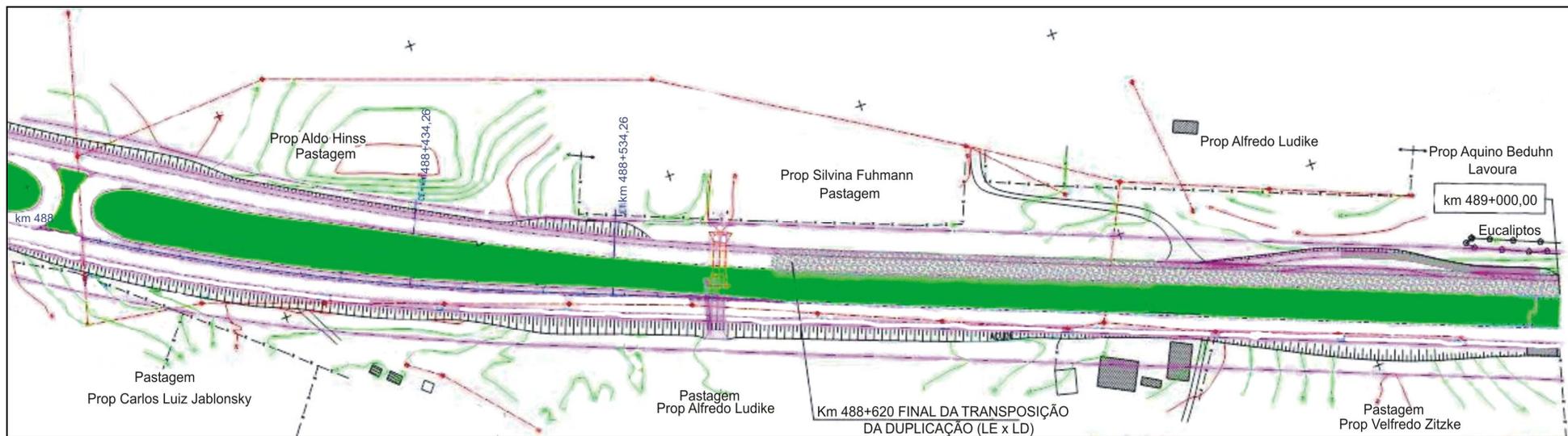


Fonte: Projeto Executivo - Enecon

Figura 3-6– Início da transposição do km 448+020 – Km 490+640

Legenda

- Canteiro Central
- Rodovia Existente

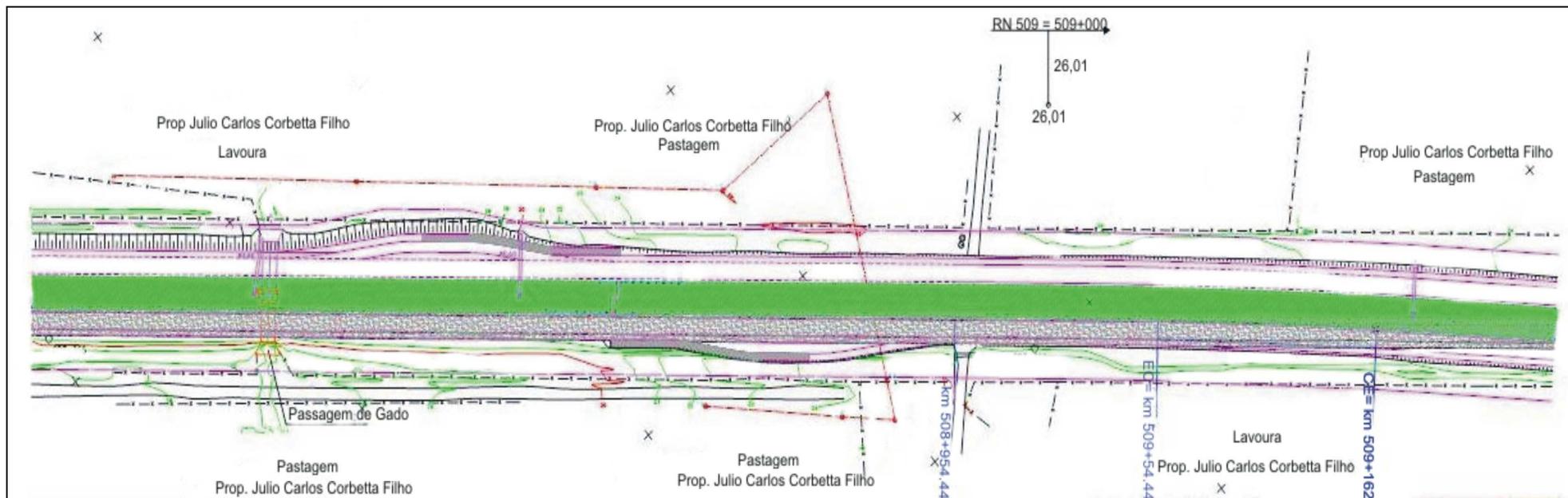


Fonte: Projeto Executivo - Enecon

Figura 3-7- Final da transposição do km 448+020 – Km 490+640

Legenda

- Canteiro Central
- Rodovia Existente

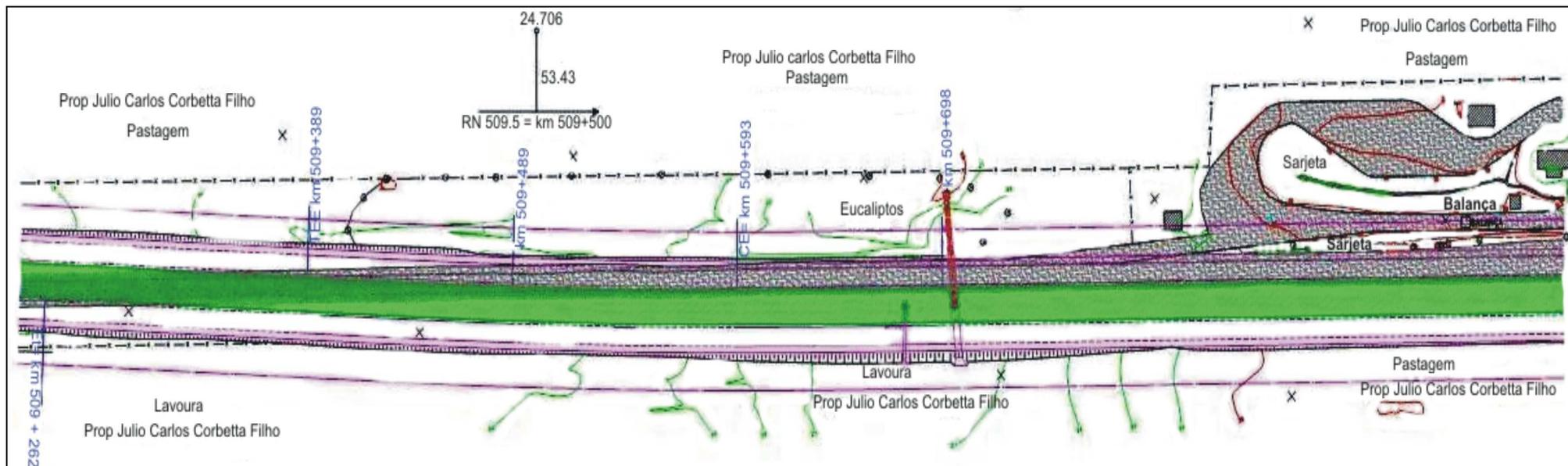


Fonte: Projeto Executivo - Enecon

Figura 3-8– Início da transposição do km 508+940 – Km 510+960

Legenda

- Canteiro Central
- Rodovia Existente

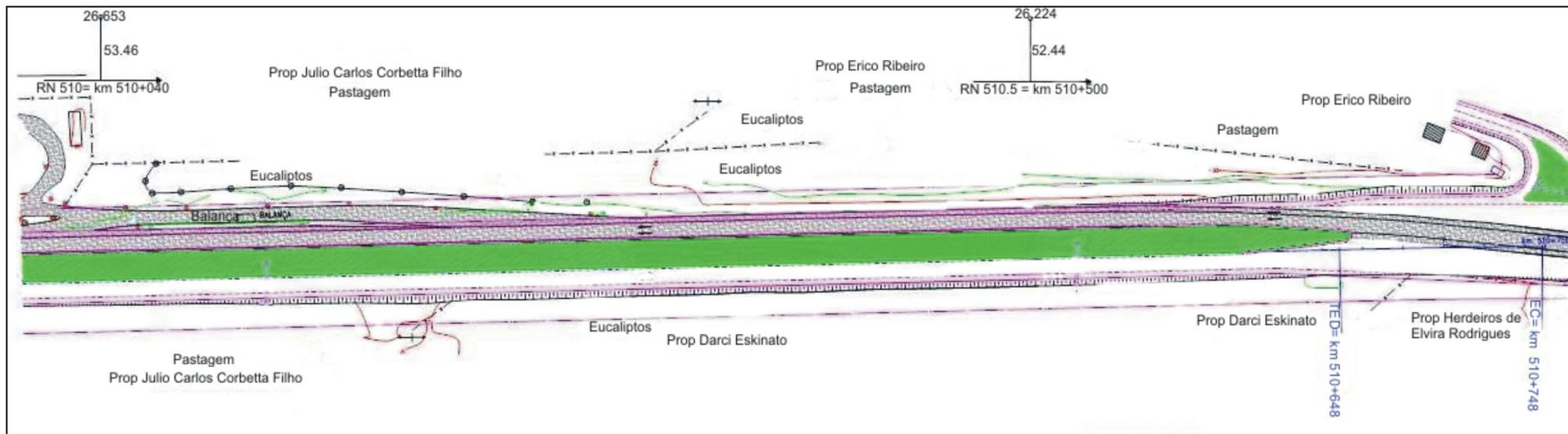


Fonte: Projeto Executivo - Enecon

Figura 3-9—Transposição do km 508+940 – Km 510+960

Legenda

- Canteiro Central
- Rodovia Existente



Fonte: Projeto Executivo - Enecon

Figura 3-10–Fim da transposição do km 508+940 – Km 510+960

Legenda

- Canteiro Central
- Rodovia Existente

Portanto, de acordo com Projeto Executivo da obra, haverá transposição no lado da duplicação em três momentos: km 427+500 ao km 429 + 600; do km 488 + 020 ao km 490 + 640, e do Km 508 + 940 ao km 510 + 960.

