

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**ENGENHARIA CIVIL**

**AMANDA SALES DE OLIVEIRA ASSIS**

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE DRENAGEM DA OBRA DE RESTAURAÇÃO,  
AUMENTO DE CAPACIDADE E DUPLICAÇÃO DA RODOVIA MGC-491 / ENTRº  
BR-381.**

**Varginha**

**2018**

**AMANDA SALES DE OLIVEIRA ASSIS**

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE DRENAGEM DA OBRA DE RESTAURAÇÃO,  
AUMENTO DE CAPACIDADE E DUPLICAÇÃO DA RODOVIA MGC-491 / ENTRº  
BR-381.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentando ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof. Me. Ivana Prado de Vasconcelos.

**Varginha**

**2018**

**AMANDA SALES DE OLIVEIRA ASSIS**

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE DRENAGEM DA OBRA DE RESTAURAÇÃO,  
AUMENTO DE CAPACIDADE E DUPLICAÇÃO DA RODOVIA MGC-491 / ENTRº  
BR-381.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Prof. Me. Ivana Prado de Vasconcelos

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

## RESUMO

O projeto de drenagem da obra de duplicação, aumento de capacidade e restauração da MGC-491 - Varginha / Entrº BR-381 - Três Corações foi realizada por uma empresa situada em Belo Horizonte. Em virtude das poucas visitas em campo e muitas vezes por falta de informações necessárias, as situações apresentadas em projeto acabam por divergirem da realidade encontrada na hora da execução. O problema é que as ideias, os dados estatísticos, os gráficos e as análises criam um cenário, que mesmo sendo convincente, não representam a realidade. Em detrimento disso, neste estudo foram abordados os métodos de dimensionamento dos dispositivos de obra de arte corrente e os procedimentos necessários para execução dos estudos hidrológicos. Além disso, foi realizada uma vistoria em campo para verificação da condição de trabalhabilidade dos bueiros com diâmetro de 0,40 m existentes, e uma análise de caso das orientações dadas em projeto para os referidos dispositivos, com apontamentos para possíveis soluções em virtude da convenção adotada de não utilização deste diâmetro, pelo fato de possuir uma capacidade de vazão limitada e apresentar dificuldade de manutenção e limpeza. A capacidade hidráulica desses dispositivos foi verificada e as sugestões de solução apresentadas para manter, substituir ou remover os bueiros supramencionados foram averiguadas com base nas vazões calculadas para as sub-bacias de contribuição. A coleta e a análise dos dados geográficos foram baseadas em coordenadas UTM retiradas do Google Earth e de cartas topográficas apresentadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; os dados de chuva foram analisados conforme dados obtidos pela Agência Nacional de Águas – ANA. O resultado encontrado no estudo em campo para os bueiros com diâmetro de 0,40 m foi que 52% deverão continuar com a orientação de seguirem o especificado em projeto, para serem mantidos; 25% para serem adequados com manilhas de 0,60 m, 0,80 m ou 1,20m, e os 23% restantes, com orientação de exclusão do prolongamento estabelecido, sendo determinadas sarjetas para coleta dos deflúvios e descarga em outros bueiros existentes e/ou projetados, com manilhas maiores. Com base nos resultados encontrados, averiguou-se que as alterações podem ser executadas sem perda da condição hidráulica. Entretanto, apresentou um grande impacto financeiro. Essas alterações precisam ser, e foram, concretizadas para que a execução fique padronizada conforme o estabelecido pela Prefeitura e pelo Departamento de Edificação e Estradas de Rodagem locais.

**Palavras-chave:** MGC-491 Entrº BR-381. Avaliação de Projeto. Drenagem.



## **ABSTRACT**

*The MGC-491 - Varginha / Entr<sup>o</sup> BR-381 - Três Corações duplication, capacity building and restoration project was carried out by a company located in Belo Horizonte. Due to the few visits in the field and often for lack of necessary information, the situations presented in the project end up diverging from the reality found at the time of execution. The problem is that ideas, statistical data, graphs and analysis create a scenario, which, while convincing, does not represent reality. To the detriment of this, the present study dealt with the methods of designing the devices of current works of art and the procedures necessary to carry out the hydrological studies. In addition, a field survey was carried out to verify the condition of workability of the existing 0.40 m diameter sewers, and a case analysis of the design guidelines for these devices, with notes for possible solutions by virtue of the convention adopted for not using this diameter, because it has a limited flow capacity and presents difficulties in maintenance and cleaning. The hydraulic capacity of these devices was verified and the solution suggestions presented to maintain, replace or remove the aforementioned culverts were investigated based on the calculated flows for the contribution sub-basins. The collection and analysis of the geographic data were based on UTM coordinates taken from Google Earth and from topographic charts presented by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE); the rainfall data were analyzed according to data obtained by the National Water Agency (ANA). The result found in the field study for the 0,40m diameter culverts was that 52% should continue with the orientation of following the one specified in the project, to be maintained; 25% to be suitable with 0.60 m, 0.80 m or 1.20 m shackles, and the remaining 23%, with exclusion orientation of the established extension, being gutters for collecting the flowing and discharge in other existing sewers and / or designed with larger shackles. Based on the results found, it was verified that the changes can be executed without loss of the hydraulic condition. However, it had a major financial impact. These changes need to be, and have been, implemented so that the execution is standardized as established by the City Hall and the local Department of Edification and roads.*

**Key words:** *MGC-491 junction BR-381. Project Evaluation. Drainage.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01</b> – Perfil Longitudinal .....	13
<b>Figura 02</b> – Vista dos bueiros em planta .....	13
<b>Figura 03</b> – BSTC Ø=0,40 m (est. 344+14,84 PD) com caixa à montante e ala à jusante ligeiramente assoreada .....	13
<b>Figura 04</b> – BSTC Ø=0,40m (est. 348+16,32 PD) com caixa à montante e ala à jusante desobstruída. ....	14
<b>Figura 05</b> – BSTC Ø=0,40m (est. 361+1,38 PD) com caixa à montante em condições de trabalho ala à jusante assoreada, necessitando de limpeza. ....	14
<b>Figura 06</b> – BSTC Ø=0,40m (est. 366+0,00 PD) com caixa à montante e ala à jusante desobstruída. ....	15
<b>Figura 07</b> – BSTC Ø=0,40m (est. 393+9,22 PD). Dispositivo completamente aterrado .....	15
<b>Figura 08</b> – Mapa de Situação .....	24
<b>Figura 09</b> – Mapa Geológico .....	25
<b>Figura 10</b> – Histograma de precipitação .....	26
<b>Figura 11</b> – Histograma de dias de chuva .....	26
<b>Figura 12</b> – Mapa de Delimitação das Bacias Hidrográficas. ....	27
<b>Figura 13</b> – Recorrência de 100 anos.. ....	46
<b>Figura 14</b> – Recorrência de 200 anos.. ....	46

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> – Relação Bueiros DN 40.....	17
<b>Quadro 02</b> – Coeficientes de Deflúvio no Método Racional. ....	30
<b>Quadro 03</b> – Coeficientes de Deflúvio no Método do Hidrograma Triangular Sintético.....	32
<b>Quadro 04</b> – Dados inseridos para Recorrência de 100 anos – Bacia 1A.....	35
<b>Quadro 05</b> – Recorrência de 100 anos – Bacia 1A. ....	35
<b>Quadro 06</b> – Dados inseridos para Recorrência de 100 anos – Bacia 1B.....	36
<b>Quadro 07</b> – Recorrência de 100 anos – Bacia 1B.....	36
<b>Quadro 08</b> – Dados inseridos para Recorrência de 100 anos – Bacia 1C.....	37
<b>Quadro 09</b> – Recorrência de 100 anos – Bacia 1C.....	37
<b>Quadro 10</b> – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1A.....	39
<b>Quadro 11</b> – Recorrência de 200 anos – Bacia 1A. ....	39
<b>Quadro 12</b> – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1B.....	40
<b>Quadro 13</b> – Recorrência de 200 anos – Bacia 1B.....	41
<b>Quadro 14</b> – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1C.....	42
<b>Quadro 15</b> – Recorrência de 200 anos – Bacia 1C.....	42
<b>Quadro 16</b> – Resumo - Bacias.....	43
<b>Quadro 17</b> – Estaqueamento das bacias difusas e sub-bacias. ....	44
<b>Quadro 18</b> – Resumo - sub-bacias.....	44
<b>Quadro 19</b> – Resumo – bacias difusas. ....	45
<b>Quadro 20</b> – Vazões das sub-bacias.....	47
<b>Quadro 21</b> – Vazões das bacias difusas. ....	47
<b>Quadro 22</b> – Capacidade hidráulica dos bueiros por seção.....	47
<b>Quadro 22</b> – Capacidade hidráulica dos bueiros.....	47
<b>Quadro 23</b> – Análise hidráulica dos bueiros. ....	49
<b>Quadro 24</b> – Quantitativo e custo.....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DNIT .....	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FEAM .....	Fundação Estadual do Meio Ambiente
DEER .....	Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem
ANA .....	Agência Nacional das Águas
BSTC .....	Bueiro Simples Tubular de Concreto
OAE .....	Obra de Arte Especial
OAC .....	Obra de Arte Corrente
EST .....	Estaca

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Objetivos Gerais .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>3. BREVE DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>12</b>
<b>4. PROJETO .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Memorial Descritivo .....</b>	<b>22</b>
4.1.1 Caracterização do local.....	22
4.1.2 Caracterização das bacias hidrográficas .....	26
<b>4.2 Memorial de Cálculo e Planilhas.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Especificação de Materiais e Serviços.....</b>	<b>57</b>
4.3.1 Movimentação de Terra.....	57
4.3.2 Bueiros.....	57
4.3.3 Concreto .....	58
<b>4.4 Quantitativo e Estimativa de Custo .....</b>	<b>59</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE – Perfis dos bueiros Ø=0,40 m analisados .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO – Projeto geométrico da rodovia MGC-491 entrº BR-381 .....</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A MGC-491 é uma rodovia estadual delegada pelo DNIT ao DEER/MG, com traçado concomitante com a BR-491. Em outubro de 2017 teve sua obra de “Duplicação, Aumento de Capacidade e Restauração” inicializada, no trecho que se inicia no perímetro urbano de Varginha e termina no entroncamento com a BR-381, totalizando em 18,1 km de malha rodoviária a ser duplicada e restaurada.

Por seu turno, Varginha destaca-se por ser um dos principais centros de comércio e produção de café do Brasil e do mundo, possuindo um Porto Seco com intensa movimentação de exportação de café, escoando a maior parte da produção do Sul de Minas, promovendo o comércio desse produto com diversos países. Ela conta com localização privilegiada e estratégica, equidistante das 3 (três) principais capitais estaduais: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, além de estar à margem do Lago de Furnas.

Tendo em vista sua importância econômico-social, o dimensionamento dos dispositivos de drenagem deve ser executado adequadamente, a fim de evitar danos sérios à estrutura rodoviária, como a erosão de taludes, destruição da estrutura do pavimento e rompimento de aterros, garantindo destino adequado às águas coletadas.

Em virtude dessa realidade, e sabendo que todo projeto sofre alterações e que os executores encontram, na hora de executar a obra, realidades diferentes das analisadas em projeto, nota-se uma necessidade de averiguação dos dispositivos de obra de arte-corrente para o adequado reajustamento à realidade encontrada in loco, objetivo do estudo em pauta.

No projeto em análise, os dispositivos de drenagem e todo seu conjunto serão dimensionados em conformidade com o padrão DEER-MG. No primeiro capítulo será apresentado um breve diagnóstico da vistoria realizada em campo para verificação da condição de trabalhabilidade dos bueiros  $\varnothing = 0,40$  m existentes com apontamentos para possíveis soluções em virtude da convenção adotada de não utilização deste diâmetro, pelo fato de possuir uma capacidade de vazão limitada e apresentar dificuldade de manutenção e limpeza.

No segundo capítulo são apresentados o memorial descritivo, contendo a caracterização do local, das bacias hidrográficas e dimensionamento hidráulico; memorial de cálculo e planilhas, em que são apresentados todos os resultados das análises realizadas; e a especificação de materiais e serviços, onde contém as orientações de como os serviços devem ser executados e quais materiais utilizados.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade técnica e o impacto financeiro, da redução dos dispositivos de obra de arte-corrente da obra de duplicação e aumento de capacidade da rodovia MGC-491 - Varginha / Entrº BR 381 - Três Corações.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Levantar dados de campo, como relatório fotográfico e análise real da drenagem da rodovia in loco;
- Realizar análise hidrológica da região;
- Apresentar uma análise e diagnósticos, através de dados levantados em campo, a fim de propor possíveis soluções para divergências encontradas entre o projeto e a execução dos dispositivos de drenagem;
- Comprovar, através de cálculos de análise hidráulica, a eficiência das alterações indicadas; e
- Apresentar impacto financeiro ocasionado pelas modificações sugeridas.

### 3. BREVE DIAGNÓSTICO

Em análise ao Projeto de Drenagem desenvolvido pela Planex S/A, acompanhada de vistorias realizadas em todos os bueiros existentes com  $\varnothing=0,40$  m, entre as estacas 0,00+0,00 a 905+10,00, verifica-se a presença de:

- 26 BSTC -  $\varnothing 0,40$  m a serem prolongados, sendo 10 à montante, 15 à jusante e 3 com prolongamento em ambas as direções.
- 5 BSTC -  $\varnothing 0,40$  m a serem substituídos;
- 9 BSTC -  $\varnothing 0,40$  m a serem mantidos;
- 4 BSTC -  $\varnothing 0,40$  m a serem removidos;
- 4 BSTC -  $\varnothing 0,40$  m a serem enterrados, demolidos ou abandonados;
- Inexistência de bueiros de grotta com  $\varnothing 0,40$ .

É estabelecido, por meio de convenção, a não utilização de bueiros com diâmetro de 40 cm em sistema de drenagem pluvial urbana, visto que sua manutenção e limpeza são de difícil execução, além de possuírem uma capacidade reduzida de vazão. Os BSTC  $\varnothing=0,40$  representam mais de 60% dos bueiros da obra.

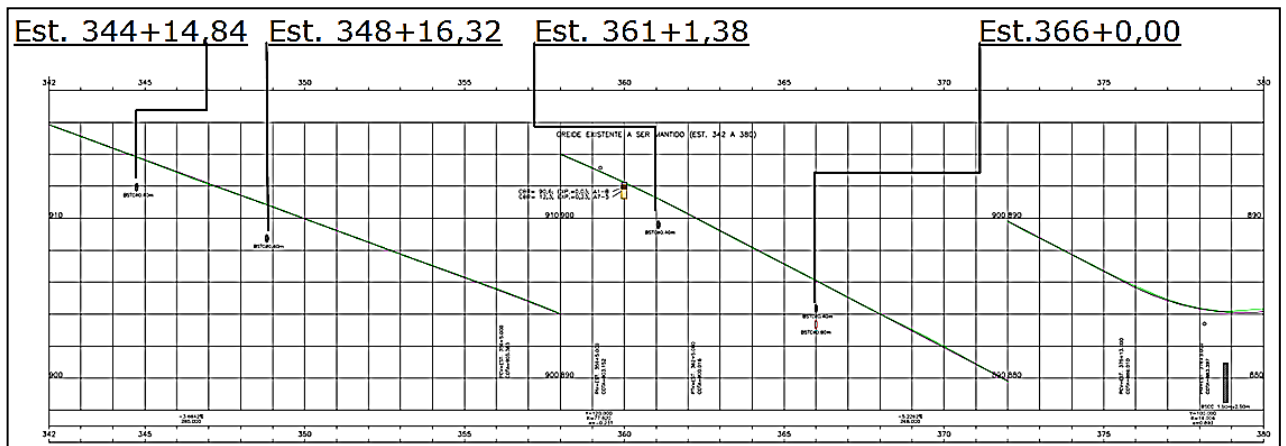
O projeto indica o alongamento dos referidos dispositivos localizados nas estacas: 114+9,45, 174+10,00, 344+14,84, 348+16,32, 361+1,38, 393+9,22, 423+9,37, 452+10,08, 538+5,44, 540+14,32, 544+7,83, 547+13,33, 563+6,91, 602+18,14, 619+10,65, 628+19,15, 636+11,41, 645+7,63, 687+0,54, 776+10,54, 801+19,46, 804+16,86, 815+13,35, 855+8,10.

Com a inspeção em campo, é possível perceber que alguns dos bueiros mencionados perderam sua funcionalidade em detrimento da falta de manutenção e da insuficiência para captação e condução das águas que por eles passam. Para facilitar o entendimento, foram separados, em casos, e analisados individualmente, cada condição encontrada na vistoria em campo.

Em cada caso, foram averiguadas as condições visuais (Figuras de 03 a 07) de trabalhabilidade dos bueiros por área de contribuição das sub-bacias, através da visita no trecho explorado. Posteriormente, foram analisados individualmente, no projeto geométrico apresentado pela Planex S/A, os perfis longitudinais do terreno (Figura 01) e a vista em planta (Figura 02) de onde se encontram cada bueiro. Para melhor compreensão, também foram analisadas, via Google Earth, as áreas de contribuição de cada trecho. Como a análise a seguir.

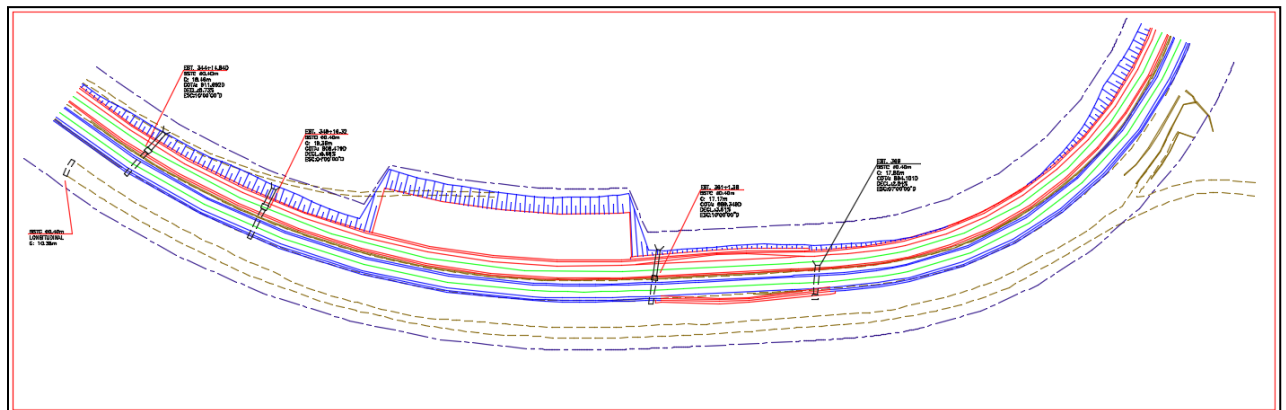


**Figura 01** – Perfil Longitudinal.



Fonte: Planex, 2013.

**Figura 02** – Vista dos bueios em planta.



Fonte: Planex, 2013.

**Figura 03** - BSTC Ø=0,40 m (est. 344+14,84 PD) com caixa à montante e ala à jusante ligeiramente assoreada



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 04** - BSTC  $\varnothing=0,40\text{m}$  (est. 348+16,32 PD) com caixa à montante e ala à jusante desobstruída.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 05** - BSTC  $\varnothing=0,40\text{m}$  (est. 361+1,38 PD) com caixa à montante em condições de trabalho ala à jusante assoreada, necessitando de limpeza.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 06** - BSTC  $\varnothing=0,40\text{m}$  (est. 366+0,00 PD) com caixa à montante e ala à jusante desobstruída.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 07** - BSTC  $\varnothing=0,40\text{m}$  (est. 393+9,22 PD). Dispositivo completamente aterrado.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Com a visita em campo foi possível constatar que as condições dos bueiros que o projeto pede prolongamento são as seguintes: 114+9,45 LE - caixa à montante danificada e ala à jusante desobstruída, necessitando de limpeza; 268+9,65 LD - caixa à montante desobstruída e ala à jusante ligeiramente assoreada, necessitando de limpeza; 276+3,25 LD -



caixa à montante em condições de trabalho e ala à jusante assoreada, necessitando de limpeza; 344+14,84 PD - caixa à montante e ala à jusante ligeiramente assoreada, necessitando de limpeza; 348+16,32 PD - caixa à montante e ala à jusante desobstruída.

Estaca 361+1,38 PD - caixa à montante em condições de trabalho ala à jusante assoreada, necessitando de limpeza; 366+0,00 PD - com caixa à montante e ala à jusante desobstruída; 393+9,22 PD - dispositivo completamente aterrado; 423+9,37 PE - caixa à montante em condições de trabalho ala à jusante coberta por mato necessitando de limpeza; 452+10,00 PD - Caixa à montante em condições de trabalho ala à jusante assoreada, necessitando de limpeza; 538+5,44 PE - caixa à montante em condições de trabalho ala à jusante ligeiramente assoreada, necessitando de limpeza.