As tabelas a seguir estabelecem um comparativo, de forma sintética, referente às alternativas de traçado locais ou pontuais indicados pelo Projeto Executivo, com as vantagens e desvantagens inerentes a cada alternativa, como forma de priorizar a escolha de traçado mais apropriada e viável.

Tabela 3-3 km 427+500 ao km 429 + 600 - Travessia do município de Cristal:

Alternativa	Vantagem	Desvantagem
Travessia da Zona Urbana de Cristal pelo Lado Esquerdo	<ul style="list-style-type: none"> • pelas soluções previstas não haveria necessidade de desapropriações; caso ocorram, seriam de pequena expressão; • necessidade de construção de apenas uma ponte para transpor o rio Camaquã, e outra no arroio Evaristo, com o aproveitamento das obras existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • a necessidade de alargar um corte em rocha, em volume aproximado de 30.000 m³, nas proximidades de residências e reservatório da CORSAN, impondo risco quando da sua execução. Cada detonação realizada obrigaria a interrupção do tráfego na rodovia, até a limpeza do material detonado, que forçosamente ali se depositaria, além dos inevitáveis danos ao pavimento, podendo causar grande desconforto e prejuízos aos usuários em cada uma destas ocasiões. • Alta probabilidade de ser necessário executar corte em rocha para a construção da passagem inferior proposta no km 427+520, o que demandaria detonações junto ao núcleo urbano, e com alto custo de implantação do sistema de drenagem.
Contorno de Cristal - implantação de um novo segmento, em pista dupla, contornando Cristal a leste	<ul style="list-style-type: none"> • separação total do tráfego urbano do tráfego de longo curso; • condições de geometria superiores às existentes atualmente, com conseqüente redução do custo operacional; • nenhuma interferência com o núcleo urbano e total possibilidade de disciplinar o crescimento da cidade em 	<ul style="list-style-type: none"> • a necessidade de desapropriação de áreas para implantação das novas pistas e as conseqüentes dificuldades daí resultantes; • a necessidade de construção de quatro pontes novas; • maior impacto ambiental devido à presença de bastante vegetação e também extensão em zona alagadiça;

Alternativa	Vantagem	Desvantagem
	<p>direção à rodovia;</p> <ul style="list-style-type: none"> • nenhum volume de rocha a escavar. 	<ul style="list-style-type: none"> • necessidade de construção de novo acesso à cidade de Cristal, deixando afastadas da rodovia as atividades econômicas da cidade que com ela se relacionam.
<p>Travessia da Zona Urbana de Cristal pelo Lado Direito</p>	<ul style="list-style-type: none"> • não haveria necessidade de desapropriações; caso ocorram, seriam de pequena expressão; • necessidade de construção de apenas uma ponte para transpor o rio Camaquã, e outra no arroio Evaristo, com o aproveitamento das obras existentes. • a não necessidade do desmonte de maciço rochoso existente nas proximidades do núcleo urbano, o que demandaria detonações, podendo causar grande desconforto e prejuízos aos usuários em cada uma destas ocasiões • Custos totais estimados mais baixos 	<ul style="list-style-type: none"> • situar-se no lado mais estreito da faixa de domínio, acarretando a necessidade de desapropriar algumas propriedades lindeiras à rodovia; • subsistirem os inconvenientes da interferência do tráfego local com aquele de longo curso;

Tabela 3-4 Km 488 + 020 ao km 490 + 640

Alternativa	Vantagem	Desvantagem
<p>Duplicação pelo lado esquerdo da rodovia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Redução no custo de projeto e instalação da rodovia 	<ul style="list-style-type: none"> • Interferências com Arroio que corre ao longo do talude de aterro da rodovia. Para afastá-lo seria necessário um canal de desvio, oneroso, de duvidosa funcionalidade e requerendo constante manutenção
<p>Duplicação pelo lado direito</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A não interferência com Arroio que corre ao longo do talude de aterro da rodovia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento no custo de projeto e instalação

Tabela 3-5 Km 508 + 940 ao km 510 + 960

Alternativa	Vantagem	Desvantagem
Duplicação pelo lado esquerdo da rodovia	<ul style="list-style-type: none"> • Redução no custo de projeto e instalação da rodovia 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervenção com a instalação existente para controle de cargas dos veículos no Km 510 (LE)
Duplicação pelo lado direito	<ul style="list-style-type: none"> • Não intervenção com a instalação existente no Km 510 (LE) para controle de cargas dos veículos 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento no custo de projeto e instalação

Também foi considerada a interferência do traçado da duplicação com os acampamentos indígenas existentes na margem da BR 116/RS.

Embora alguns destes acampamentos se encontrem na faixa de domínio da rodovia, é considerado como alternativa a alteração da largura do canteiro central nestes pontos. A tabela seguir demonstra tais pontos.

Tabela 3-6 Localização de acampamentos indígenas na faixa de domínio

Acampamento	Município	Lado da rodovia	Coordenadas	
			lat	long
AC Petim	Guaíba	LE	461784	6660155
AC Divisa	Barra do Ribeiro	LD	460924	6654004
AC Passo Grande	Barra do Ribeiro	LE	460678	6651413
AC Passo da Estância	Barra do Ribeiro	LE	458006	6637587
AC Raia Pires	Tapes	LD	448234	6614207
AC Arroio Velhaco	Sentinela do Sul	LE	440713	6600189
AC Retiro Velho	Pelotas	LE	373676	6499175

3.1.3 Não Realização do Empreendimento

Na malha rodoviária nacional a BR 116 integra as rodovias arteriais primárias ou secundárias, dependendo do subtrecho, o que define sua classificação funcional e orienta o planejamento das intervenções técnicas a que possa ser submetida. A disposição geográfica, a direção predominante do seu traçado, as metrópoles, portos, áreas industriais e de produção interligadas, por sua vez, comprovam sua vocação para eixo estrutural de transporte para o Mercosul, de forma a não restar dúvidas sobre o valor estratégico dos melhoramentos que se pretende introduzir.