Estaca 540+14,32 PE - caixa à montante necessitando de limpeza e ala à jusante desobstruída; 544+7,83 PE - caixa à montante e ala à jusante desobstruída e em condição de trabalho; 547+13,33 PE - caixa à montante e ala à jusante ligeiramente obstruída, necessitando de limpeza; 602+18,14 PE - caixa à montante e ala à jusante ligeiramente obstruída, necessitando de limpeza; 619+10,65 PE - caixa em bom estado de conservação obstruída. Bueiro encontra-se afogado; 628+19,15 PE - caixa em bom estado de conservação, ala obstruída. Bueiro encontra-se ligeiramente assoreado.

Estaca 636+11,41 PE - caixa em bom estado de conservação. Ala obstruída. Bueiro encontra-se afogado; 645+7,63 PE - caixa danificada, ala obstruída. Bueiro encontra-se afogado; 687+0,54 PE - caixa trabalhando, ala desobstruída; 801+19,46 PD - caixa em bom estado de conservação. Ala ligeiramente assoreada; 804+16,86 PD - caixa em bom estado de conservação. Ala completamente obstruída; 815+13,35 PD - caixa à montante e ala à jusante obstruída; 855+8,10 PD - caixa à montante trabalhando e ala à jusante ligeiramente obstruída.

Dessa forma, pode-se dizer que há ausência de trabalhabilidade em 20 bueiros dos 24 que o projeto indica prolongamento, sendo que 9 estão danificados e 11 assoreados, necessitando de limpeza. Com base nesses dados, é apresentado na sequência, o Quadro 01, que contém a relação dos bueiros analisados, o indicado em projeto e o sugerido para a adequação. Os estaqueamentos mencionados dos referidos dispositivos em estudo podem ser analisados e verificados no projeto geométrico que se encontra em Anexo. Os perfis dos bueiros estão localizados no Apêndice.

Rodovia: MGC-491			Trecho: VARGINHA - ENTR°. BR-381									
Existente			Projeto				Adequação					
Localização	Pista	Bueiro Existente	Obra Projetada	Acréscimo			Obs.	Obra Adequada	Acréscimo			Obs.
		Tipo		(Acréscimo)	Montante	Jusante			Total	(Acréscimo)	Montante	
E/D												
268+9,65	E	BSTC	BSTC DN 0,40 m	13	0	39,2	Construir CX-01 (H=1,30m) à montante.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 1,20m).
276+3,25	E	BSTC	BSTC DN 0,40 m	15	0	34,3	Construir CX-01 (H=1,10m) à montante.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 2,20 m).
0,00+15,00	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.	Manter.	0	0	-	Bueiro existente a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.
344+14,84	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	13	31,5	Construir CCS-01 no canteiro central. Construir DAD-04 (C=3,90m) e DEB-03 à jusante.	BSTC DN 0,60 m	0	13	31,46	Construir CCS-01 no canteiro central. Construir DAD-04 (C=3,90m) e DEB-03 à jusante.
348+16,32	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	11	30,4	Construir CCS-05 no canteiro central. Construir DAD-04 (C=8,50m) e DEB-03 à jusante.	BSTC DN 0,60 m	0	11	30,36	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Construir CCS-05 no canteiro central. Construir DAD-04 (C=8,50m) e DEB-03 à jusante.
361+1,38	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	15	32,2	Remover 1,10m à jusante do bueiro existente. Construir CCS-09 no canteiro central, na junção do bueiro existente com o prolongamento. (Prolong. 1,5%)	BSTC DN 0,60 m	0	15	32,17	Remover 1,10m à jusante do bueiro existente. Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Construir CCS-09 no canteiro central, na junção do bueiro existente com o prolongamento. (Prolong. 1,5%)
366+0,00	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0		-	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído.	BSTC DN 0,80 m	8	21	18	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído por BSTC de Ø=0,80
393+9,22	D	BSTC	BSTC DN 0,40m	0	12	-	Construir CCS-05 no canteiro central.	BSTC DN 0,60 m	0	12	12	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Construir CCS-05 no canteiro central.

Rodovia: MGC-491			Trecho: VARGINHA - ENTRº. BR-381									
Existente			Projeto				Adequação					
Localização	Pista	Bueiro Existente	Obra Projetada	Acréscimo			Obs.	Obra Adequada	Acréscimo			Obs.
		Tipo		(Acréscimo)	Montante	Jusante			Total	(Acréscimo)	Montante	
423+9,37	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	14	3	17	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central. Construir CX-01 (H=1,70m) e DSC-01 (C=4,10m e L=0,60m) à montante.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 2,00m).
452+10,08	D	BSTC	BSTC DN 0,40m	16	3	19	Construir CX-01 (H=2,00m) à montante e CCS-09 no canteiro central, já junção do bueiro existente com o prolongamento. Construir DAD-04 (C=5,00m) e DEB-03 à jusante.	BSTC DN 0,60 m	19	18,18	37,18	Substituir bueiro existente por BSTC Ø=0,60. Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Construir CX-01 (H=2,00m) à montante e CCS-09 no canteiro central, já junção do bueiro existente com o prolongamento. Construir DAD-04 (C=5,00m) e DEB-03 à jusante.
495+2,59	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro a ser mantido.	Manter.	0	0	-	Bueiro a ser mantido.
502+12,03	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro a ser mantido.	Manter.	0	0	-	Bueiro a ser mantido.
507+0,41	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro a ser mantido.	Manter.	0	0	-	Bueiro a ser mantido.
538+5,44	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	15	0	15	Construir CX-01 (H=1,40m) à montante.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 2,00m).
540+14,32	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	15	0	15	Construir CX-01 (H=1,40m) e DSC-01 (C=3,70m e L=0,60m) à montante.	BSTC DN 0,60 m	15	18,15	33,15	Substituir bueiro existente por BSTC Ø=0,60. Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Construir CX-01 (H=1,40m) e DSC-01 (C=3,70m e L=0,60m) à montante.
544+7,83	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	14	0	14	Construir CX-01 (H=1,40m) à montante. O prolongamento deverá ser construído com declividade de 1,50%.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 2,20m).

Rodovia: MGC-491			Trecho: VARGINHA - ENTR°. BR-381									
Existente			Projeto				Adequação					
Localização	Pista	Bueiro Existente	Obra Projetada	Acréscimo			Obs.	Obra Adequada	Acréscimo			Obs.
		Tipo		(Acréscimo)	Montante	Jusante			Total	(Acréscimo)	Montante	
E/D												
547+13,33	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	15	0	15	Construir CX-01 (H=1,20m) à montante. O prolongamento deverá ser construído com declividade de 1,50%.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 2,00m).
552+17,33	E	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central, a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.	Manter.	0	0	-	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central, a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.
563+6,91	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	13	0	13	Construir CX-01 (H=2,00m) e DSC-01 (C=2,80m e L=0,60m) à montante. O prolongamento deverá ser construído com declividade de 1,50%.	Demolido.	0	0	-	Bueiro existente. Será demolido ou enterrado.
567+10,97	E	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central, a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.	Manter.	0	0	-	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central, a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.
578+18,79	E	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central, a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.	Manter.	0	0	-	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central, a ser mantido, sem necessidade de prolongamento.
602+18,14	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	0	3	3	Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central.	BSTC DN 0,60 m	0	3	-	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Bueiro existente com caixa à montante, coletando as águas do canteiro central.
619+10,65	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	12		12	Construir CX-01 (H=2,20m) à montante.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 2,30m).

Rodovia: MGC-491			Trecho: VARGINHA - ENTRº. BR-381									
Existente			Projeto				Adequação				Obs.	
Localização	Pista	Bueiro Existente	Obra Projetada	Acréscimo			Obs.	Obra Adequada	Acréscimo			
		Tipo		(Acréscimo)	Montante	Jusante			Total	(Acréscimo)		Montante
E/D												
628+19,15	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	14	2	16	Construir CX-01 (H=1,50m) à montante. O prolongamento de montante deverá ser construído com declividade de 1,50%.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Aproveitar Caixa existente para coleta de água em canteiro central.
636+11,41	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	15	0	15	Construir CX-01 (H=1,20m) à montante. O prolongamento deverá ser construído com declividade de 1,50%.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Construir CCS-01 no canteiro central (h = 1,80m).
645+7,63	E	BSTC	BSTC DN 0,40m	16	0	16	Construir CX-01 (H=2,50m) à montante. O prolongamento deverá ser construído com declividade de 3,00%. Lançamento em cota superior à do fundo da caixa.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Aproveitar Caixa existente para coleta de água em canteiro central.
687+0,54	E	BSTC	BSTC DN 0,40 m	13	0	13	Bueiro com caixa coletora no canteiro central.	Não executar.	0	0	-	Não executar prolongamento. Aproveitar Caixa existente para coleta de água em canteiro central.
698+12,12	E	BDTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente insuficiente a ser substituído.	BSTC DN 1,20 m	11	29	18	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído por BSTC de Ø=1,20
713+6,11	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente. Será demolido ou enterrado.	BSTC DN 0,80 m	0	0	-	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído por BSTC de Ø=0,80
719+13,53	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente. Será demolido ou enterrado.	BSTC DN 0,80 m	0	0	-	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído por BSTC de Ø=0,80
772+15,86	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente insuficiente a ser removido.	BSTC DN 0,60 m	0	0	-	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído por BSTC de Ø=0,60
772+17,22	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente insuficiente a ser substituído.	BSTC DN 0,80 m	7	25	18	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído por BSTC de Ø=0,80



Rodovia: MGC-491			Trecho: VARGINHA - ENTRº. BR-381									
Existente			Projeto				Adequação					Obs.
Localização	Pista	Bueiro Existente	Obra Projetada	Acréscimo		Total	Obs.	Obra Adequada	Acréscimo		Total	
		Tipo		(Acréscimo)	Montante				Jusante	(Acréscimo)		
	E/D											
776+10,54	D	BSTC	BSTC DN 0,40m	0	11	11	Reconstruir laje de fundo da caixa existente à montante (V=0,34m³ de concreto simples). Construir DAD-04 (C=1,40m) e DEB-03 à jusante.	BSTC DN 0,60 m	0	11	11	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Reconstruir laje de fundo da caixa existente à montante (V=0,34m³ de concreto simples). Construir DAD-04 (C=1,40m) e DEB-03 à jusante.
801+19,46	D	BSTC	BSTC DN 0,40m	0	15	15	Construir CCS-05 em cima do bueiro existente, no canteiro central.	BSTC DN 0,60 m	0	15	15	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Construir CCS-05 em cima do bueiro existente, no canteiro central.
804+16,86	D	BSTC	BSTC DN 0,40m	0	15	15	Construir CCS-09 em cima do bueiro existente, no canteiro central.	BSTC DN 0,60 m	0	15	15	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,60. Construir CCS-09 em cima do bueiro existente, no canteiro central.
815+13,35	D	BSTC	BSTC DN 0,40m	0	12	12	Bueiro a ser mantido.	BSTC DN 0,80 m	0	12	12	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,80. Bueiro a ser mantido.
855+8,10	D	BSTC	BSTC DN 0,40m	0	11	11	Remover 12m à montante do bueiro. Construir CCS-01 em cima do bueiro existente, no canteiro central.	BSTC DN 0,80 m	0	11	11	Executar prolongamento com manilhas de Ø=0,80. Remover 12m à montante do bueiro. Construir CCS-01 em cima do bueiro existente, no canteiro central.
868+9,07	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído na estaca 868+0,00.	BSTC DN 0,80 m	15,7	35,3	18	Bueiro existente, insuficiente a ser substituído por BSTC de Ø=0,80na estaca 868+0,00.
878+7,91	D	BSTC	BSTC DN 0,40 m	0	0	-	Bueiro existente a ser tamponado e abandonado.	Demolido.	0	0	-	Bueiro existente a ser tamponado e abandonado.

Fonte - Elaborado pelo autor.

## 4. PROJETO

### 4.1 Memorial Descritivo

#### 4.1.1 Caracterização do local

A MGC-491 é uma rodovia estadual delegada pelo DNIT ao DEER/MG, com traçado coincidente à BR-491, rodovia de ligação federal pertencente ao Plano Rodoviário Nacional, aprovado pela Lei Federal 5.917 de 10 de setembro de 1973, ainda em vigor, com extensão total de 263,6 km. Essa rodovia tem seu início no entroncamento com a BR-265 em São Sebastião do Paraíso, e passa por Itamogi, Guaranésia, Muzambinho, Monte Belo, Areado, Paraguaçu, Elói Mendes, Monte Santo de Minas, Arceburgo, Guaxupé, Alfenas, Varginha e termina no entroncamento com a BR-381 em Três Corações. Isso pode ser observado na Figura 8. O trecho em análise tem 18,10 km de extensão.

Segundo dados ofertados pela Planex Consultoria, empresa responsável pela análise de caso e proposta de solução, o trecho em estudo enquadra-se na Classe I na avaliação de Nível de Serviço, que, segundo Highway Capacity Manual (N.R.C., 2000), refere-se a rodovias que necessitam de grande mobilidade no tráfego, em razão de sua importância funcional. São vias arteriais primárias ou secundárias de sistema rodoviário estadual ou federal, destinadas basicamente ao tráfego de longa distância, que são necessárias altas velocidades de percurso e poucas restrições nas operações de ultrapassagem.

O trecho em obras da MGC-491 (Entrº BR-381 – Varginha) está localizado no sudoeste do Estado de Minas Gerais, vide Figura 08. Geograficamente possui seu traçado posicionado entre as coordenadas UTM E = 454.233/ N = 7.613.761 e E = 465.092/ N = 7.603.502. Hidrograficamente, o trecho está situado na bacia do rio Verde, afluente principal da margem esquerda do Rio Grande. Na região do trecho o principal afluente é o Rio Palmela, afluente da margem esquerda do Rio Verde.

Este segmento de rodovia localiza-se em área de clima classificado, segundo Nimer (1989), como Tropical Mesotérmico Brando Úmido, em que há predominância de temperaturas amenas durante todo ano, em função da orografia. Em quase todas estas áreas o verão é brando e o inverno é bastante sensível. Em concordância com a CPRM (2008), as altitudes na área das Folhas Varginha e Itajubá variam de 780m, no leito do Rio Verde a sudoeste da cidade de Varginha, até 2.350m, na Serra da Mantiqueira, entre os picos do Itaguapé e dos Marins.

Edmon Nimer (1989) classifica o clima como tropical de altitude, caracterizado por verões brandos e úmidos e invernos secos. A CPRM (2008) afirma que ao longo do ano a média da temperatura máxima varia em torno de 27°C e da mínima em torno de 15°C, podendo chegar próximo de 0°C nas altitudes mais elevadas, durante invernos mais rigorosos.

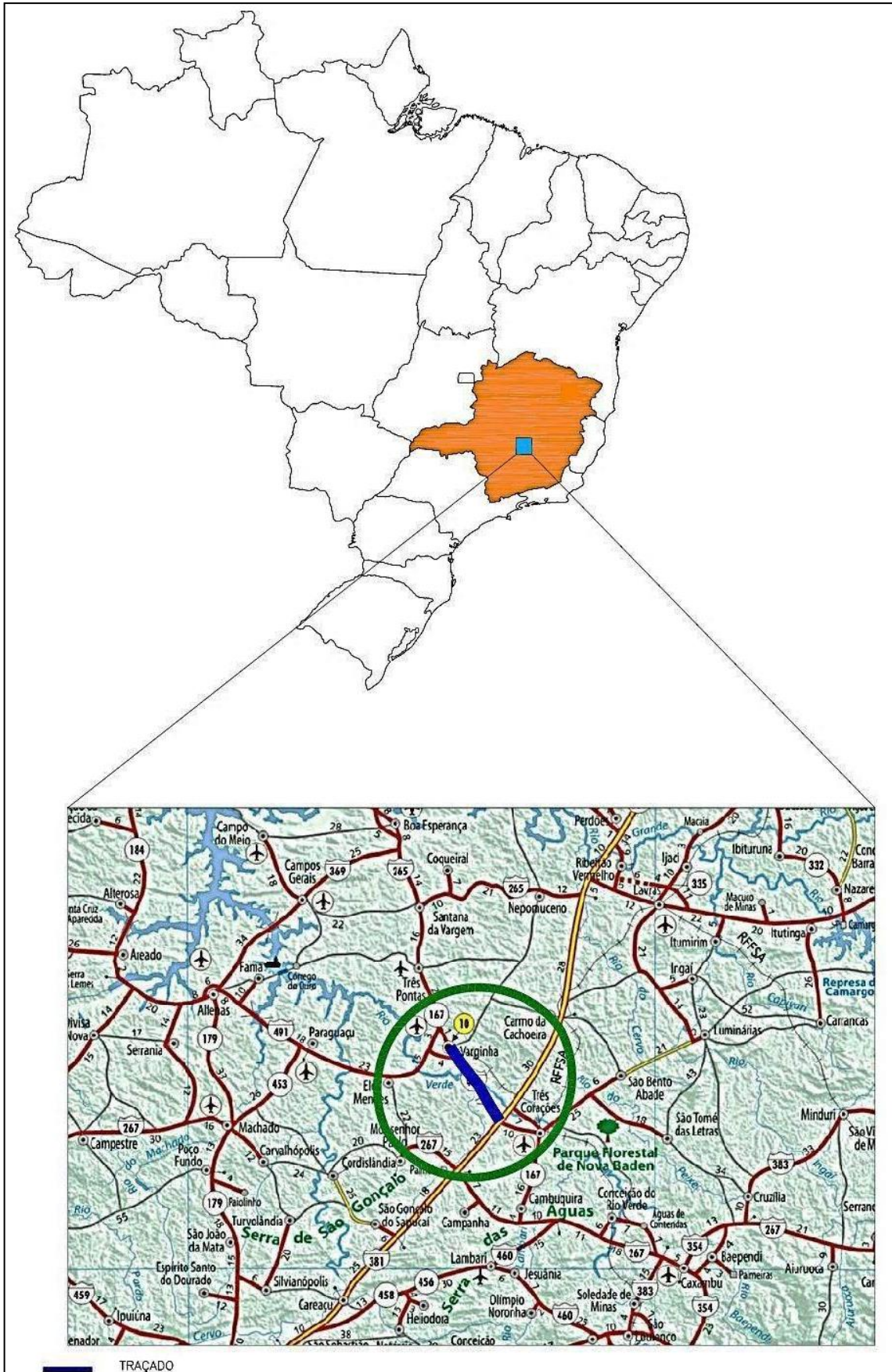
Segundo Edmon Nimer (1989), a região sudeste brasileira, onde se localiza a área em estudo, caracteriza-se por uma notável diversificação climática, função da atuação simultânea de diversos fatores, sendo alguns de ordem estática, outros de natureza dinâmica. Ele explica que os fatores estáticos compreendem a posição e o relevo. A região Sudeste está situada entre os paralelos 14° a 25° sul, o que resulta na localização de quase todas as suas terras na zona tropical.

Com relação ao relevo, e de acordo com o mesmo Elaborado pelo autor., a região Sudeste oferece os maiores contrastes morfológicos do Brasil, onde são constantes as variações entre as superfícies elevadas, vales amplos e rebaixados, e numerosas "serras". Esse caráter de sua topografia favorece as precipitações, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica, notadamente durante a passagem de correntes perturbadas.

Segundo dados do IBGE (2010), são encontrados na região três tipos de solo: Latossolo vermelho, que são solos de baixa fertilidade, porém altamente mecanizáveis e de boa produtividade, se aplicadas técnicas corretivas. Cambissolo álico, geralmente distróficos e associados a relevo ondulado e fundo de vales, são rasos e possuem alta erodibilidade. Argilossolo vermelho-amarelo, que são solos distróficos, horizonte B com argila. Este tipo de solo é associado a relevos fortemente ondulados a montanhosos.

Na área da Folha Varginha ocorrem duas morfologias distintas caracterizadas por colinas e serras. Na parte sudeste da área predomina relevo composto por serras orientadas aproximadamente na direção sudoeste-nordeste, orientação relacionada com a tectônica de cavalgamento de nappes vinculada a Faixa Brasília. Essas serras apresentam desníveis de 150 a 600 metros, e podem ser compostas por paragnaisses (Unidade São Vicente), capeadas por sucessões quartzíticas. No restante da Folha Varginha predomina um relevo mais suave composto por colinas, onde o desnível, em geral, não ultrapassa 100 metros, como pode ser analisado na Figura 09.