Atualmente o segmento em estudo enquadra-se como rodovia de classe I-B, com pista simples, desenvolvendo-se predominantemente em zona plana, com velocidade diretriz de 80 km/h.

Não existe controle de acesso, as conversões e retornos encontram-se liberados, as interseções não apresentam padronização, em extensão considerável o acostamento encontra-se degradado, as travessias urbanas não receberam tratamento adequado e as condições gerais de segurança e fluidez deixam a desejar.

O significativo volume de tráfego incidente, com elevada participação de veículos de carga, proporciona níveis de serviço inferiores ao nível "C". Juntamente com o incremento de demanda decorrente dos novos mercados originados pelo Mercosul, este fator sinaliza para a necessidade evidente de duplicação de pistas, a curto prazo.

Ressalta-se que a rodovia, após duplicada, deverá se enquadrar como de classe I, com pista dupla, desenvolvendo-se em zona plana, com controle parcial de acesso, de acordo com as "Normas para o Projeto Geométrico de Rodovias", do DNIT.

Consequentemente, deverão ser atingidos os seguintes benefícios fundamentais:

- Redução do índice de acidentes;
- Compatibilização dos acessos e interseções existentes ao padrão estabelecido;
- Redução do custo do transporte como consequência direta das melhorias das condições de operação.
- Redução dos custos do tempo de viagem de passageiros e do tempo de entrega de mercadorias

Com a não duplicação da rodovia em estudo, estima-se que a precariedade das condições de tráfego existentes deva continuar e até mesmo piorar em função do aumento do fluxo de veículos, crescimento e adensamento da população humana, notadamente nas sedes urbanas transpassadas pela BR 116/RS. Outro agravante corresponde à deterioração natural das condições da rodovia existente cuja qualidade sofrerá cada vez mais em função do aumento do uso intensivo dessa rodovia e pelos intemperismos a que essa está exposta.

Assim, essa opção limitaria o desenvolvimento econômico e social da região influenciada pelo empreendimento visto que o fortalecimento da infra-estrutura de transporte é elemento fundamental para o escoamento da produção dos municípios envolvidos.

3.2 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

As técnicas de construção de estradas existentes atualmente favorecem a duplicação de uma obra com um menor custo orçamentário e ambiental, proporcionando melhor qualidade à estrutura estradal. A aplicação de determinadas alternativas tecnológicas considera a viabilização da obra em compatibilidade com a preservação do meio ambiente.

A tecnologia a ser implantada pela Empresas Construtora encontra-se indicada no Projeto de Engenharia, que discrimina todos os tipos de atividades e ações que serão implementadas na obra de duplicação, conforme foi especificado no item 2.2 – Caracterização do Empreendimento.

Para efeito de projeto de duplicação da BR 116/RS é importante o entendimento das etapas distintas, quais sejam: a terraplenagem, que corresponde a fase inicial, onde ocorrem as alterações das inclinações longitudinais, chamadas de greide, bem como da dimensão das faixas destinadas ao tráfego e ao acostamento, chamada de plataforma; e a pavimentação, composta pelas camadas de base, sub-base e revestimento.

O projeto de terraplenagem prevê a execução de aterro ao longo da via, utilizando-se de material proveniente da mistura de solos locais, vindos de empréstimos previamente identificados e estudados, localizados ao longo da via (vide unifilares em anexo).

A exploração dessas áreas de empréstimo impõe a ocorrência de alguns impactos ambientais, em face das atividades de desmatamento, limpeza, escavação, carga e transporte de material. Por isso, foram previstas ações mitigadoras, tais como: reaterro

com material de bota-fora, onde o mesmo estiver disponível; construção de sistema de drenagem, para evitar erosões ou acúmulo indesejado de águas, ou mesmo carreamento de materiais para mananciais de água; dotação da área explorada de relevo adequado, após sua exploração; replantio de árvores.

Salienta-se que a adoção de procedimento de aterro na terraplenagem se faz necessário em face da ampliação da plataforma, dotando a rodovia de melhores condições de trafegabilidade, segurança e conforto.