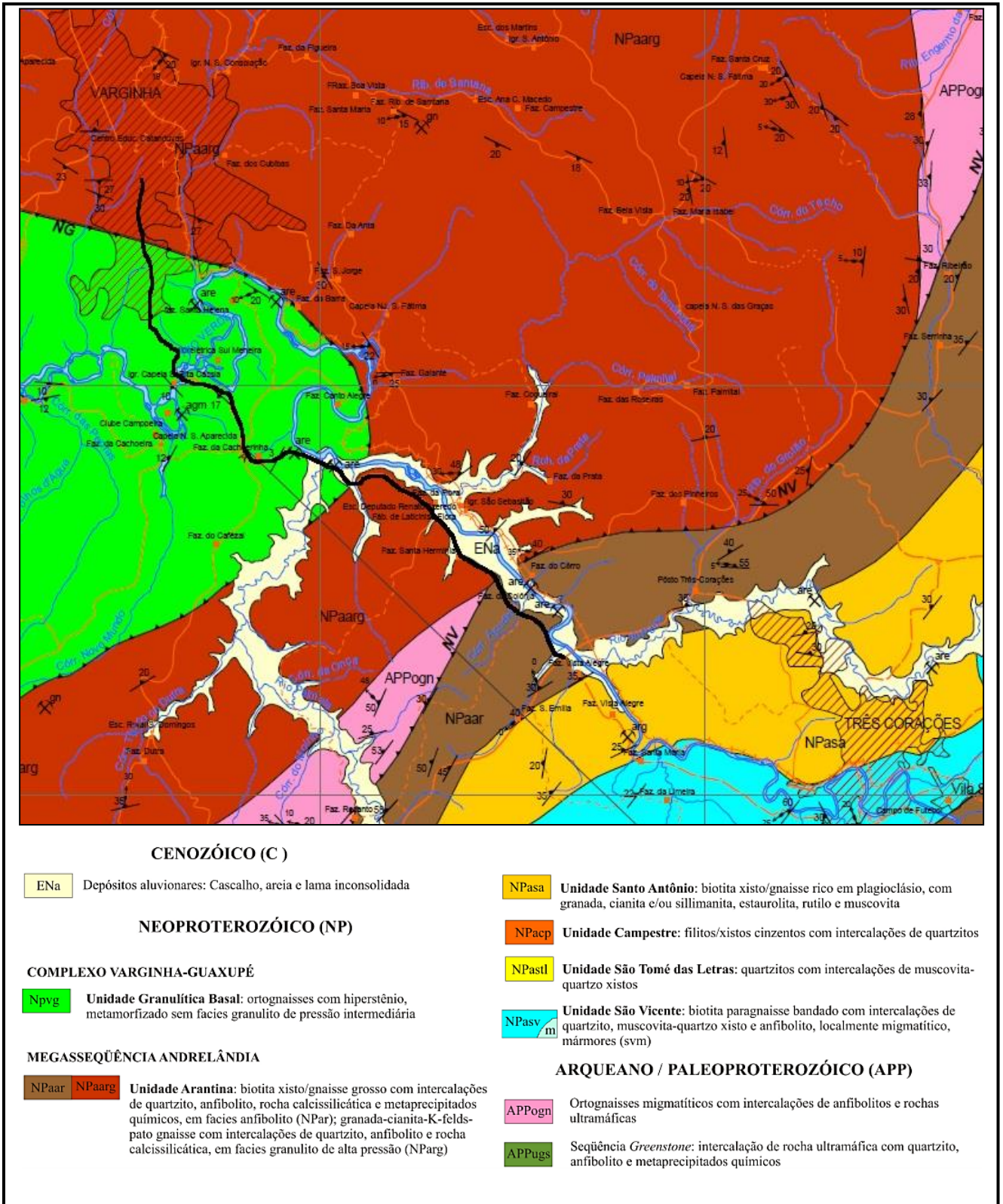
Figura 08 – Mapa s de Situação.



Fonte: Elaborado pelo autor.



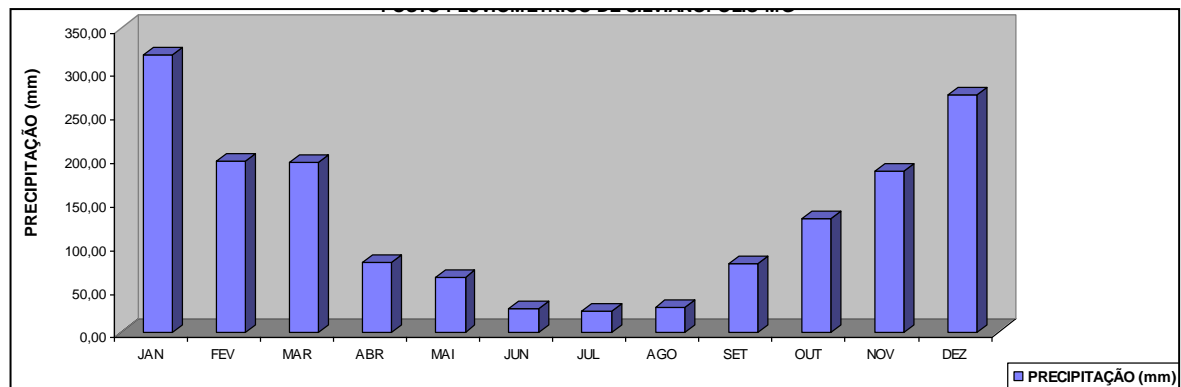
Figura 09 – Mapa geológico.



Fonte: Adaptado de CPRM, 2008.

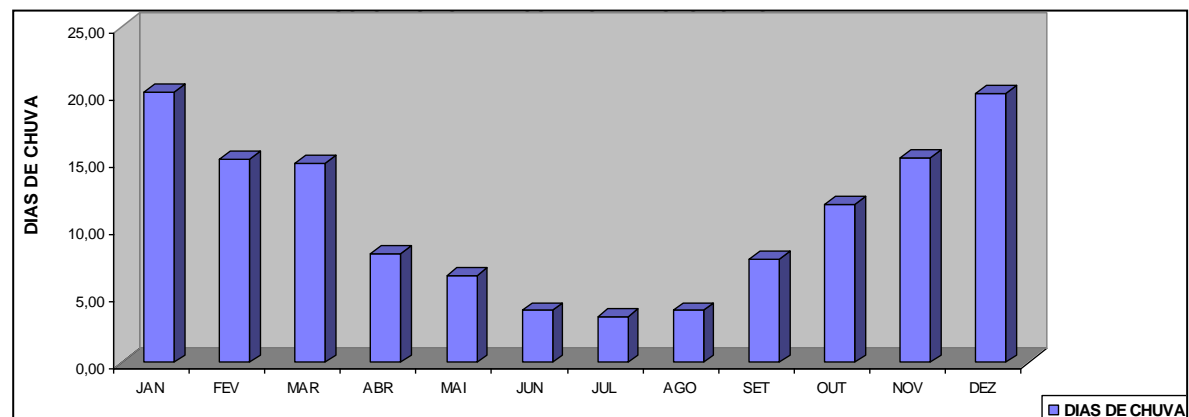
Na região de Varginha, a vegetação original predominante é a do tipo Mata Atlântica, que, atualmente, ocorre somente em pequenas manchas, circundadas por plantações diversas, com destaque para o café. O total anual médio de precipitação é da ordem de 1.500 mm, como pode ser observado nas Figuras 10 e 11, com o período mais chuvoso entre novembro e janeiro. A duração dos períodos secos na área do projeto compreende o período de março a julho.

**Figura 10** – Histograma de precipitação.



**Fonte:** Dados obtidos pela Agência Nacional das Águas adaptados pelo Elaborado pelo autor..

**Figura 11** – Histograma de dias de chuva.



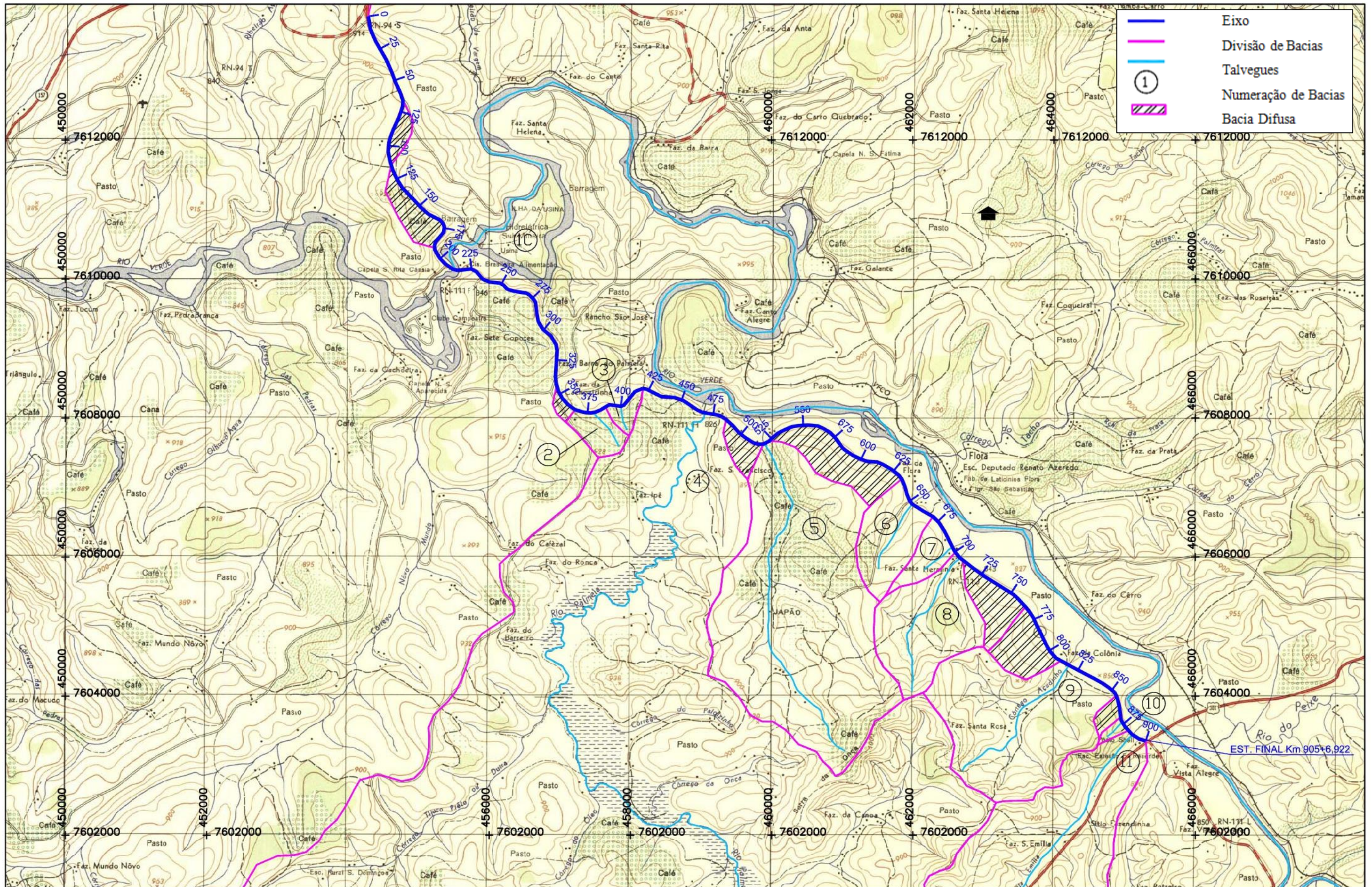
**Fonte:** Dados obtidos pela Agência Nacional das Águas adaptados pelo Elaborado pelo autor..

#### 4.1.2 Caracterização das bacias hidrográficas

A área de drenagem das sub-bacias foi determinada através de uma carta topográfica emitida pelo IBGE (1969). Foram identificados os exutórios, traçadas linhas contínuas que iniciam e terminam neste ponto, respeitando os talwegues e as curvas de nível, conforme ilustrado na Figura 12.



Figura 12 – Mapa de Delimitação das Bacias Hidrográficas.



Fonte: Adaptado do IBGE (1969) pelo autor.



### Regime de Chuva:

Os dados de chuva serão analisados com base em dados obtidos em estações convencionais estacionadas no município de Varginha – MG, informadas pela Agência Nacional de Águas – ANA. Os estudos com esses dados serão realizados por meio da equação de chuva informadas pelo software Pluvio 2.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, para o mesmo município anteriormente mencionado.

$$I = \frac{(5.970,186 \times Tr)^{0,218}}{(t + 32,619)^{1,87}} \quad (1)$$

Em que “I” é a intensidade de precipitação em mm/h; “Tr” é o tempo de recorrência em anos; e “t” que é tempo de concentração.

### Coefficiente de Compacidade (Kc):

$$Kc = 0,28 \times (P / \sqrt{A}) \quad (2)$$

Em que “Kc” é sempre um valor superior à 1, pois, caso contrário, a bacia seria um círculo perfeito. “P” é o perímetro da bacia em metros, e “A” é a área da mesma em metros quadrados.

### Fator de Forma (Kf):

$$Kf = A / L^3 \quad (3)$$

Em que “A” é a área da bacia em metros quadrados e “L” é o comprimento do eixo da bacia, em metros.  $Kf < 0,50$  indica menor tendência à enchente;  $0,50 \leq Kf \leq 0,75$  preconiza tendência mediana à enchente; e  $0,75 \leq Kf \leq 1,00$  sugere maior tendência à enchente.

### Tempo de Concentração (Tc):

O tempo de concentração foi determinado pela fórmula de Kirpich, admitindo-se um tempo de concentração mínimo de 15 minutos.



$$t_c = \left( \frac{0,294L}{\sqrt{i}} \right)^{0,77} \quad (4)$$

Em que “Tc” é o tempo de concentração em horas, “L” o comprimento do talvegue principal em km, e “i” a declividade efetiva em %.

Períodos de Recorrência (T):

Obras de drenagem subterrânea.....T = 1 ano

Obras de drenagem superficial..... T = 10 anos

Obras de transposição de talvegue (bueiros tubulares)..... T = 25 anos

Obras de transposição de talvegue (bueiros celulares)..... T = 50anos

#### 4.1.2 Dimensionamento Hidráulico

Para o dimensionamento dos bueiros, admite-se que eles irão funcionar como canais. Sua verificação hidráulica será realizada conforme a fórmula de Manning, que leva em consideração a declividade da rede e seu raio hidráulico. Essa fórmula foi trabalhada e simplificada pelo DNIT (2005) para o cálculo das vazões de bueiros tubulares e celulares para esse caso descrito.

Bueiros tubulares:

$$\text{Simples: } Q = 1,533 \times D^{2,50} \quad (5)$$

$$\text{Duplo: } Q = 3,066 \times D^{2,50} \quad (6)$$

$$\text{Triplo: } Q = 4,599 \times D^{2,50} \quad (7)$$

Bueiros celulares:

$$\text{Simples: } Q = 1,705 \times B \times H^{1,50} \quad (8)$$

$$\text{Duplo: } Q = 3,410 \times B \times H^{1,50} \quad (9)$$

$$\text{Triplo: } Q = 5,115 \times B \times H^{1,50} \quad (10)$$

Em que:

Q = capacidade de vazão, em m<sup>3</sup>/s;

D = diâmetro do bueiro, em m;

B = largura do bueiro, em m;

H = altura do bueiro, em m.

#### 4.1.3 Bacias com área inferior a 10 km<sup>2</sup>, Método Racional corrigido pelo Coeficiente de Retardo

O cálculo das descargas máximas de projeto das bacias interceptadas, com áreas inferiores a 10 km<sup>2</sup>, foi efetuado através da aplicação do Método Racional Corrigido pelo Coeficiente de Retardo. Este método é definido pelas seguintes expressões:

$$Q = 0,278CIA\phi \quad (11)$$

Sendo:

Q = vazão máxima provável, em m<sup>3</sup>/s;

C = coeficiente de deflúvio (tabela 1);

I = intensidade de precipitação, em mm/h;

A = área da bacia, em Km<sup>2</sup>.

$\phi$  = coeficiente de retardo

O coeficiente de retardo é definido pela seguinte equação:

$$\phi = \frac{1}{(100xA)^{1/n}} \quad (12)$$

Sendo:

n = 4, para talvegues com declividade menor que 0,50%;

n = 5, para talvegues com declividade entre 0,50% e 1,00%;

n = 6, para talvegues com declividade maior que 1,00%;

**Quadro 02** – Coeficientes de Deflúvio no Método Racional

COEFICIENTE DE DEFLUVIO - MÉTODO RACIONAL						
Complexo Solo/Vegetação			d<5%	5% a 10%	10% a 20%	d>20%
ROCHA	Baixa Permeabilidade	Veg. Rala	0,70	0,75	0,80	0,85
		Veg. Densa	0,65	0,70	0,75	0,85
	Média Permeabilidade	Veg. Rala	0,60	0,65	0,70	0,75
		Veg. Densa	0,55	0,60	0,65	0,70

Fonte: Adaptado de JABÔR, 2015.

**Quadro 02** – Coeficientes de Deflúvio no Método Racional (continuação).

COEFICIENTE DE DEFLUVIO - MÉTODO RACIONAL						
Complexo Solo/Vegetação			d<5%	5% a 10%	10% a 20%	d>20%
SOLOS	Baixa Permeabilidade (Solo Argiloso)	Veg. Rala	0,50	0,55	0,60	0,65
		Veg. Densa	0,45	0,50	0,55	0,60
		Floresta	0,40	0,45	0,50	0,55
	Média Permeabilidade (Solo Argilo-Arenoso)	Veg. Rala	0,35	0,40	0,45	0,50
		Veg. Densa	0,30	0,35	0,40	0,45
		Floresta	0,25	0,30	0,35	0,40
	Alta Permeabilidade (Solo Arenoso)	Veg. Rala	0,20	0,25	0,30	0,35
		Veg. Densa	0,15	0,20	0,25	0,30
		Floresta	0,10	0,15	0,20	0,25

Fonte: Adaptado de JABÔR, 2015.

#### 4.1.4 Bacias no intervalo de 10km<sup>2</sup> <=área <= 3000km<sup>2</sup>, Método do Hidrograma Triangular Sintético

As descargas de projeto foram calculadas pelo método do hidrograma Triangular Sintético, desenvolvido por Ven te Chow em sua obra “Handbook of Applied Hidrology”, conforme abaixo:

$$Q = \left( \frac{0,208 \times A \times Pe}{Tp} \right) \quad (13)$$

Sendo:

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

A = área da bacia, em Km<sup>2</sup>;

Pe = precipitação efetiva, função do complexo solo-vegetação, em mm;

Tp = tempo de ascensão, em h;

Sendo:

$$Pe = \frac{[P - (5,08xS)]^2}{P + (20,32xS)} \quad (14)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (15)$$

$$Tp = \sqrt{t_c} + 0,6t_c \quad (16)$$

Sendo:

Tc = tempo de concentração (fórmula de Kirpich), em h.

P = Precipitação máxima em função do tempo de recorrência, em mm;

CN = Valor obtido em tabelas, que depende do complexo solo vegetação, seus valores são apresentados no Quadro 03.

**Quadro 03** – Coeficientes de Deflúvio no Método do Hidrograma Triangular Sintético

UTILIZAÇÃO DA TERRA	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLOS DA ÁREA			
		A	B	C	D
Terrenos Cultivados	com sulcos retilíneos	77	85	91	94
	em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações Regulares	em curvas de nível	67	77	83	87
	terraceado em nível	64	73	79	82
	em fileiras retas	64	76	84	83
Plantações de Cereais	em curvas de nível	62	74	82	85
	terraceado em nível	60	71	79	82
	em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de Legumes ou Campos cultivados	em curvas de nível	60	72	81	84
	terraceado em nível	57	70	78	89
	pobres	68	79	86	89

Fonte: Adaptado de JABÔR, 2015.