Na fase de pavimentação da nova pista, no intuito de proporcionar melhores características geo-mecânicas para as camadas de base e sub-base, foram adotadas soluções tecnológicas de mistura de solos identificados ao longo da rodovia, vindos do que se denominou de jazidas, com areia ou seixo, dependendo de condições técnicas e econômicas.

Os impactos ambientais causados pela exploração das jazidas e areais usados na pavimentação são semelhantes ao da exploração de empréstimos, haja vista as similaridades de atividades: desmatamento, escavação, carga e transporte. Assim sendo, as ações mitigadoras também se assemelham: reaterro, drenagem, relevo e arborização.

Para o revestimento da pavimentação foi adotado concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Contudo, cada lote de projeto apresenta diferente estruturação referente a este revestimento. Será apresentada para cada um desses lotes a seguir:

Lote 1

A concepção estrutural das camadas do pavimento anteprojetado acompanha a solução em pavimento flexível adotada na pista existente. O revestimento previsto é de concreto betuminoso usinado a quente. Tendo em vista a inexistência de jazidas de solo com índice suporte compatível com o exigido pelo tráfego previsto para bases estabilizadas granulometricamente, optou-se para base e sub-base camadas de brita graduada. A solução em solo-cimento foi descartada, tendo em vista a baixa frequência de jazidas de solos arenosos, a provável elevada percentagem de cimento associada às percentagens também altas de silte mais argila e de argila. O comparativo econômico efetuado (SICRO de fevereiro de 2001) revela-se, em nível de anteprojeto, bastante desfavorável à base de solo-cimento.

O trecho objeto do anteprojeto foi dividido em três lotes de construção:

- Lote 1.1 - km 291,1 ao km 300
- Lote 1.2 - km 300 ao km 327,1; e
- Lote 1.3 - km 327,1 ao km 350,4.

A análise mecânica das estruturas flexíveis em projetos assemelhados tem revelado a necessidade de revestimentos betuminosos de espessuras maiores quando comparadas as tensões e deformações calculadas nas camadas críticas com as máximas recomendadas nas curvas de fadiga em função do número N e outros parâmetros indicados.

O dimensionamento do pavimento adotado fica assim dividido:

Tabela 3-7 Dimensionamento do pavimento adotado - lote 1

CAMADA	ESPESSURAS (cm)	
	Lote 1.1	Lotes 1.2 e 1.3
CBUQ	14,00	13,00
Base de Brita Graduada	19,00	18,50
Sub-Base de Brita Graduada	19,00	18,50
TOTAL	52,00	50,00

Os acostamentos internos e externos da pista nova terão a mesma estrutura do pavimento da pista de rolamento, não existindo degraus entre a pista e os acostamentos, adotando-se para o tráfego nos acostamentos o mesmo número N da pista de rolamento, tendo em vista a possibilidade de incluir-se futuramente uma terceira faixa na largura implantada do pavimento.

Para as ruas laterais da travessia urbana de Guaíba, nas quais o tráfego considerado no período de projeto igual a 10% do tráfego previsto para o Lote L1.1 ($N = 0,10 \times 4,6 \times 10^7 = 4,6 \times 10^6$) o dimensionamento fica assim apresentado:

Revestimento de CBUQ: 7,5 cm;
Base de BG 21,0 cm;
Sub-base de BG 21,0 cm.

Para as ruas laterais das travessias urbanas de Pedras Brancas, Barra do Ribeiro, Mariana Pimentel e Sertão Santana considerou-se o tráfego das ruas laterais no período de projeto igual a 10% do tráfego previsto para os Lotes L1.2 e Lote L1.3 ($N = 0,10 \times 3,1 \times 10^7 = 3,1 \times 10^6$). A estrutura recomendada é a seguinte:

Revestimento de CBUQ:	7,0 cm;
Base de BG	21,0 cm;
Sub-base de BG	21,0 cm.

Para as ciclovias, que são submetidas a esforços praticamente desprezíveis, não há necessidade de estruturas mais resistentes do que as normalmente utilizadas para os calçamentos das calçadas destinadas ao trânsito de pedestres. Considerando-se a solução adotada para o revestimento das pistas de rolamento das vias paralelas, optou-se pelo revestimento de CBUQ. A base será de brita graduada, com a espessura de 13,0 cm, mínimo considerado por razões executivas. A espessura do revestimento proposto é de 3,0 cm.