**Quadro 03** – Coeficientes de Deflúvio no Método do Hidrograma Triangular Sintético (continuação).

UTILIZAÇÃO DA TERRA	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLOS DA ÁREA			
		A	B	C	D
Plantações de Legumes ou Campos cultivados	normais	49	69	79	94
	boas	39	61	74	80
Pastagens	pobres em curvas de nível	47	67	81	88
	normais em curvas de nível	25	59	75	83
	boas em curvas de nível	6	35	70	79
Campos Permanentes	normais	30	58	71	78
	esparsas de baixa transpiração	45	65	77	83
	normais	36	60	73	79
	densas de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras e Estradas de terra	normais	59	74	82	85
	más	72	82	87	89
	de superfície dura	74	84	90	92
Florestas	muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	esparsas	46	68	78	84
	densas, alta transpiração	26	52	62	69
	normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	áreas urbanizadas	100	100	100	100
<p>Solo Tipo A - é o de mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis com pouco silte e argila.</p> <p>Solo Tipo B - tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos.</p> <p>Solo Tipo C - tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contém porcentagens consideráveis de argila e colóides.</p> <p>Solo Tipo D - é o de mais alto potencial de deflúvio. Terrenos quase impermeáveis junto à superfície, solos argilosos.</p>					

**Fonte:** Adaptado de JABÔR, 2015.

#### 4.1.5 Bacias com Área > 3000m<sup>2</sup> - Método da Interação dos Hidrogramas Unitários

O Método da Interação dos Hidrogramas Unitários é desenvolvido através da somatória das hidrógrafas em pontos intermediários do talvegue. Para a construção dessas

hidrógrafas utilizou-se o método do hidrograma unitário desenvolvido pelo Soil Conservation Service descrito abaixo.

$$Q_n = Q_{n-1} + \frac{0,17A}{tc} x [5q_n - 4(q_{n-4} + q_{n-3}) + 2q_{n-9} + q_{n-10}] \quad (17)$$

Sendo:

$Q_{n-1}$  – vazões nos tempos  $n$  e  $n-1$ ,

$A$  = área da bacia, em  $km^2$ ,

$tc$  = tempo de concentração, em horas,

$$q_n = \frac{(\lambda P_n - 0,5S)^2}{\lambda P_n + 2S} \quad (18)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (19)$$

$q_n$  = Chuva efetiva, em  $cm$ ,

$\lambda$  = Abatimento da chuva

$l = 1 - W \log A / A_0$ , para  $A > 25 km^2$ ,

$l = 1$ , para  $A \leq 25 km^2$ ,

$CN$  – Coeficiente de escoamento que depende do complexo solo vegetação, seus valores são apresentados na tabela 2,

$P_n$  – precipitação efetiva

Para traçar o gráfico do somatório das hidrógrafas, segundo DNIT (2005), devem-se seguir as seguintes regras: Traçar as hidrógrafas de cada sub-bacia, considerando o tempo de concentração de partida da seguinte forma: Subtrai-se o tempo de concentração total de cada bacia do respectivo tempo de concentração parcial e somam-se os incrementos de  $0,2T_c$ , obtendo-se, então, as abscissas (h), que, junto com as ordenadas (vazões) nos darão as hidrógrafas, e, por fim, efetua-se o somatório das hidrógrafas.

## 4.2 Memorial de Cálculo e Planilhas

Conforme descrito no item 4.1.5, com base no método da Interação das Hidrógrafas, são apresentadas as vazões finais para as bacias 1A, 1B e 1C, delimitadas no Mapa de Delimitação das Bacias Hidrográficas.

**Quadro 04-** Dados inseridos para Recorrência de 100 anos – Bacia 1A.

<b>DADOS BACIA 1A</b>		
<b>A=</b>	1359,28	Km <sup>2</sup>
<b>L=</b>	81,31	Km
<b>i=</b>	0,061	%
<b>tc=</b>	33,78	h
<b>CN=</b>	50	
<b>S=</b>	10	
<b>Tr=</b>	100	anos
<b>I=</b>	0,72	p/ a>25Km <sup>2</sup>

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 05-** Recorrência de 100 anos – Bacia 1A.

<b>BACIA 1A</b>				
<b>n</b>	<b>jtc (h)</b>	<b>Pjtc (cm)</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
1	6,76	22,49	3,49	119,29
2	13,51	29,42	6,4	338,25
3	20,27	34,3	8,73	636,9
4	27,03	38,19	10,72	908,2
5	33,78	41,5	12,48	1064,57
6	40,54	44,41	14,08	1131,97
7	47,3	47,01	15,54	1131,22
8	54,05	49,39	16,9	1074,32
9	60,81	51,58	18,18	969,16
10	67,56	53,62	19,38	869,12
11	74,32	55,54	20,51	794,48
12	81,08	57,35	21,6	736,68
13	87,83	59,06	22,63	689,78
14	94,59	60,69	23,63	650,58
15	101,35	62,25	24,58	617,11
16	108,1	63,74	25,5	588,06
17	114,86	65,17	26,39	562,52
18	121,62	66,55	27,25	539,83
19	128,37	67,89	28,09	519,48

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 05-** Recorrência de 100 anos – Bacia 1A (continuação).

<b>BACIA 1A</b>				
<b>n</b>	<b>jtc (h)</b>	<b>Pjtc (cm)</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
20	135,13	69,17	28,9	501,11
21	141,89	70,42	29,69	484,4
22	148,64	71,63	30,46	469,12
23	155,4	72,81	31,2	455,08
24	162,16	73,95	31,93	442,12
25	168,91	75,07	32,65	430,11
26	175,67	76,15	33,34	418,94
27	182,42	77,21	34,02	408,51
28	189,18	78,25	34,69	398,75
29	195,94	79,26	35,34	389,6
30	202,69	80,25	35,99	380,98
31	209,45	81,22	36,61	372,85
32	216,21	82,17	37,23	365,17
33	222,96	83,1	37,84	357,9

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 06-** Dados inseridos para Recorrência de 100 anos – Bacia 1B.

<b>DADOS BACIA 1B</b>		
<b>A=</b>	2757,53	Km <sup>2</sup>
<b>L=</b>	94,05	Km
<b>i=</b>	0,019	%
<b>tc=</b>	59,16	h
<b>CN=</b>	50	
<b>S=</b>	10	
<b>Tr=</b>	100	anos
<b>l=</b>	0,67	p/ a>25Km <sup>2</sup>
<b>l=</b>	1	p/ a<=25Km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 07 -** Recorrência de 100 anos – Bacia 1B.

<b>BACIA 1B</b>				
<b>n</b>	<b>jtc (h)</b>	<b>Pjtc (cm)</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
1	11,83	27,96	4,92	195,05
2	23,66	36,35	8,52	532,7
3	35,5	42,27	11,36	982,59
4	47,33	47,03	13,76	1371,55
5	59,16	51,06	15,87	1574,11

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Quadro 07** - Recorrência de 100 anos – Bacia 1B (continuação).

<b>BACIA 1B</b>				
<b>n</b>	<b>jtc (h)</b>	<b>Pjtc (cm)</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
<b>6</b>	70,99	54,61	17,77	1648,26
<b>7</b>	82,82	57,8	19,52	1625,63
<b>8</b>	94,66	60,7	21,13	1523,95
<b>9</b>	106,49	63,39	22,64	1354,76
<b>10</b>	118,32	65,89	24,07	1204,25
<b>11</b>	130,15	68,23	25,41	1096,61
<b>12</b>	141,99	70,44	26,69	1014,01
<b>13</b>	153,82	72,54	27,91	947,36
<b>14</b>	165,65	74,53	29,08	891,89
<b>15</b>	177,48	76,44	30,21	844,69
<b>16</b>	189,31	78,27	31,29	803,84
<b>17</b>	201,15	80,03	32,33	768,01
<b>18</b>	212,98	81,72	33,34	736,24
<b>19</b>	224,81	83,35	34,32	707,82
<b>20</b>	236,64	84,93	35,27	682,18
<b>21</b>	248,47	86,46	36,2	658,91
<b>22</b>	260,31	87,95	37,09	637,67

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 08**- Dados inseridos para Recorrência de 100 anos – Bacia 1C.

<b>DADOS BACIA 1C</b>		
<b>A=</b>	2054,5	Km <sup>2</sup>
<b>L=</b>	53,01	Km
<b>i=</b>	0,047	%
<b>tc=</b>	26,95	h
<b>CN=</b>	50	
<b>S=</b>	10	
<b>Tr=</b>	100	anos
<b>I=</b>	0,696	p/ a>25Km <sup>2</sup>
<b>I=</b>	1	p/ a<=25Km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 09** - Recorrência de 100 anos – Bacia 1C.

<b>BACIA 1C</b>				
<b>n</b>	<b>jtc</b>	<b>Pjtc</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
<b>1</b>	5,39	20,54	2,5	161,9
<b>2</b>	10,78	26,98	4,86	476,77
<b>3</b>	16,17	31,49	6,78	916,22
<b>4</b>	21,56	35,1	8,44	1333,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 09** - Recorrência de 100 anos – Bacia 1C (continuação).

<b>BACIA 1C</b>				
<b>n</b>	<b>jtc</b>	<b>Pjtc</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
5	26,95	38,15	9,92	1594,77
6	32,34	40,83	11,26	1720,85
7	37,73	43,24	12,49	1741,44
8	43,12	45,43	13,65	1674,17
9	48,5	47,45	14,73	1530,86
10	53,89	49,34	15,75	1384,84
11	59,28	51,1	16,72	1271,42
12	64,67	52,77	17,64	1182,6
13	70,06	54,35	18,53	1110,05
14	75,45	55,85	19,38	1049,1
15	80,84	57,28	20,2	996,85
16	86,23	58,66	20,99	951,35
17	91,62	59,98	21,75	911,24
18	97,01	61,25	22,49	875,51
19	102,4	62,48	23,21	843,4
20	107,79	63,67	23,9	814,35
21	113,18	64,82	24,58	787,89
22	118,57	65,94	25,24	763,65
23	123,96	67,02	25,89	741,35
24	129,35	68,07	26,52	720,73
25	134,74	69,1	27,13	701,6
26	140,13	70,1	27,73	683,79
27	145,51	71,08	28,32	667,15
28	150,9	72,03	28,9	651,56
29	156,29	72,96	29,46	636,91
30	161,68	73,88	30,02	623,12
31	167,07	74,77	30,56	610,1
32	172,46	75,64	31,09	597,78
33	177,85	76,5	31,62	586,12
34	183,24	77,34	32,13	575,04
35	188,63	78,17	32,64	564,5
36	194,02	78,98	33,14	554,47
37	199,41	79,77	33,63	544,9
38	204,8	80,56	34,11	535,75
39	210,19	81,33	34,59	527,01
40	215,58	82,08	35,06	518,64
41	220,97	82,83	35,52	510,61
42	226,36	83,56	35,98	502,9
43	231,75	84,28	36,43	495,49

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 09** - Recorrência de 100 anos – Bacia 1C (fim).

<b>BACIA 1C</b>				
<b>n</b>	<b>jtc</b>	<b>Pjtc</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
<b>44</b>	237,13	85	36,87	488,37
<b>45</b>	242,52	85,7	37,31	481,52
<b>46</b>	247,91	86,39	37,74	474,91
<b>47</b>	253,3	87,07	38,17	468,54
<b>48</b>	258,69	87,75	38,59	462,39
<b>49</b>	264,08	88,41	39,01	456,45
<b>50</b>	269,47	89,07	39,42	450,71
<b>51</b>	274,86	89,71	39,83	445,15
<b>52</b>	280,25	90,35	40,23	439,78
<b>53</b>	285,64	90,98	40,63	434,57

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 10** – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1A:

<b>BACIA 1A</b>		
A=	1359,28	Km <sup>2</sup>
L=	81,31	Km
i=	0,061	%
tc=	33,78	h
CN=	50	
S=	10	
Tr=	200	anos
l=	0,72	p/ a>25Km <sup>2</sup>
l=	1	p/ a<=25Km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 11** - Recorrência de 200 anos – Bacia 1A.

<b>BACIA 1A</b>				
<b>n</b>	<b>jtc (h)</b>	<b>Pjtc (cm)</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
1	6,76	25,55	4,71	161
2	13,51	33,42	8,3	444,9
3	20,27	38,96	11,12	825,4
4	27,03	43,39	13,52	1159
5	33,78	47,15	15,62	1337
6	40,54	50,45	17,51	1405
7	47,3	53,41	19,25	1389
8	54,05	56,11	20,85	1305
9	60,81	58,6	22,36	1163
10	67,56	60,92	23,77	1034
11	74,32	63,09	25,11	941,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 11** - Recorrência de 200 anos – Bacia 1A (continuação).

<b>BACIA 1A</b>				
<b>n</b>	<b>jtc (h)</b>	<b>Pjtc (cm)</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
12	81,08	65,15	26,38	870,4
13	87,83	67,09	27,59	813
14	94,59	68,94	28,75	765,3
15	101,35	70,71	29,87	724,7
16	108,1	72,41	30,95	689,6
17	114,86	74,04	31,99	658,8
18	121,62	75,61	32,99	631,5
19	128,37	77,12	33,96	607,1
20	135,13	78,58	34,91	585,1
21	141,89	80	35,82	565,1
22	148,64	81,38	36,72	546,9
23	155,4	82,71	37,59	530,2
24	162,16	84,01	38,43	514,7
25	168,91	85,28	39,26	500,4
26	175,67	86,51	40,07	487,2
27	182,42	87,72	40,86	474,8
28	189,18	88,89	41,63	463,2
29	195,94	90,04	42,39	452,4
30	202,69	91,17	43,13	442,2
31	209,45	92,27	43,86	432,6
32	216,21	93,35	44,58	423,5
33	222,96	94,41	45,28	414,9
34	229,72	95,44	45,97	406,8
35	236,48	96,46	46,65	399
36	243,23	97,46	47,31	391,7
37	249,99	98,44	47,97	384,7
38	256,75	99,41	48,61	378
39	263,5	100,36	49,25	371,6
40	270,26	101,29	49,87	365,5
41	277,02	102,21	50,49	359,6
42	283,77	103,11	51,1	354

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 12** – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1B.

<b>BACIA 1B</b>		
A=	2757,53	Km <sup>2</sup>
L=	94,06	Km
i=	0,019	%
tc=	59,16	h

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 12** – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1B (continuação).

<b>BACIA 1B</b>		
CN=	50	
S=	10	
Tr=	200	anos
l=	0,67	p/ a>25Km <sup>2</sup>
l=	1	p/ a<=25Km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 13** – Recorrência de 200 anos – Bacia 1B.

<b>BACIA 1B</b>				
<b>n</b>	<b>jtc (h)</b>	<b>Pjtc (cm)</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
1	11,83	31,77	6,49	257
2	23,66	41,29	10,87	687,8
3	35,5	48,02	14,27	1253
4	47,33	53,42	17,13	1726
5	59,16	58,01	19,63	1954
6	70,99	62,04	21,88	2024
7	82,82	65,66	23,94	1977
8	94,66	68,96	25,83	1835
9	106,49	72,01	27,6	1613
10	118,32	74,85	29,27	1423
11	130,15	77,51	30,84	1291
12	141,99	80,02	32,33	1191
13	153,82	82,41	33,76	1110
14	165,65	84,67	35,12	1043
15	177,48	86,84	36,43	986,6
16	189,31	88,92	37,68	937,7
17	201,15	90,91	38,9	895
18	212,98	92,84	40,07	857,1
19	224,81	94,69	41,21	823,3
20	236,64	96,48	42,31	792,9
21	248,47	98,22	43,38	765,3
22	260,31	99,91	44,42	740,1
23	272,14	101,55	45,43	717,1
24	283,97	103,14	46,42	695,8

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 14** – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1C.

<b>BACIA 1C</b>		
A=	2757,53	Km <sup>2</sup>
L=	94,06	Km

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 14** – Dados inseridos para Recorrência de 200 anos – Bacia 1C (continuação).

<b>BACIA 1C</b>		
i=	0,019	%
tc=	59,16	h
CN=	50	
S=	10	
Tr=	200	anos
l=	0,67	p/ a>25Km <sup>2</sup>
l=	1	p/ a<=25Km <sup>2</sup>

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 15** – Recorrência de 200 anos – Bacia 1C.

<b>BACIA 1C</b>				
<b>n</b>	<b>jtc</b>	<b>Pjtc</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
1	5,39	23,34	3,46	224,2
2	10,78	30,65	6,41	639,5
3	16,17	35,78	8,76	1207
4	21,56	39,87	10,77	1726
5	26,95	43,34	12,55	2028
6	32,34	46,39	14,16	2158
7	37,73	49,12	15,63	2159
8	43,12	51,61	17	2051
9	48,5	53,91	18,28	1852
10	53,89	56,05	19,49	1660
11	59,28	58,05	20,64	1517
12	64,67	59,95	21,73	1406
13	70,06	61,74	22,77	1316
14	75,45	63,45	23,77	1241
15	80,84	65,08	24,73	1177
16	86,23	66,64	25,66	1122
17	91,62	68,14	26,56	1073
18	97,01	69,59	27,42	1030
19	102,4	70,98	28,26	990,6
20	107,79	72,33	29,08	955,5
21	113,18	73,64	29,87	923,6
22	118,57	74,9	30,64	894,4
23	123,96	76,14	31,39	867,6
24	129,35	77,33	32,13	842,8
25	134,74	78,5	32,85	819,9
26	140,13	79,64	33,55	798,6
27	145,51	80,75	34,23	778,7

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 15** – Recorrência de 200 anos – Bacia 1C (continuação).

<b>BACIA 1C</b>				
<b>n</b>	<b>jtc</b>	<b>Pjtc</b>	<b>qn</b>	<b>Qn</b>
28	150,9	81,83	34,9	760
29	156,29	82,89	35,56	742,5
30	161,68	83,92	36,2	726,1
31	167,07	84,94	36,84	710,6
32	172,46	85,93	37,46	695,9
33	177,85	86,91	38,07	682
34	183,24	87,86	38,67	668,9
35	188,63	88,8	39,25	656,4
36	194,02	89,72	39,83	644,5
37	199,41	90,62	40,4	633,1
38	204,8	91,51	40,96	622,3
39	210,19	92,39	41,52	611,9
40	215,58	93,25	42,06	602
41	220,97	94,09	42,6	592,5
42	226,36	94,93	43,13	583,4
43	231,75	95,75	43,65	574,6
44	237,13	96,56	44,16	566,2
45	242,52	97,36	44,67	558,1
46	247,91	98,14	45,17	550,3
47	253,3	98,92	45,67	542,8
48	258,69	99,68	46,15	535,6
49	264,08	100,44	46,64	528,6
50	269,47	101,18	47,11	521,8
51	274,86	101,92	47,58	515,3
52	280,25	102,64	48,05	508,9
53	285,64	103,36	48,51	502,8

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 16** - Resumo – Bacias.

<b>QUADRO RESUMO</b>							
<b>Rio Verde</b>							
<b>BACIA Nº</b>	<b>ÁREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>COMPR. DO TALVEGUE (Km)</b>		<b>DECLIV. EFETIVA (%)</b>		<b>TEMPO DE CONC. (H)</b>	
		<b>da bacia</b>	<b>total</b>	<b>da bacia</b>	<b>total</b>	<b>da bacia</b>	<b>total</b>
1A	1359,28	81,31	228,37	0,06	0,03	33,78	96,97
1B	2757,53	94,05	147,06	0,02	0,03	59,16	74,97

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 16** - Resumo – Bacias (continuação).

<b>QUADRO RESUMO BACIAS</b>							
<b>Rio Verde</b>							
BACIA Nº	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	COMPR. DO TALVEGUE (Km)		DECLIV. EFETIVA (%)		TEMPO DE CONC. (H)	
		da bacia	total	da bacia	total	da bacia	total
1C	2054	53,01	53,01	0,05	0,05	26,95	27

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 17** - Estaqueamento das bacias difusas e sub-bacias.

<b>QUADRO ESTACA</b>									
<b>BACIAS DIFUSAS</b>					<b>SUB-BACIAS</b>				
Nº	<b>ESTACA</b>				Nº	<b>ESTACA</b>			
	Inic.	Interm.	Final	Interm.		Inic.	Interm.	Final	Interm.
2	110 +	0,00	a 190 +	0,00	2	364 +	0,00	a 385 +	0,00
3	340 +	0,00	a 364 +	0,00	3	385 +	0,00	a 418 +	0,00
4	485 +	0,00	a 518 +	10,00	4	418 +	0,00	a 485 +	0,00
5	525 +	0,00	a 633 +	0,00	5	518 +	10,00	a 525 +	0,00
6	710 +	0,00	a 765 +	0,00	6	633 +	0,00	a 670 +	0,00
7	765 +	0,00	a 810 +	0,00	7	670 +	0,00	a 700 +	0,00
8	860 +	0,00	a 878 +	0,00	8	700 +	0,00	a 710 +	0,00
					9	810 +	0,00	a 860 +	0,00
					10	878 +	0,00	a 890 +	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 18** - Resumo - sub-bacias:

<b>QUADRO RESUMO SUB-BACIAS</b>				
<b>Rio Verde</b>				
SUB-BACIA	ÁREA	COMPR. DO	DECLIV.	TEMPO DE
Nº	(Km <sup>2</sup> )	TALVEGUE (Km)	EFETIVA (%)	CONC. (H)
		da bacia	da bacia	da bacia
2	0,36926	0,613	0,029	1,039
3	0,16438	0,356	0,051	0,554
4	568,056	61,694	0,0008	144,295
5	7,97709	5,029	0,131	2,953
6	1,05175	1,068	0,140	0,873
7	0,40857	0,518	0,174	0,460
8	1,93948	2,214	0,190	1,363
9	3,77797	2,334	0,163	1,505

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Quadro 18** - Resumo - sub-bacias (continuação).

<b>QUADRO RESUMO SUB-BACIAS</b>				
<b>Rio Verde</b>				
SUB-BACIA	ÁREA	COMPR. DO	DECLIV.	TEMPO DE
Nº	(Km²)	TALVEGUE (Km)	EFETIVA (%)	CONC. (H)
		da bacia	da bacia	da bacia
10	0,06828	0,301	0,133	0,336
11	7,51637	4,842	0,010	7,634

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

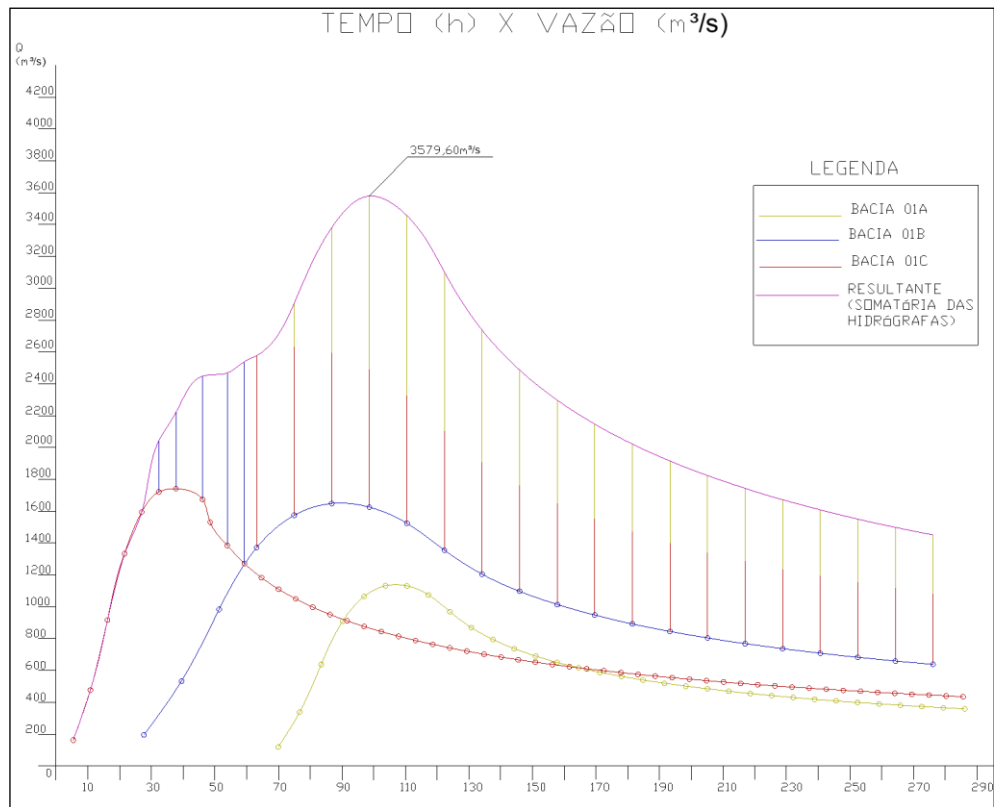
**Quadro 19** - Resumo - bacias difusas.

<b>QUADRO RESUMO BACIAS DIFUSAS</b>			
<b>Rio Verde</b>			
BACIA DIFUSA	ÁREA	DECLIV.	TEMPO DE
Nº	(Km²)	EFETIVA (%)	CONC. (H)
		da bacia	da bacia
2	0,37869	0,084	0,420
3	0,07114	0,058	0,298
4	0,22199	0,084	0,436
5	0,80681	0,083	0,580
6	0,49332	0,073	0,740
7	0,5402	0,067	0,754
8	0,11744	0,091	0,492

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

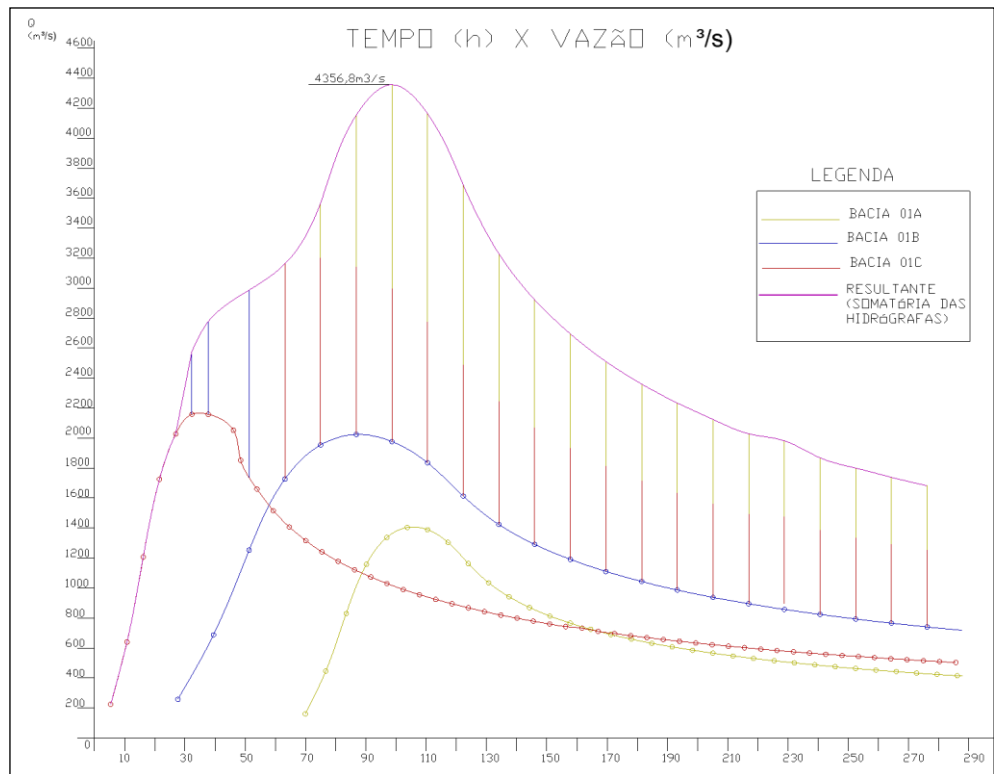
A seguir serão apresentados os gráficos das hidrógrafas (Figuras 13 e 14), conforme descrito no memorial descritivo, item 4.1.

**Figura 13 - Recorrência de 100 anos**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 14 - Recorrência de 200 anos:**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 20** - Vazões das Sub-Bacias.

<b>QUADRO VAZÃO SUB-BACIAS</b>						
<b>Método Racional Corrigido pelo Coeficiente de Retardo</b>						
SUB-BACIA	ÁREA	COEFICIENTE	INTENSIDADE	COEFICIENTE	COEFICIENTE	VAZÃO
Nº	(Km²)	DE DEFLÚVIO	CHUVA	"n"	RETARDO	MÁXIMA
		"C"	(mm/h)		"Ø"	(m³/s)
2	0,369	0,35	166,960	4,000	0,406	2,433
3	0,164	0,35	166,960	4,000	0,497	1,326
5	7,977	0,35	166,960	4,000	0,188	24,384
6	1,052	0,35	166,960	4,000	0,312	5,335
7	0,409	0,35	166,960	4,000	0,396	2,625
8	1,939	0,35	166,960	4,000	0,268	8,443
9	3,778	0,35	166,960	4,000	0,227	13,921
10	0,068	0,35	166,960	4,000	0,619	0,686
11	7,516	0,35	166,960	4,000	0,191	23,320

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 21** - Vazões das Bacias Difusas.

<b>QUADRO VAZÃO BACIAS DIFUSAS</b>						
<b>Método Racional Corrigido pelo Coeficiente de Retardo</b>						
SUB-BACIA	ÁREA	COEFICIENTE	INTENSIDADE	COEFICIENTE	COEFICIENTE	VAZÃO
Nº	(Km²)	DE DEFLÚVIO	CHUVA	"n"	RETARDO	MÁXIMA
		"C"	(mm/h)		"Ø"	(m³/s)
2	0,379	0,35	166,960	4,000	0,403	2,480
3	0,071	0,35	166,960	4,000	0,612	0,708
4	0,222	0,35	166,960	4,000	0,461	1,661
5	0,807	0,35	166,960	4,000	0,334	4,373
6	0,493	0,35	166,960	4,000	0,377	3,024
7	0,54	0,35	166,960	4,000	0,369	3,237
8	0,117	0,35	166,960	4,000	0,540	1,031

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Com base no especificado no Memorial Descritivo, os cálculos das capacidades dos bueiros serão calculados através da fórmula simplificada de Manning:

**Quadro 22** - Capacidade hidráulica dos bueiros por seção.

<b>BSTC</b>			<b>BDTC</b>		
Constante	Diâmetro	Vazão Máxima	Constante	Diâmetro	Vazão Máxima
1,533	0,40	0,155	3,066	0,40	0,310
	0,60	0,427		1,20	4,836
	0,80	0,878		0,80	1,755
	1,20	2,418			
	1,00	1,533			
<b>BSCC</b>					
Constante	Dimensão B	Dimensão H	Vazão Máxima		
1,705	2,50	2,50	16,849		
	1,80	1,80	7,411		
	2,00	2,00	9,645		
	1,50	1,50	4,698		
	1,50	2,50	10,109		
	1,15	2,20	6,398		

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A partir das vazões identificadas para cada bacia e cada capacidade hidráulica calculada para as diversas dimensões de bueiros analisados no trecho, foi realizado um estudo para identificar se os dispositivos de drenagem presente nas áreas de sub-bacia sobre cada área de sub-bacia. O Quadro 23 é apresentado com o resumo de cada área analisada.

Quadro 23 - Análise hidráulica dos bueiros.

ANÁLISE HIDRÁULICA										
MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações										
CASO	ESTACA			LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB-BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)	
<b>Intervalo de Análise 1 - Entre as estacas 110+0,00 e 190+0,00 - Bacia Difusa 2</b>										
1	114	+	9,45	E	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,80	0,877	2,48	SIM	
2	122	+	0,50	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
3	129	+	0,00	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
4	129	+	0,00	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877			
5	150	+	3,95	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877			
6	172	+	0,00	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877			
7	174	+	10,00	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
8	179	+	10,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
9	181	+	19,00	E	BSCC 1,80m x 1,80m	MANTER	7,41			
10	181	+	19,00	D	BSCC 2,00m x 2,00m	MANTER	9,44			
11	182	+	8,05	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877			
12	182	+	8,05	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877			
<b>Intervalo de Análise 2 - Entre as estacas 340+0,00 e 364+0,00 - Bacia Difusa 3</b>										
1	379	+	10,00	E	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427	0,708	SIM	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 23 - Análise hidráulica dos bueiros (continuação).

ANÁLISE HIDRÁULICA										
MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações										
CASO	ESTACA			LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB-BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)	
<b>Intervalo de Análise 2 - Entre as estacas 340+0,00 e 364+0,00 - Bacia Difusa 3</b>										
2	344	+	14,84	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427	0,708	SIM	
3	348	+	16,32	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
4	361	+	1,38	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
<b>Intervalo de Análise 3 - Entre as estacas 364+0,00 e 385+0,00 - Sub-Bacia 2</b>										
1	366	+	0,00	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,80	0,877	2,433	SIM	
2	378	+	16,20	D	BSCC 1,50x2,50m	MANTER	10,11			
3	379	+	10,00	E	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
<b>Intervalo de Análise 4 - Entre as estacas 385+0,00 e 418+0,00 - Sub-Bacia 3</b>										
1	393	+	9,22	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427	1,326	SIM	
2	398	+	18,94	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
3	398	+	19,00	D	BSTC Ø 1,00	MANTER	1,533			
4	416	+	1,11	E	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
<b>Intervalo de Análise 5 - Entre as estacas 418+0,00 e 485+0,00 - Sub-Bacia 4</b>										
1	423	+	9,37	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000	990,11	SIM	
2	438	+	9,62	E	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 23 - Análise hidráulica dos bueiros (continuação).

ANÁLISE HIDRÁULICA							
MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações							
CASO	ESTACA	LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB-BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)
3	452 + 10,08	E	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427	990,11	SIM
4	467+18,00 a 470+6,00	D	PONTE RIO PALMELA	MANTER	612,99		
5	469+2,00 a 471+6,00	E	PONTE RIO PALMELA	MANTER	612,99		
6	430 + 14,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
7	468 + 10,00	E	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
<b>Intervalo de Análise 6 - Entre as estacas 485+0,00 e 518+10,00 - Bacia Difusa 4</b>							
1	487 + 10,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427	1,66	SIM
2	489 + 16,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
3	491 + 6,72	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427		
4	493 + 17,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
5	495 + 2,59	D	BSTC Ø 0,40	MANTER	0,155		
6	502 + 12,03	D	BSTC Ø 0,40	MANTER	0,155		
7	507 + 0,41	D	BSTC Ø 0,40	MANTER	0,155		
<b>Intervalo de Análise 7 - Entre as estacas 518+10,00 e 525+0,00 - Sub-Bacia 5</b>							
Neste intervalo de análise não há nenhum dispositivo de drenagem com Ø 0,40. Portanto, sem necessidade de verificação neste projeto em questão.							

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 23 - Análise hidráulica dos bueiros (continuação).

ANÁLISE HIDRÁULICA									
MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações									
CASO	ESTACA		LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB-BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)	
<b>Intervalo de Análise 8 - Entre as estacas 525+0,00 e 633+0,00 - Bacia Difusa 5</b>									
1	528	+	10,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427	4,373	SIM
2	538	+	5,44	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
3	540	+	14,32	E	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427		
4	544	+	7,83	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
5	547	+	13,33	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
6	552	+	17,33	E	BSTC Ø 0,40	MANTER	0,155		
7	563	+	6,91	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
8	564	+	5,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
9	567	+	10,97	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
10	578	+	0,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
11	578	+	18,79	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
12	583	+	16,83	E	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
13	591	+	0,00	D	BSTC Ø 1,00	MANTER	1,533		
14	592	+	15,87	E	BSCC 1,50 x 1,50 m	MANTER	4,698		
15	602	+	18,14	E	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427		

Fonte: Elaborado pelo autor.



Quadro 23 - Análise hidráulica dos bueiros (continuação).

ANÁLISE HIDRÁULICA									
MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações									
CASO	ESTACA		LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB-BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)	
<b>Intervalo de Análise 8 - Entre as estacas 525+0,00 e 633+0,00 - Bacia Difusa 5</b>									
16	619	+	10,65	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000	4,373	SIM
17	620	+	10,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
18	623	+	10,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
19	628	+	19,15	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
20	630	+	0,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
<b>Intervalo de Análise 9 - Entre as estacas 633+0,00 e 670+0,00 - Sub-Bacia 6</b>									
2	636	+	11,41	D	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000	5,335	SIM
3	638	+	10,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
4	645	+	7,63	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000		
5	649	+	9,18	E	BSCC 1,15mx2,20m	MANTER	6,398		
6	655	+	0,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
7	655	+	6,86	E	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877		
8	655	+	6,86	E	BDTC Ø 1,20m	MANTER	4,836		
<b>Intervalo de Análise 10 - Entre as estacas 670+0,00 e 700+0,00 - Sub-Bacia 7</b>									
1	686	+	0,00	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877	2,265	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 23 - Análise hidráulica dos bueiros (continuação).

ANÁLISE HIDRÁULICA									
MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações									
CASO	ESTACA		LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB-BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)	
<b>Intervalo de Análise 10 - Entre as estacas 670+0,00 e 700+0,00 - Sub-Bacia 7</b>									
2	687	+	0,54	E	BSTC Ø 0,40	NÃO EXECUTAR	0,000	2,265	SIM
3	696	+	10,00	D	BDTC Ø 1,20	MANTER	4,836		
4	698	+	5,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
5	698	+	12,12	E	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 1,20	2,418		
<b>Intervalo de Análise 11 - Entre as estacas 700+0,00 e 710+0,00 - Sub-Bacia 8</b>									
Neste intervalo de análise não há nenhum dispositivo de drenagem com Ø 0,40. Portanto, sem necessidade de verificação neste projeto em questão.									
<b>Intervalo de Análise 12 - Entre as estacas 710+0,00 e 765+0,00 - Bacia Difusa 6</b>									
1	713	+	6,11	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,80	0,877	3,024	SIM
2	719	+	13,53	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,80	0,877		
3	736	+	3,77	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
4	744	+	5,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
5	753	+	16,77	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
6	711	+	11,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427		
<b>Intervalo de Análise 13 - Entre as estacas 765+0,00 e 810+0,00 - Bacia Difusa 7</b>									
1	772	+	15,86	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427	3,237	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 23 - Análise hidráulica dos bueiros (continuação).

ANÁLISE HIDRÁULICA										
MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações										
CASO	ESTACA			LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB-BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)	
<b>Intervalo de Análise 13 - Entre as estacas 765+0,00 e 810+0,00 - Bacia Difusa 7</b>										
2	772	+	17,22	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,80	0,877	3,237	SIM	
3	776	+	10,54	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
4	783	+	0,22	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
5	787	+	0,99	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
6	801	+	19,46	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
7	804	+	16,86	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,60	0,427			
<b>Intervalo de Análise 14 - Entre as estacas 810+0,00 e 860+0,00 - Sub-Bacia 9</b>										
1	815	+	13,35	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,80	1,755	13,921	SIM	
2	817	+	8,69	D	BSCC 1,80x1,80m	MANTER	7,411			
3	820	+	0,82	D	BDTC Ø 0,80m	MANTER	1,755			
4	837	+	8,35	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877			
5	851	+	10,15	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
6	855	+	8,10	D	BSTC Ø 0,40	BDTC Ø 0,80m	1,755			
<b>Intervalo de Análise 15 - Entre as estacas 860+0,00 e 878+0,00 - Bacia Difusa 8</b>										
1	866	+	16,90	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427	1,031	SIM	

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 23** - Análise hidráulica dos bueiros (continuação).

<b>ANÁLISE HIDRÁULICA</b>										
<b>MGC-491 / Varginha - Entrº BR-381 / Três Corações</b>										
CASO	ESTACA			LADO	TIPO DISPOSITIVO	ALTERAÇÃO	VAZÃO BUEIRO	VAZÃO SUB- BACIA	SUPORTA ALTERAÇÃO (?)	
<b>Intervalo de Análise 15 - Entre as estacas 860+0,00 e 878+0,00 - Bacia Difusa 8</b>										
2	868	+	0,00	D	BSTC Ø 0,80	MANTER	0,877	1,031	SIM	
3	868	+	9,07	D	BSTC Ø 0,40	BSTC Ø 0,80	0,427			
4	874	+	10,00	D	BSTC Ø 0,60	MANTER	0,427			
5	878	+	7,91	D	BSTC Ø 0,40	REMOVER	0,000			
<b>Intervalo de Análise 16 - Entre as estacas 878+0,00 e 890+0,00 - Sub-Bacia 10</b>										
Neste intervalo de análise não há nenhum dispositivo de drenagem com Ø 0,40. Portanto, sem necessidade de verificação neste projeto em questão.										

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### **4.3 Especificações de Materiais e Serviços**

#### **4.3.1 Movimentação de Terra**

Deve ser verificada a largura de escavação da vala para assentamento das linhas de bueiros, para permitir que o reaterro seja realizado adequadamente. Também deve ser analisado o solo no qual está sendo locada a linha de bueiro, para verificar a necessidade ou não de escoramento da obra.

As camadas iniciais do reaterro, com compactação manual, devem ser realizadas a uma altura mínima de 30 cm sobre a geratriz superior do bueiro, conforme recomendado pelo DEER-MG (2008). Apenas após ter essa altura atingida é que se pode dar início a compactação com equipamentos pesados.

O DEER-MG (2008) estipula que, caso surja quebra ou deslocamento de tubulação, deve ser analisado se o bueiro continua atendendo hidraulicamente, se não houve abatimento do aterro ou erosão interna. Caso não venha a ocorrer alguma das situações mencionadas, o bueiro ainda pode ser aproveitado sem a necessidade de intervenção de recuperação.

Na execução do berço, contra berço, boca e caixa coletora dos bueiros, é recomendada a utilização de concreto ciclópico. Deve ser realizada uma rigorosa fiscalização onde ele é utilizado, uma vez que, na prática, a proporção de pedra de mão tem sido muito maior, alterando suas características químicas.

Quando o solo utilizado para executar a fundação de um bueiro for de boa qualidade, não há necessidade da execução do empedramento para melhoramento dessas condições. Nesse caso, o berço poderá ficar apoiado diretamente no terreno. Deve-se tomar o cuidado, portanto, de apiloar o fundo das escavações, necessárias à implantação dos dispositivos de drenagem.

#### **4.3.2 Bueiros**

A fim de garantir efetividade na execução do sistema de drenagem, deve-se realizar inspeção visual dos tubos, de modo a impedir que defeitos de fabricação estejam presentes nas manilhas que serão utilizadas para a construção dos bueiros. Essa inspeção visa diminuir (tentando erradicar o uso) de tubulações com deformações causadas no processo de cura do concreto, como trincas, nicho e outros defeitos que possam comprometer a obra.

Deve ser exigido controle tecnológico dos tubos de concreto que serão utilizados, conforme constante na norma brasileira NBR 8890/2007, principalmente no que tange o ensaio de compressão diametral, o qual comprova a classe do tubo e permite verificar se está de acordo com o indicado em projeto. Assim, é possível preservar a integridade do corpo estradal.