Nas paradas de ônibus, tendo em vista as facilidades executivas e as quantidades de serviço envolvidas, manteve-se a mesma estrutura dos pavimentos adjacentes.

Nos retornos e acessos serão adotadas as mesmas estruturas das pistas principais correspondentes.

Lote 2

Para o lote 2 selecionou-se a seguinte estrutura do pavimento, a qual é basicamente a dimensionada pelo método da AASHTO. Ressalta-se que esta estrutura deve abranger inclusive os acostamentos.

Tabela 3-8– Estrutura do Pavimento lote 2

CAMADA	MATERIAL	ESPESSURA (cm)
Superior do Revestimento	CBUQ	5
Intermediária do Revestimento	CBUQ	5
Inferior do Revestimento	CBUQ	6
Base	BG	16
Sub-base	BG	16

Lote 3

No lote 3 a estrutura de pavimento considerada mais adequada para a pista de rolamento e para os acostamentos é a apresentada a seguir:

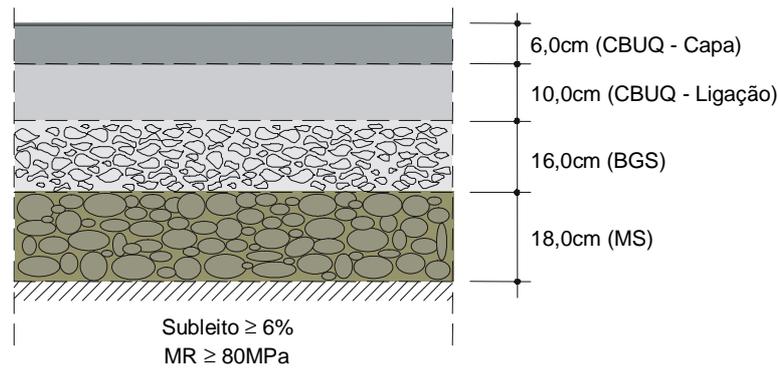


Figura 3-11 – Estrutura de pavimento – Pista de rolamento

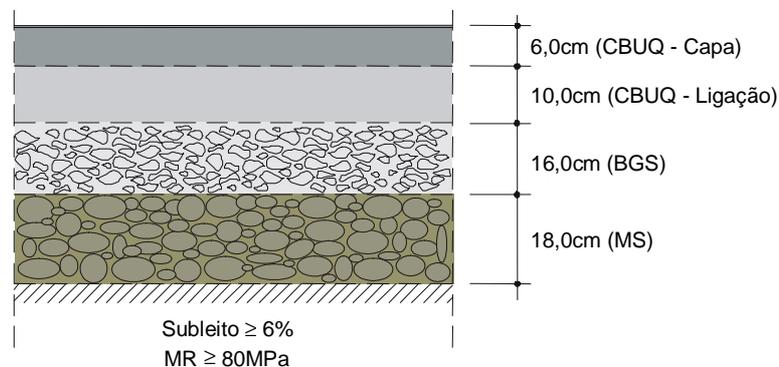


Figura 3-12– Estrutura de pavimento – Acostamentos

É importante destacar que para os últimos 60,0cm superiores da camada de terraplenagem (camada final de terraplenagem), somente serão utilizados solos com $ISC \geq 6\%$ e que apresente valor modular $\geq 80 \text{ MPa}$. (para umidade = (Hot + 2%). Os últimos 20,0cm superiores da camada final de terraplenagem, deverão ser compactados a 100% do PI.

Para as ruas laterais a estrutura prevista é a seguinte:

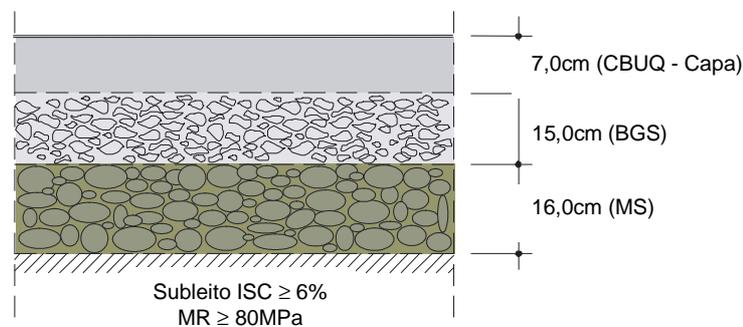


Figura 3-13– Estrutura de pavimento – Pista de rolamento para ruas laterais

Para as interseções e acessos a estrutura adotada será:

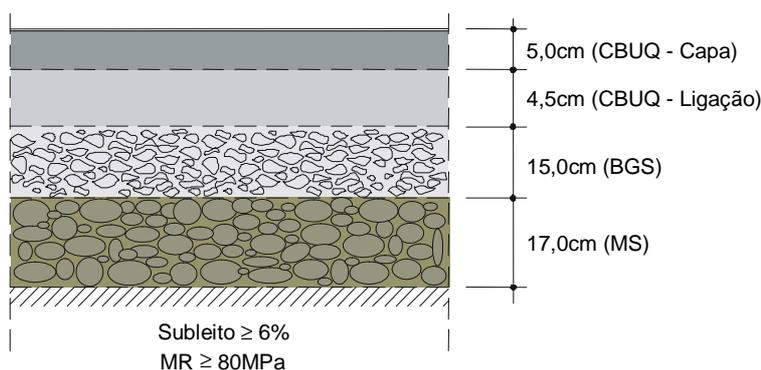


Figura 3-14– Estrutura de pavimento – interseções e acessos

No caso das paradas de ônibus, devido fundamentalmente aos efeitos do tráfego canalizado, esforços verticais elevados, esforços horizontais devido a aceleração, desaceleração, frenagem, será adotada a mesma estrutura da linha geral.

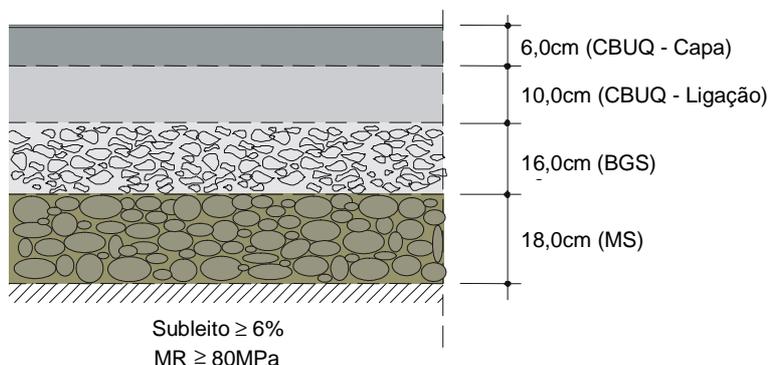


Figura 3-15– Estrutura de pavimento – Baía de estacionamento

Lote 4

Para o lote 4 será adotada a estrutura flexível de 15 cm de CBUQ sobre 28 cm de brita graduada) na pista de duplicação da BR-116, nos ramos das interseções, nos retornos, acessos e paradas de ônibus.

Já nas ruas laterais, para as quais se antevê tráfego extremamente baixo, de caráter essencialmente local, será utilizada a seguinte estrutura:

CBUQ 5 cm;

Brita graduada 20 cm.

Como exceção, referem-se as ruas laterais de Turuçu e acesso a São Lourenço que, por apresentarem tráfego mais elevado, mantém o dimensionamento adotado para as pistas da BR-116, interseções, etc.

No acostamento externo será adotada a seguinte estrutura:

- Para segmentos com CBUQ do reforço do pavimento, da pista com 16 cm de espessura: base de brita graduada de 20 cm;
- Para CBUQ com 12 cm: base de brita graduada de 28 cm.

No acostamento interno, de apenas 1,00 m de largura, na futura seção transversal, deverá ser procedida uma escavação de 0,20 m e a reposição com 0,10 m de BG e 0,10 m de CBUQ, antes de ser efetuado o reforço propriamente dito.