Precedente à execução da boca ou da caixa coletora de um bueiro à montante, é muito importante à verificação do seu posicionamento e cota, haja vista que inúmeras vezes essa integração não é bem sucedida, gerando erosão ao lado de sua ala ou, no caso da caixa coletora, dificultando a entrada da água, ocasionando erosão ou até mesmo infiltração do lado de fora de suas paredes.

O material utilizado na fabricação dos tubos deve ser concreto, variando de simples a armado, dependendo da especificação de projeto. Sua base deverá ser de concreto magro, para melhor adaptação ao terreno natural e distribuição dos esforços no solo.

#### 4.3.3 Concreto

Os materiais que irão compor o concreto deverão obedecer as seguintes normas:

- NBR-16697 – Cimento Portland Comum – Especificações;
- NBR-7211 – Agregados para concreto;
- NBR-NM-26 – Amostragem de agregados;
- NBR-7217 – Determinação da composição granulométrica;
- NBR-7218 – Determinação do teor de argila;
- NBR-NM-46 – Determinação do teor de materiais pulverulentos;
- NBR-7809 – Agregado graúdo – Determinação do índice de forma;
- NBR-NM-51 – Determinação Abrasão Los Angeles de agregados;

A quantidade de água a ser utilizada deve ser previamente qualificada por meio de ensaios da NBR-6118. O concreto deve ser dosado de modo que seja necessário o menor consumo de água, conforme indica DEER (2008).

O concreto ciclópico. Ele consiste em concreto com uma determinada resistência, especificada em projeto, com adição de 30% de pedra de mão. A pedra de mão não é considerada na dosagem do concreto e é colocada separadamente para não danificar as

lâminas internas (facas) do caminhão betoneira. Esta rocha deve ter o mesmo padrão de qualidade da brita utilizada na dosagem.

#### 4.4 Quantitativo e Estimativa de Custo

O quantitativo foi levantado de acordo com projeto geométrico da rodovia e os preços unitários foram baseados nas planilhas de custo do DEER-MG. Os códigos inseridos na planilha são os correspondentes aos serviços nas planilhas de custo do DEER-MG.

**Quadro 24** – Quantitativo e custo.

<b>ACRÉSCIMOS</b>					
<b>COD</b>	<b>QTD</b>	<b>UND</b>	<b>SERVIÇO</b>	<b>PÇ.UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
40270	243,32	m	Bueiro simples tubular de concreto, classe CA-1. BSTC Ø 0,60 m - corpo (Execução, incluindo fornecimento e transporte de todos os materiais e berço, exclusive escavação e compactação)	R\$ 258,13	R\$ 62.808,19
40287	12,00	Unid.	Bueiro simples tubular de concreto, BSTC Ø 0,60 m - boca (Execução, incluindo fornecimento e transporte de todos os materiais, exclusive escavação e compactação)	R\$ 787,03	R\$ 9.444,36
40215	325,19	m <sup>3</sup>	Escavação mecânica de valas em material de 1ª e 2ª categoria (Execução, incluindo remoção para fora do leito estradal)	R\$ 8,33	R\$ 2.708,82
40239	171,61	m <sup>2</sup>	Apiloamento de fundo de valas	R\$ 2,99	R\$ 513,11
40250	78,40	m <sup>3</sup>	Compactação de aterro com sapo compactador	R\$ 20,04	R\$ 1.571,12
42691	5,00	Unid.	Caixa coletora de sarjeta (CCS) com grelha de concreto padrão DNIT (TCC-01), tipo CCS-01 para BSTC Ø 0,60m para h=2,00m, conforme álbum DNIT-2006 - IPR-725	R\$ 1.954,47	R\$ 9.772,35

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Quadro 24 – Quantitativo e custo.

<b>ACRÉSCIMOS</b>					
<b>COD</b>	<b>QTD</b>	<b>UND</b>	<b>SERVIÇO</b>	<b>PÇ.UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
42695	3,00	Unid.	Caixa coletora de sarjeta (CCS) com grelha de concreto padrão DNIT (TCC-01), tipo CCS-05 para BSTC Ø 0,60m para h=2,50m, conforme álbum DNIT-2006 - IPR-725	R\$ 2.270,01	R\$ 6.810,03
<b>TOTAL</b>					R\$ 93.627,98
<b>DECRÉSCIMOS</b>					
<b>COD</b>	<b>QTD</b>	<b>UND</b>	<b>SERVIÇO</b>	<b>PÇ.UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
40269	222,22	m	Bueiro simples tubular de concreto classe CA-1. BSTC Ø 0,40 m - corpo (Execução, incluindo fornecimento e transporte de todos os materiais e berço, exclusive escavação e compactação);	R\$ 161,94	R\$ 35.986,31
40286	12,00	Unid.	Bueiro simples tubular de concreto, BSTC Ø 0,40 m - boca (Execução, incluindo fornecimento e transporte de todos os materiais, exclusive escavação e compactação);	R\$ 282,33	R\$ 3.387,96
42288	270,99	m <sup>3</sup>	Escavação mecânica de valas em material de 1ª e 2ª categoria (Execução, incluindo remoção para fora do leito estradal)	R\$ 8,33	R\$ 2.257,35
40239	143,00	m <sup>2</sup>	Apiloamento de fundo de valas	R\$ 3,50	R\$ 500,50
40250	64,22	m <sup>3</sup>	Compactação de aterro com sapo compactador	R\$ 20,04	R\$ 1.287,01
40702	6,90	m	Descida d'água de concreto em corte, tipo DR.DSC-01, com largura = 0,60 m (Execução, incluindo escavação, fornecimento e transporte de todos os materiais);	R\$ 301,22	R\$ 2.078,42

Fonte: Elaborado pelo autor.



Quadro 24 – Quantitativo e custo.

<b>ACRÉSCIMOS</b>					
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 93.627,98</b>
<b>DECRÉSCIMOS</b>					
<b>COD</b>	<b>QTD</b>	<b>UND</b>	<b>SERVIÇO</b>	<b>PÇ.UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
41802	3,00	Unid.	Caixa coletora simples em concreto, tipo DR.CX-01, para bueiro simples tubular de concreto - BSTC $\varnothing$ 0,40m com altura $0 < H \leq 1,20$ m (Execução, incluindo escavação, fornecimento e transporte de todos os materiais);	R\$ 1.327,75	R\$ 3.983,25
40829	4,00	Unid.	Caixa coletora simples em concreto, tipo DR.CX-01, para bueiro simples tubular de concreto - BSTC $\varnothing$ 0,40m com altura $1,20 < H \leq 1,60$ m (Execução, incluindo escavação, fornecimento e transporte de todos os materiais);	R\$ 1.465,87	R\$ 5.863,48
40830	2,00	Unid.	Caixa coletora simples em concreto, tipo DR.CX-01, para bueiro simples tubular de concreto - BSTC $\varnothing$ 0,40m com altura $1,60 < H \leq 2,00$ m (Execução, incluindo escavação, fornecimento e transporte de todos os materiais);	R\$ 1.618,69	R\$ 3.237,38
40823	1,00	Unid.	Caixa coletora simples em concreto, tipo DR.CX-01, para bueiro simples tubular de concreto - BSTC $\varnothing$ 0,40m com altura $2,00 < H \leq 2,40$ m (Execução, incluindo escavação, fornecimento e transporte de todos os materiais);	R\$ 1.922,98	R\$ 1.922,98
40824	1,00	Unid.	Caixa coletora simples em concreto, tipo DR.CX-01, para bueiro simples tubular de concreto - BSTC $\varnothing$ 0,40m com altura $2,40 < H \leq 2,80$ m (Execução, incluindo escavação, fornecimento e transporte de todos os materiais)	R\$ 2.230,07	R\$ 2.230,07
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 62.734,70</b>
<b>IMPACTO FINANCEIRO (Acréscimo - Decréscimo)</b>					<b>R\$ 30.893,28</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. CONCLUSÃO

Em virtude da relevância da rodovia MGC-491 – Trecho Varginha Entrº BR-381, por ser um canal de escoamento da principal matéria prima regional, é necessário que as condições de trafegabilidade relacionadas ao conforto e segurança dos usuários não sejam comprometidas. Sabe-se que os principais parâmetros que contribuem para a eficiência dessas condições, dentre outros, é o estudo de traçado para o projeto geométrico, o estado do pavimento, a sinalização, e a drenagem rodoviária.

Pela importância dessa última, este trabalho analisou e discutiu parâmetros para se compreender como atingir os elementos que compõem um projeto e como analisá-los durante a execução do mesmo, mediante revisão da literatura. E, através dessa análise, foi possível compreender que o projeto de drenagem é de extrema importância, tanto na construção quanto na manutenção de rodovias, visto que influencia diretamente na qualidade e na conservação do pavimento, garantindo, dessa forma, o conforto e segurança necessária aos usuários.

Para tanto, foram levantados dados de campo e apresentados os diagnósticos no capítulo 3, revelando o legítimo estado dos dispositivos de obra de arte-corrente existentes e as possíveis soluções para os referidos dispositivos.

Apesar da convenção adotada pelas Prefeituras e pelo Departamento de Edificação e Estradas de Rodagem indicar a não utilização de dispositivos com DN 40 cm, o projeto indica o prolongamento de 55% dos bueiros com o referido diâmetro nominal, e a inalteração de 20%. Entretanto, 42% desses bueiros que são indicados prolongamentos e inalteração apresentam-se obstruídos e com ausência de trabalhabilidade.

Logo, uma análise hidrológica da região foi realizada em conjunto com a caracterização geomorfológica do local, verificando que, assim como o clima, a pluviosidade da região Sudeste é bastante diversificada, possuindo um período chuvoso que compreende os meses de agosto e fevereiro, apontando uma intensidade de chuva de 166,96 mm/h.

A fim de não comprometer o corpo estradal, foram obtidas, através dos estudos hidrológicos constantes no Capítulo 4, as vazões máximas prováveis dos bueiros existentes e que serão implantados, necessários para a captação e condução adequada das águas. Assim, sabe-se que os referidos dispositivos suportam as alterações indicadas no diagnóstico.

Entretanto, conforme observado no item 4.4, houve um impacto financeiro considerável de R\$30.893,28. Ou seja, em termos técnicos, as alterações não são prejudiciais, uma vez que atendem perfeitamente aos requisitos solicitados. Porém, deverá ser estudado o reflexo financeiro causado. Essas alterações precisam ser realizadas para que a execução fique

padronizada conforme o estabelecido pelas Prefeituras e pelo Departamento de Edificação e Estradas de Rodagem locais.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH)**. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland comum**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26: Amostragem de agregados**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218: Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46: Agregados - Determinação do teor de materiais pulverulentos**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809: Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51: Agregados - Determinação da abrasão "Los Angeles"**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Manual de drenagem de rodovias**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2007.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Itajubá- SF.23-Y-B-III, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com a Folha Varginha.** Brasília, 2008.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGENS. **Manual de Fiscalização de Obras em Vias Rurais.** Belo Horizonte, 2008.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGENS. **Tabela Referencial de Preços.** Belo Horizonte, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem.** IPR-715. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Álbum de Projetos-tipo de Dispositivos de Drenagem.** IPR-725. Rio de Janeiro, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Varginha.** IBGE, 1969. 1 mapa. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil.** IBGE, 2010.

JABÔR, Marcos Augusto. **Drenagem de Rodovias: estudos hidrológicos e projetos de drenagem.** 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Highway Capacity Manual 2000.** Washington, 2000.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil.** IBGE. Rio de Janeiro, 1989.

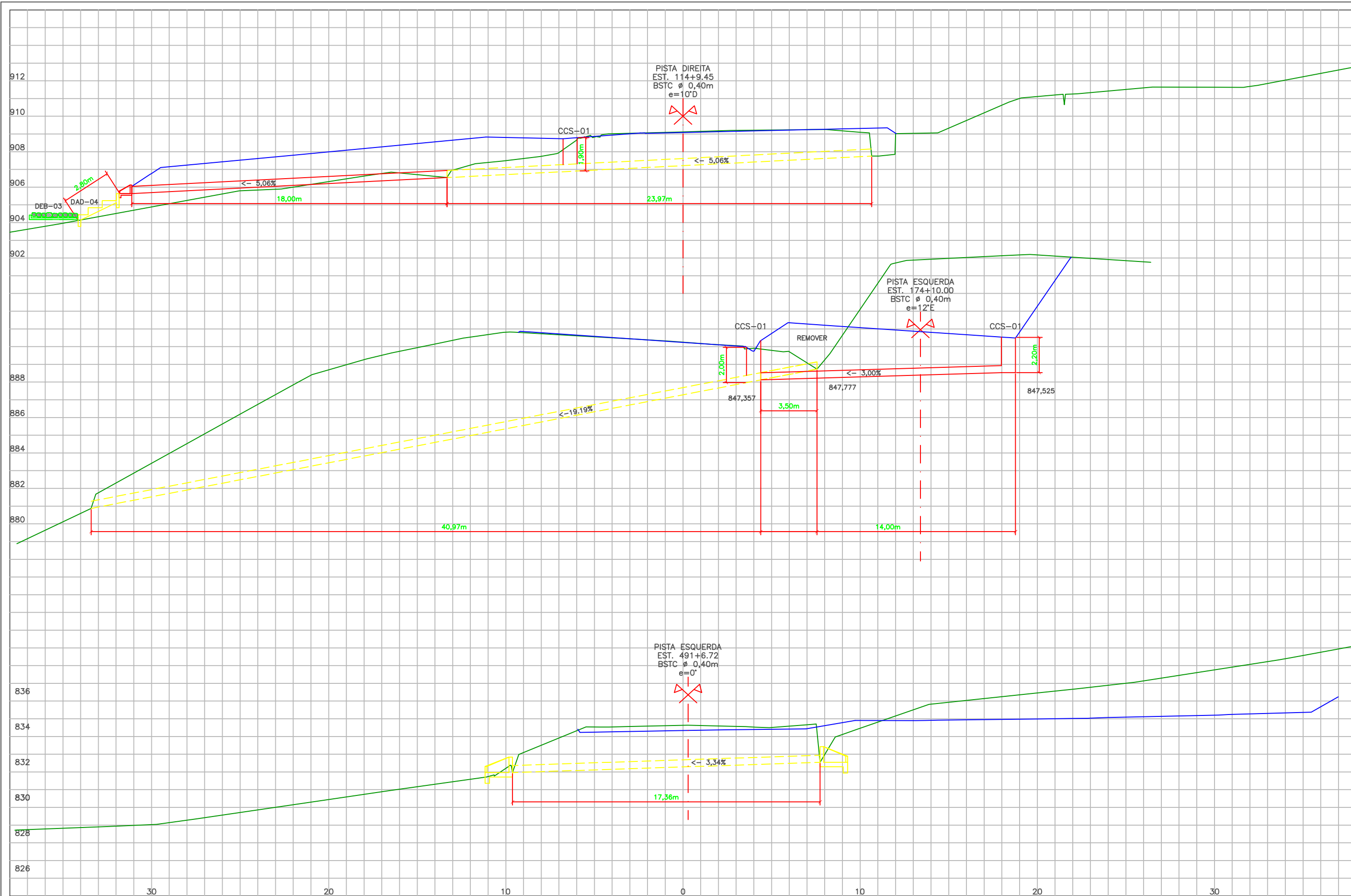
PLANEX S/A CONSULTORIA DE PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO. **Projeto de Restauração, Aumento de Capacidade e Duplicação da Rodovia MGC-491 Entrº BR-381.** Belo Horizonte, 2013.

**PLUVIO 2.0 Software,** Viçosa, 26 Agosto de 2015. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares> > Acesso em: Abril de 2018.

SINGH, Vijay P. **Chow's Handbook of Applied Hydrology.** 2 ed. McGraw Hill. New York, 2016.

**TOMAZ, Plinio. Curso de Manejo de Águas Pluviais: método do SCS (Soil Conservation Service) para várias bacias. Capítulo 99. 2012.**

**APÊNDICE – Perfis dos bueiros  $\varnothing = 0,40$  m analisados.**



DESENHO Nº  
DR-008-00

MÊS/ANO:

ELABORADO POR:

APROVADO POR:

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO:

ESCALA:

VERIFICADO:

APROVADO:

Eng. Fiscal - CREA/MG

Eng. Chefe de DP

Eng. Diretor de DP

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS

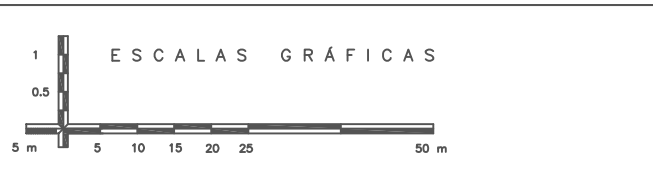
RODOVIA: MGC-491

TRECHO: VARGINHA - ENTR' BR-381

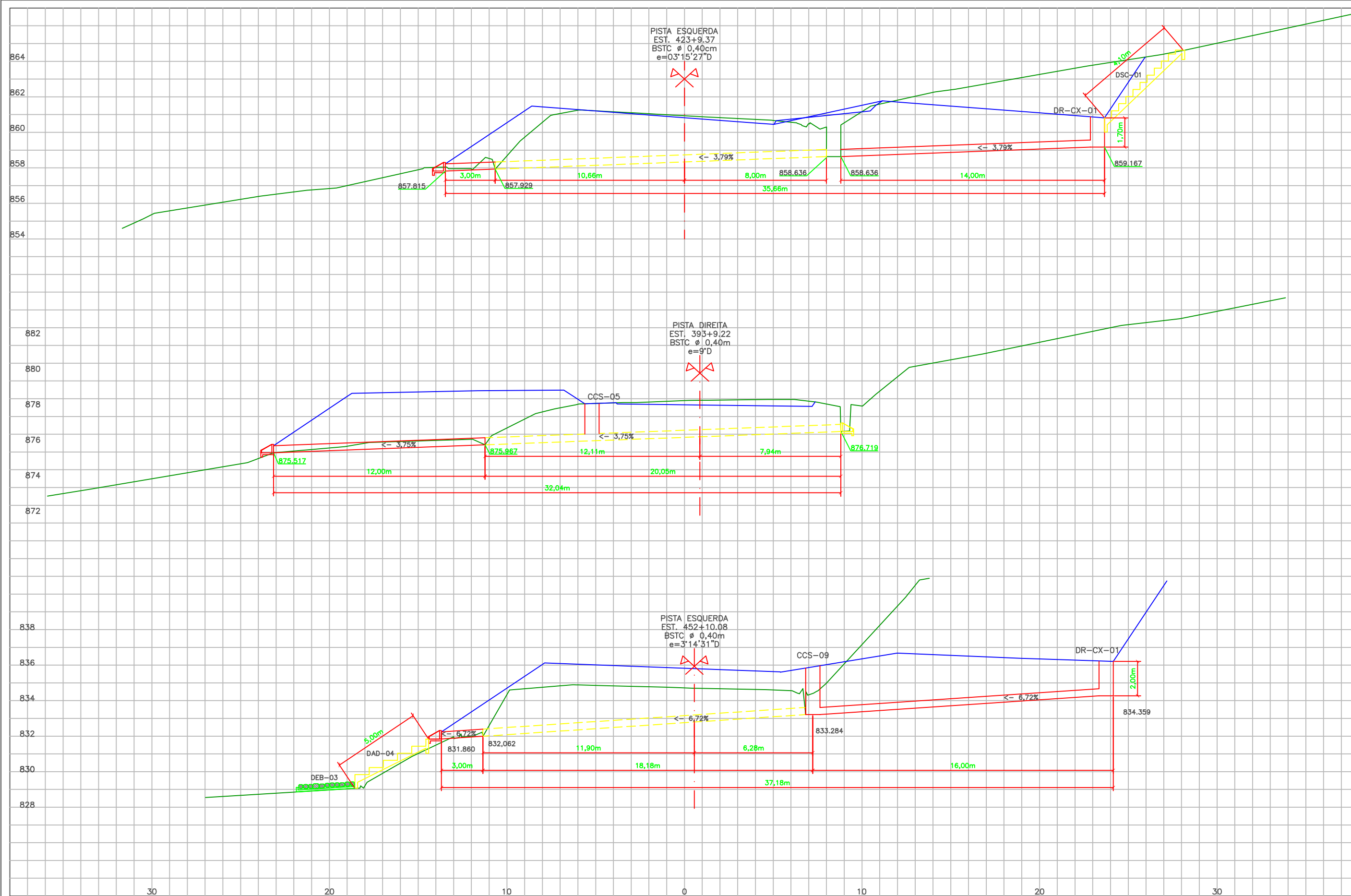
PROJETO DE DRENAGEM  
BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm

FOLHA:  
DR-08





DESENHO Nº DR-009-00		MÊS/ANO:		DIRETORIA DE PROJETOS			DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS	
ELABORADO POR:		DESENHO:					RODOVIA: MGC-491	
APROVADO POR:		VERIFICADO:		APROVADO:		PROJETO DE DRENAGEM BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm		FOLHA: DR-09
				Eng. Fiscal - OREA/MG Eng. Chefe de DP Eng. Diretor de DP				



DESENHO Nº  
DR-012-00

MÊS/ANO:

ELABORADO POR:

APROVADO POR:

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO:

ESCALA:

VERIFICADO:

APROVADO:

Eng. Fiscal - CREA/MG

Eng. Chefe de DP

Eng. Diretor de DP

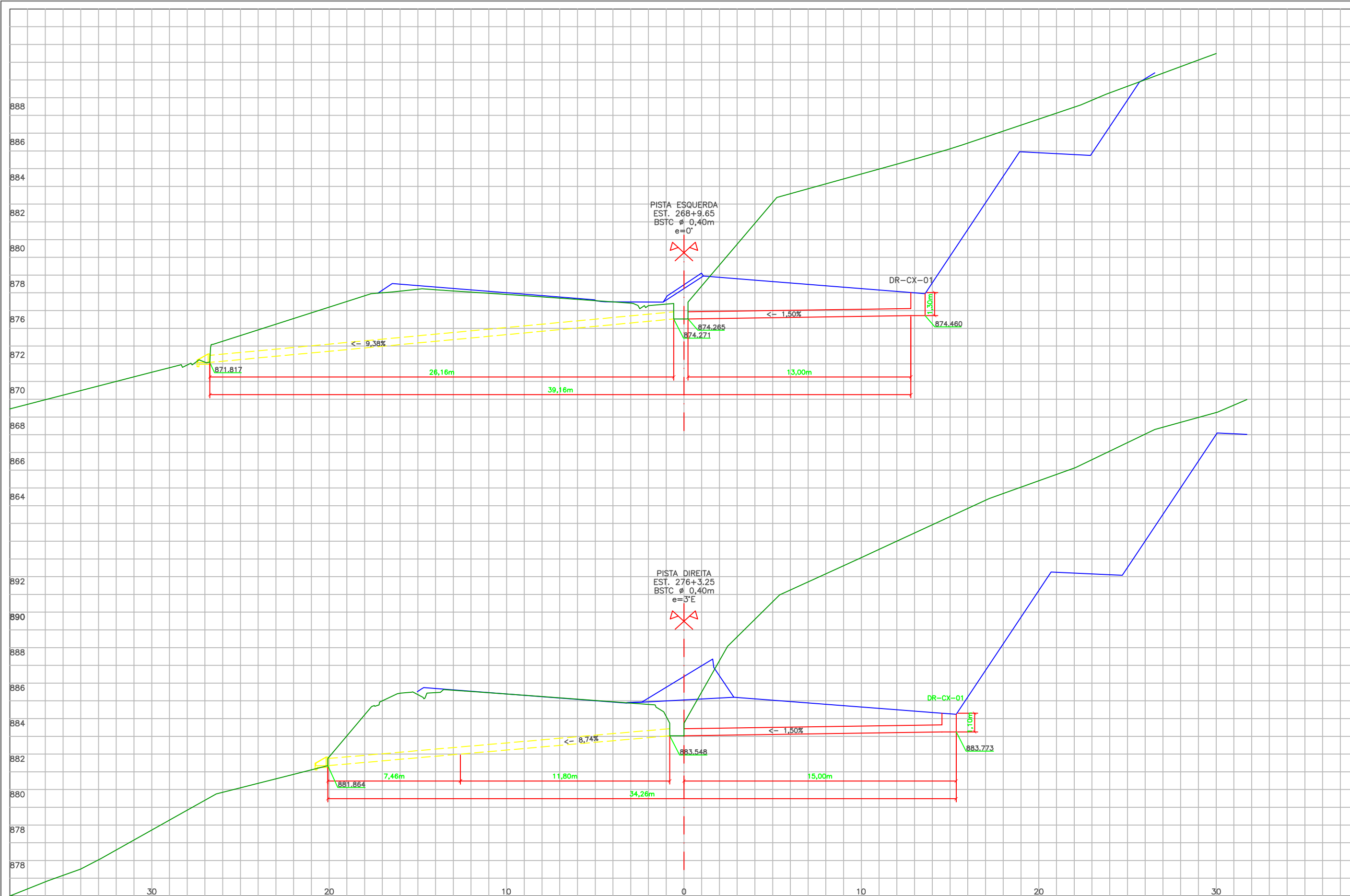
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-491

TRECHO: VARGINHA - ENTR' BR-381

PROJETO DE DRENAGEM  
BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm

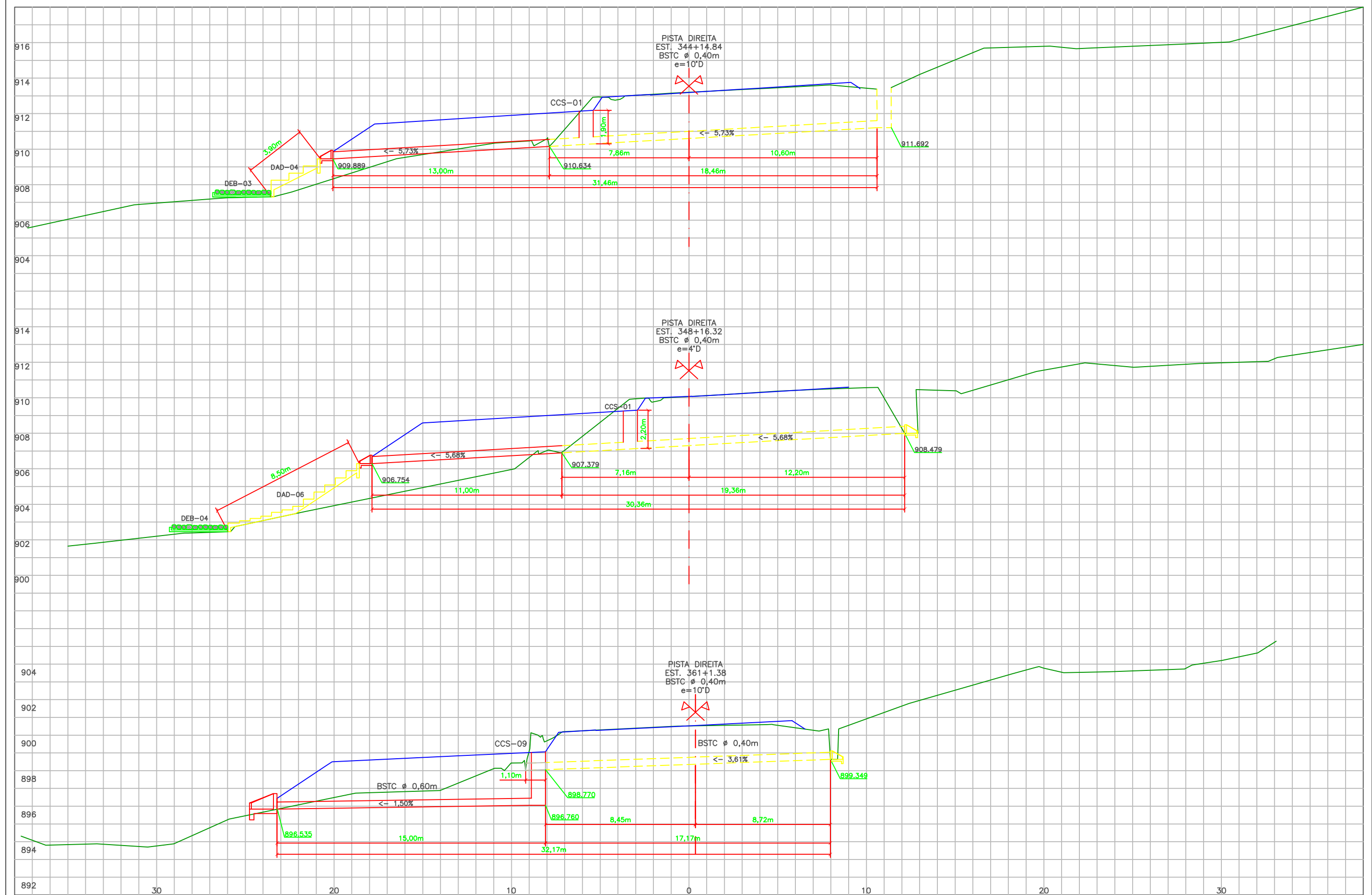
FOLHA:  
DR-12



DESENHO Nº DR-010-00		MÊS/ANO:		DIRETORIA DE PROJETOS		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS	
ELABORADO POR:		DESENHO:				RODOVIA: MGC-491	
APROVADO POR:		VERIFICADO:		APROVADO:		PROJETO DE DRENAGEM BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm	
				Eng. Fiscal - CREA/MG			
				Eng. Chefe de DP			
				Eng. Diretor de DP		FOLHA: DR-10	



DESENHO Nº DR-015-00	MES/ANO:	DIRETORIA DE PROJETOS		DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS	
ELABORADO POR:	DESENHO:	ESCALA:	Eng. Fiscal - CREA/MG	RODOVIA: MGC-491	TRECHO: VARGINHA - ENTRª BR-381
APROVADO POR:	VERIFICADO:	APROVADO:	Eng. Chefe de DP	PROJETO DE DRENAGEM BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm	
			Eng. Diretor de DP	FOLHA: DR-15	



DESENHO Nº DR-011-00  
 MÊS/ANO:  
 ELABORADO POR:  
 APROVADO POR:

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO:  
 ESCALA:  
 VERIFICADO:  
 APROVADO:

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
 DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR' BR-381  
 PROJETO DE DRENAGEM  
 BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm  
 FOLHA: DR-11



DESENHO Nº  
DR-016-00

MÊS/ANO:

ELABORADO POR:

APROVADO POR:

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO: ESCALA:

VERIFICADO: APROVADO:

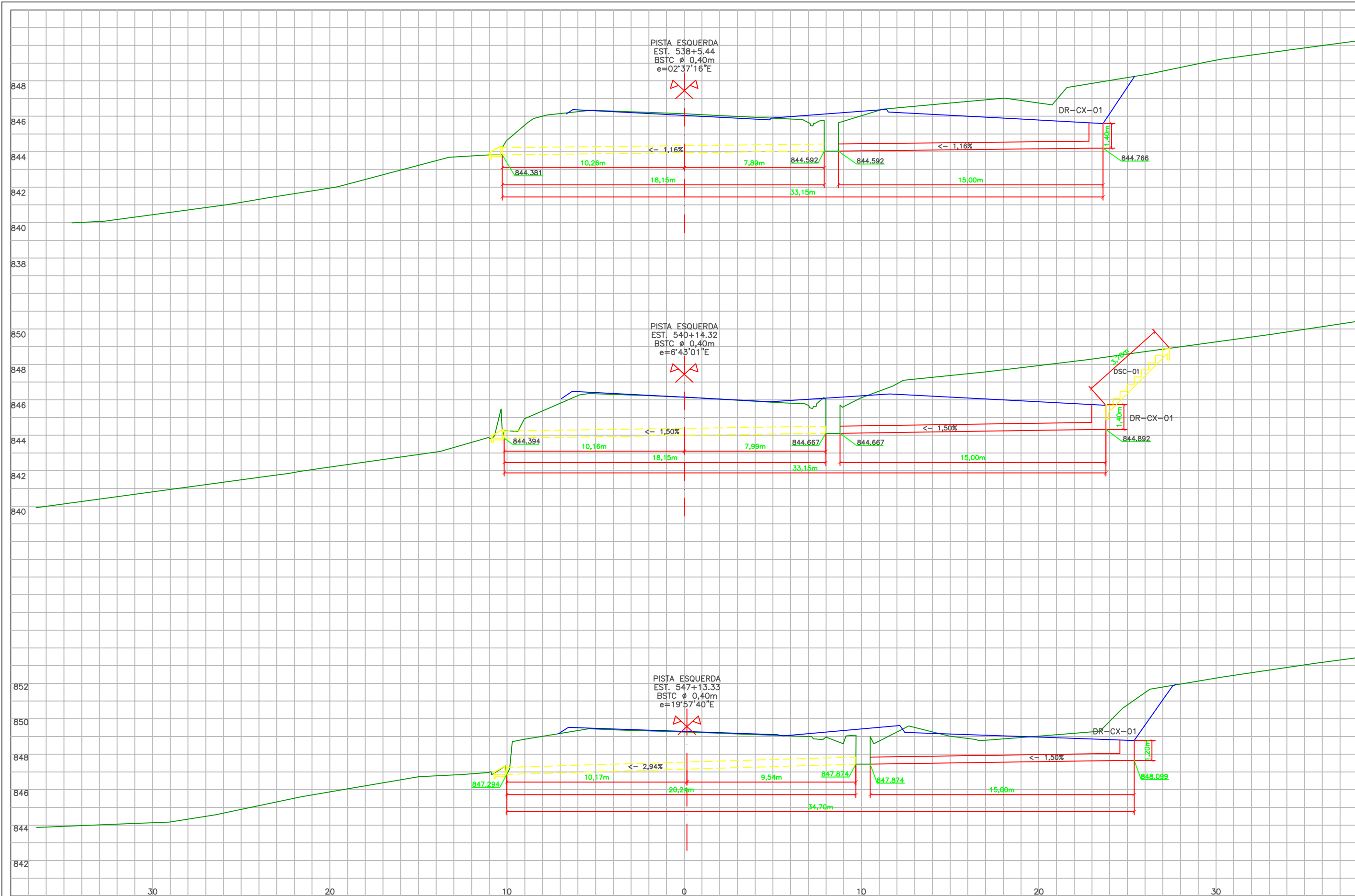
Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe de DP  
 Eng. Diretor de DP

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR' BR-381

PROJETO DE DRENAGEM  
BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm

FOLHA:  
DR-16



DESENHO Nº  
DR-013-00

MÊS/ANO:

ELABORADO POR:

APROVADO POR:

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO: ESCALA:

VERIFICADO: APROVADO:

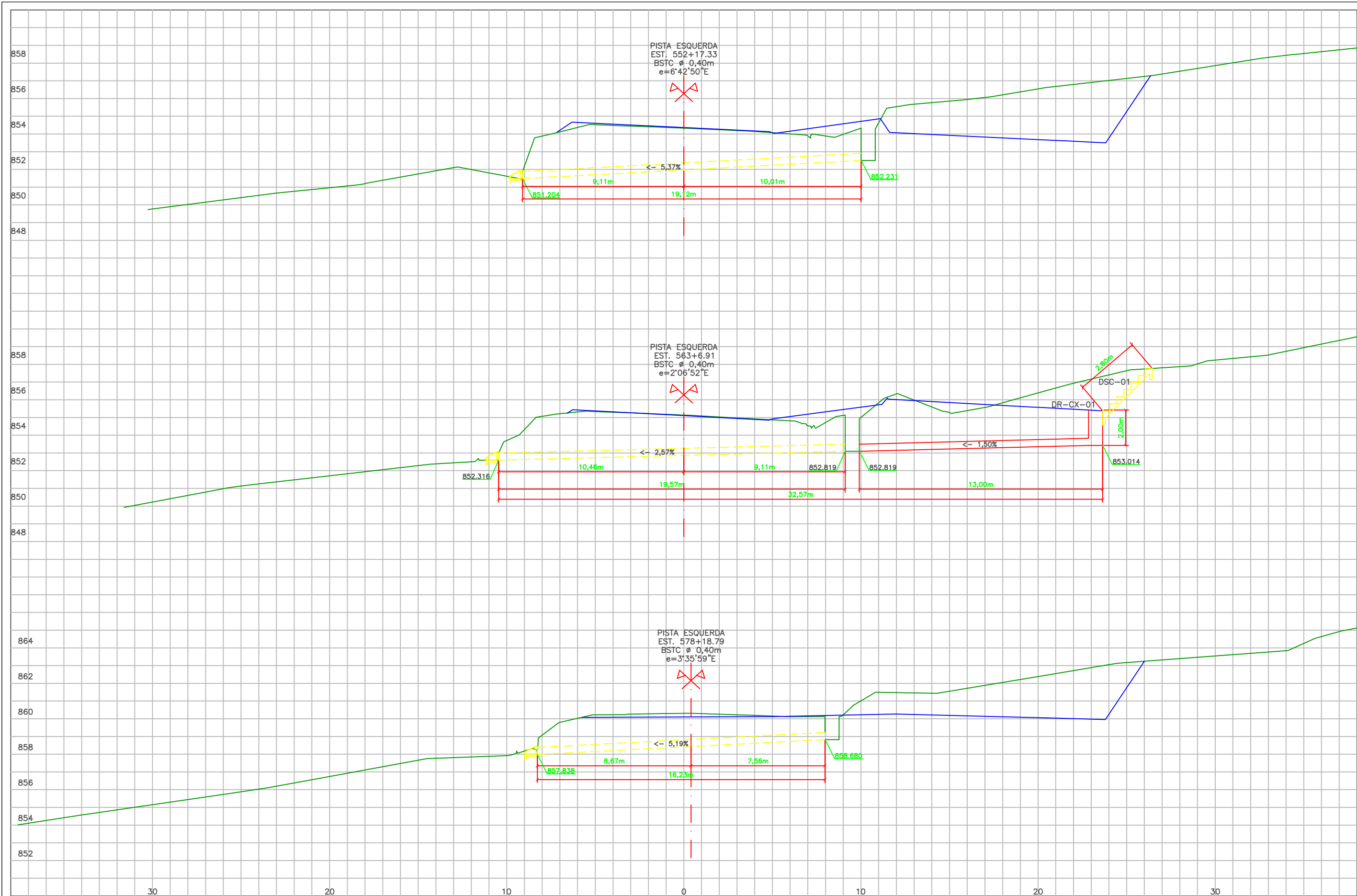
Eng. Fiscal - CREA/MG  
Eng. Chefe de DP  
Eng. Diretor de DP

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTRª BR-381

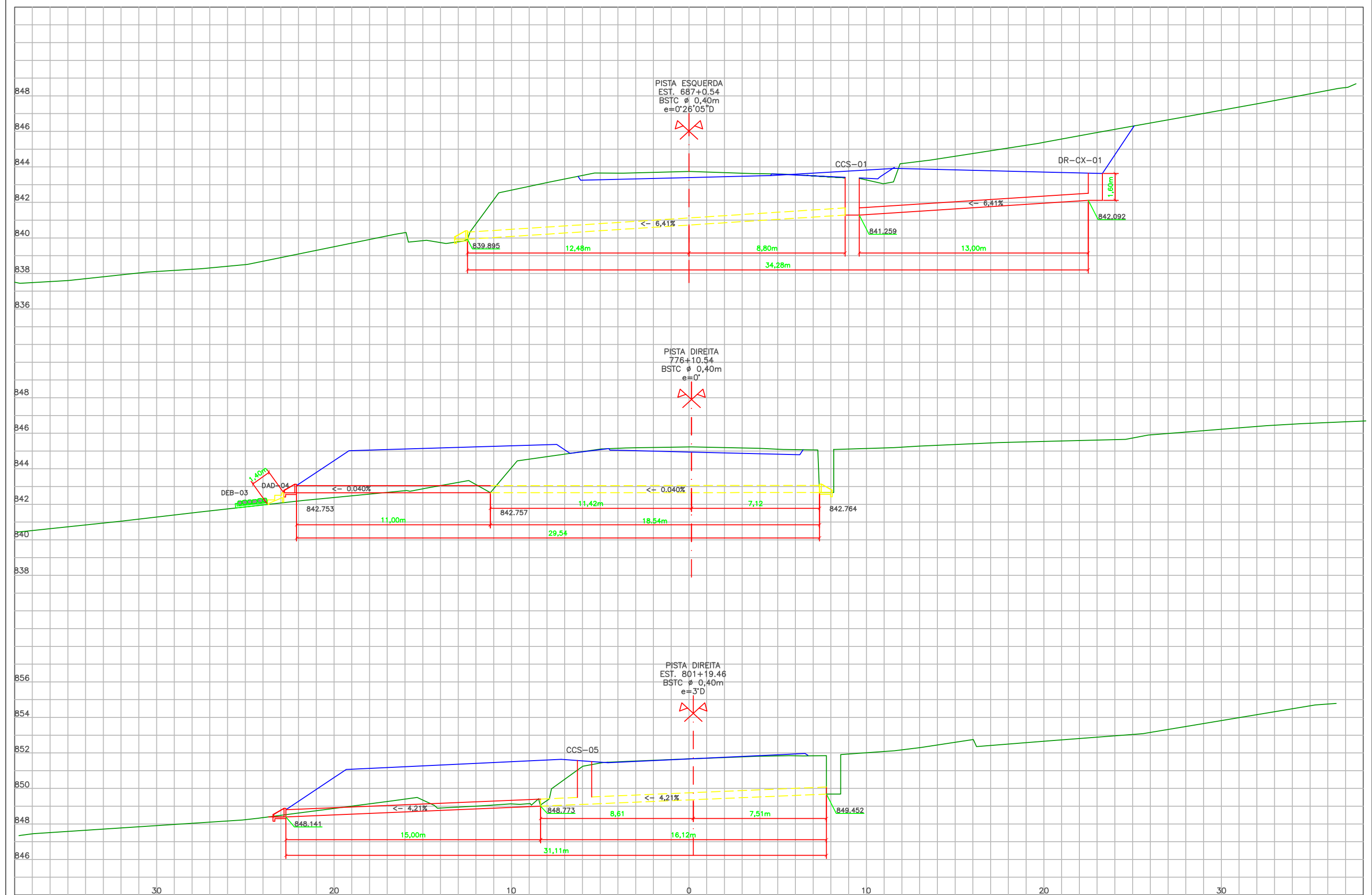
PROJETO DE DRENAGEM  
BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm

FOLHA:  
DR-13



DESENHO Nº DR-014-00		MÊS/ANO:		DIRETORIA DE PROJETOS			DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS		
ELABORADO POR:		DESENHO:					ESCALA:		RODOVIA: MGC-491
APROVADO POR:		VERIFICADO:		APROVADO:		TRECHO: VARGINHA - ENTRª BR-381			
						Eng. Fiscal - CREA/MG Eng. Chefe de DP Eng. Diretor de DP		PROJETO DE DRENAGEM BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm	
								FOLHA: DR-14	



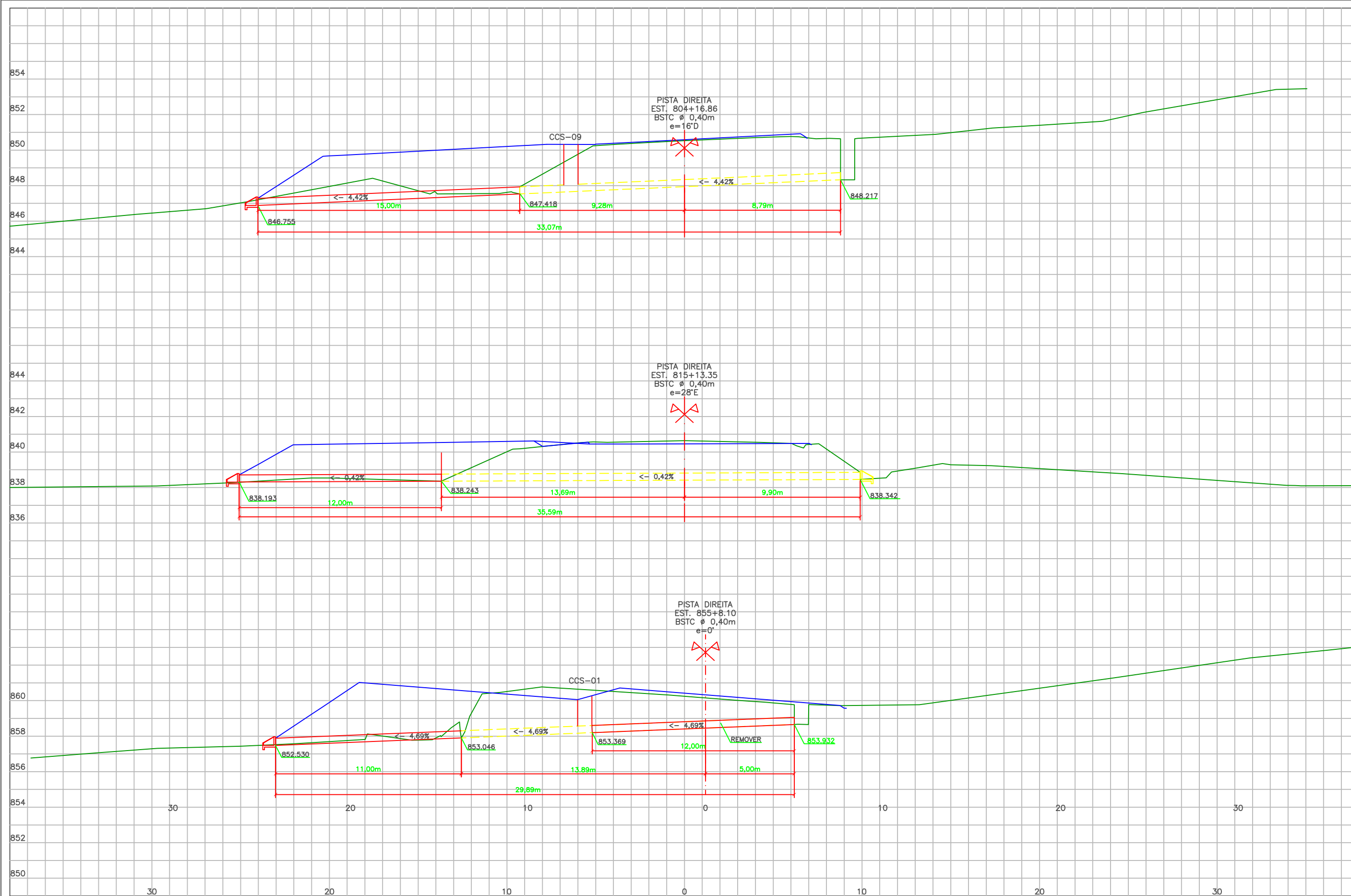


DESENHO Nº DR-017-00  
MÊS/ANO:  
ELABORADO POR:  
APROVADO POR:

DIRETORIA DE PROJETOS  
DESENHO:  
VERIFICADO:  
ESCALA:  
APROVADO:

Eng. Fiscal - CREA/MG  
Eng. Chefe de DP  
Eng. Diretor de DP

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR' BR-381  
PROJETO DE DRENAGEM BUEIROS PROJETADOS RODOVIA  
FOLHA: DR-17



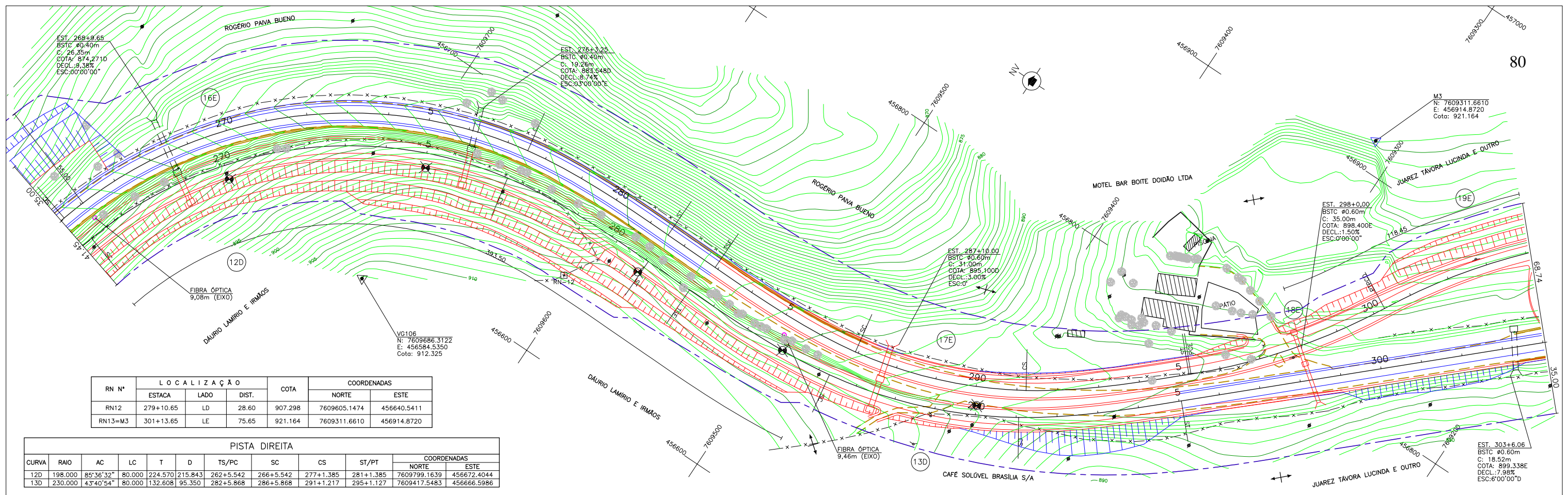
DESENHO Nº DR-019-00  
 MÊS/ANO:  
 ELABORADO POR:  
 APROVADO POR:

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO:  
 ESCALA:  
 VERIFICADO:  
 APROVADO:

Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe de DP  
 Eng. Diretor de DP

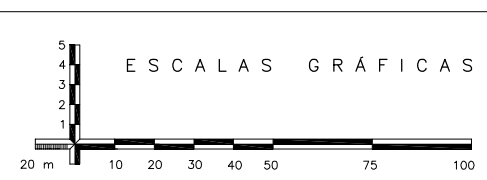
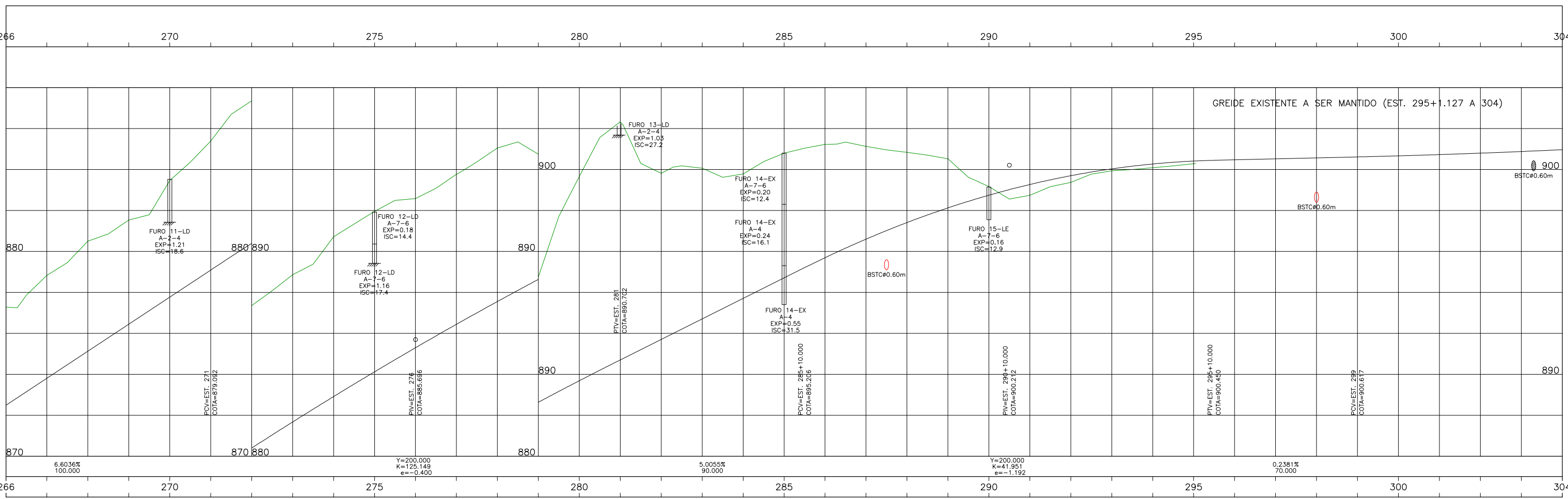
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR' BR-381  
 PROJETO DE DRENAGEM BUEIROS PROJETADOS DN 40 cm  
 FOLHA: DR-19

**ANEXO – Projeto geométrico da rodovia MGC-491 entrº BR-381.**



RN Nº	LOCALIZAÇÃO			COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.	NORTE	ESTE
RN12	279+10.65	LD	28.60	7609605.1474	456640.5411
RN13=M3	301+13.65	LE	75.65	7609311.6610	456914.8720

PISTA DIREITA											
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
12D	198.000	85°36'32"	80.000	224.570	215.843	262+5.542	266+5.542	277+1.385	281+1.385	7609799.1639	456672.4044
13D	230.000	43°40'54"	80.000	132.608	95.350	282+5.868	286+5.868	291+1.217	295+1.127	7609417.5483	456666.5986

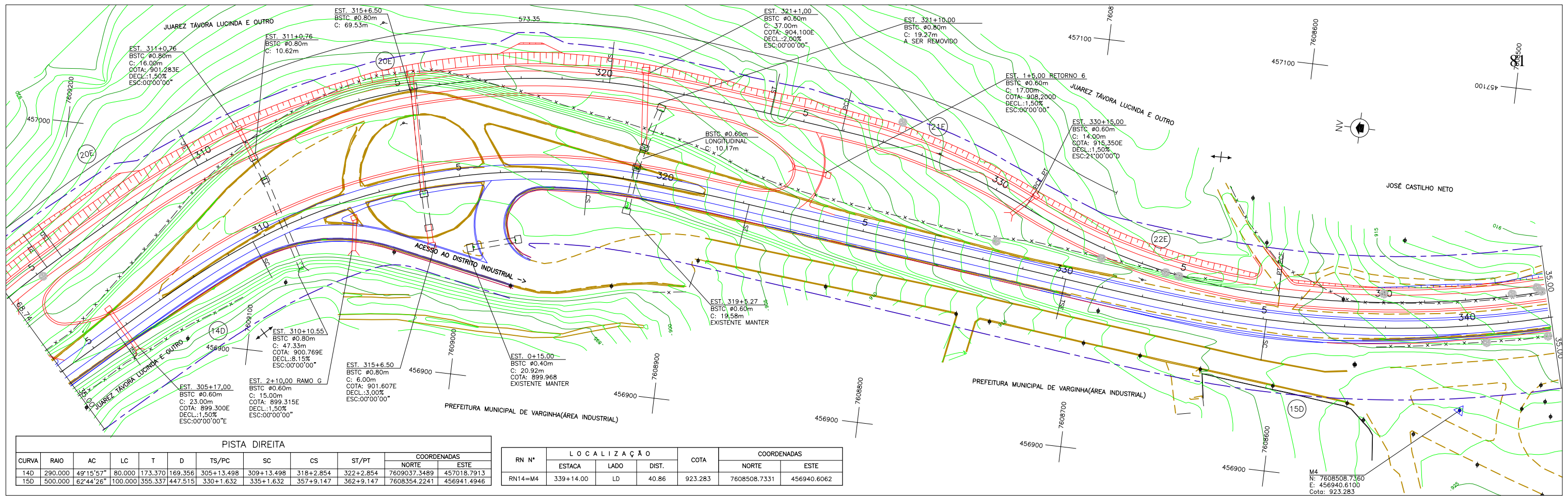


DESENHO Nº: 1108-01-MI-00-PE-CM-010-00  
MÊS/ANO: MAR/13  
ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENGº ESPECIALISTA  
APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENGº COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
DESENHO: ESCALA:  
VERIFICADO: APROVADO:  
Eng. Fiscal - CREA/MG  
Eng. Chefe de DP  
Eng. Diretor de DP

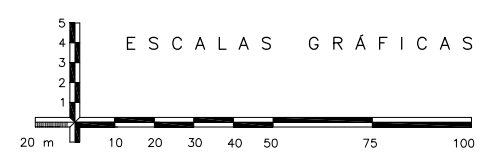
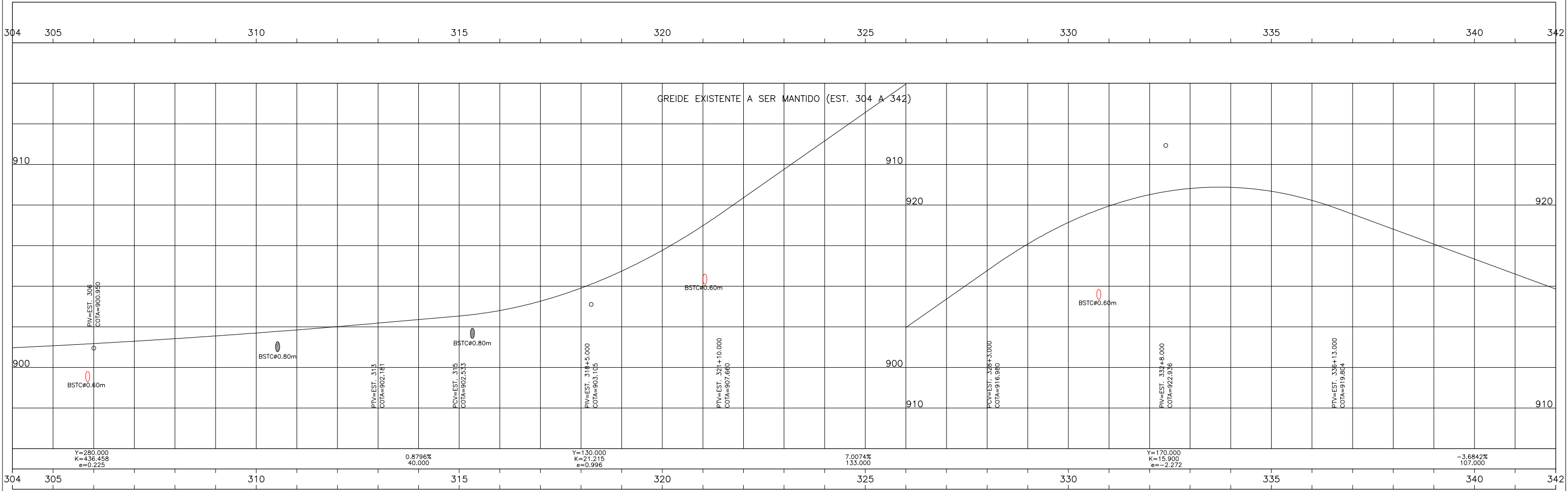


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTRº BR-381  
PROJETO GEOMÉTRICO EST. 266 a EST. 304 - PISTA DIREITA  
FOLHA: GM-10



PISTA DIREITA											
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
14D	290.000	49°15'57"	80.000	173.370	169.356	305+13.498	309+13.498	318+2.854	322+2.854	7609037.3489	457018.7913
15D	500.000	62°44'26"	100.000	355.337	447.515	330+1.632	335+1.632	357+9.147	362+9.147	7608354.2241	456941.4946

RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN14=M4	339+14.00	LD	40.86	923.283	7608508.7331	456940.6062



DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-011-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

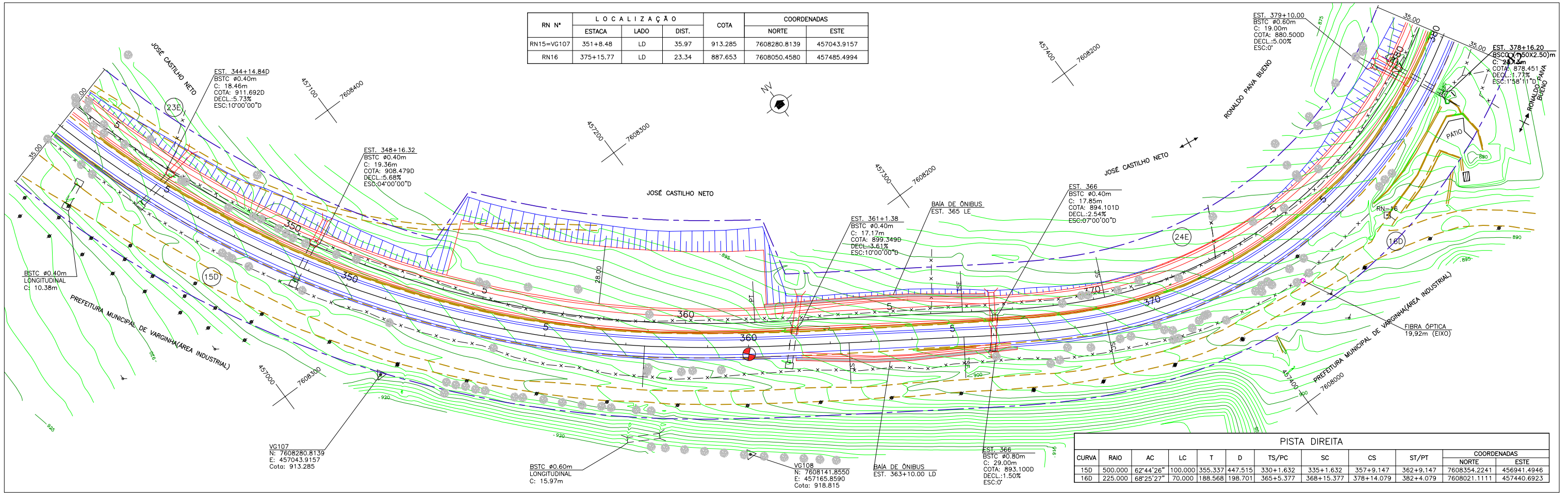
DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP



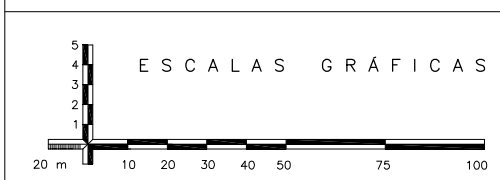
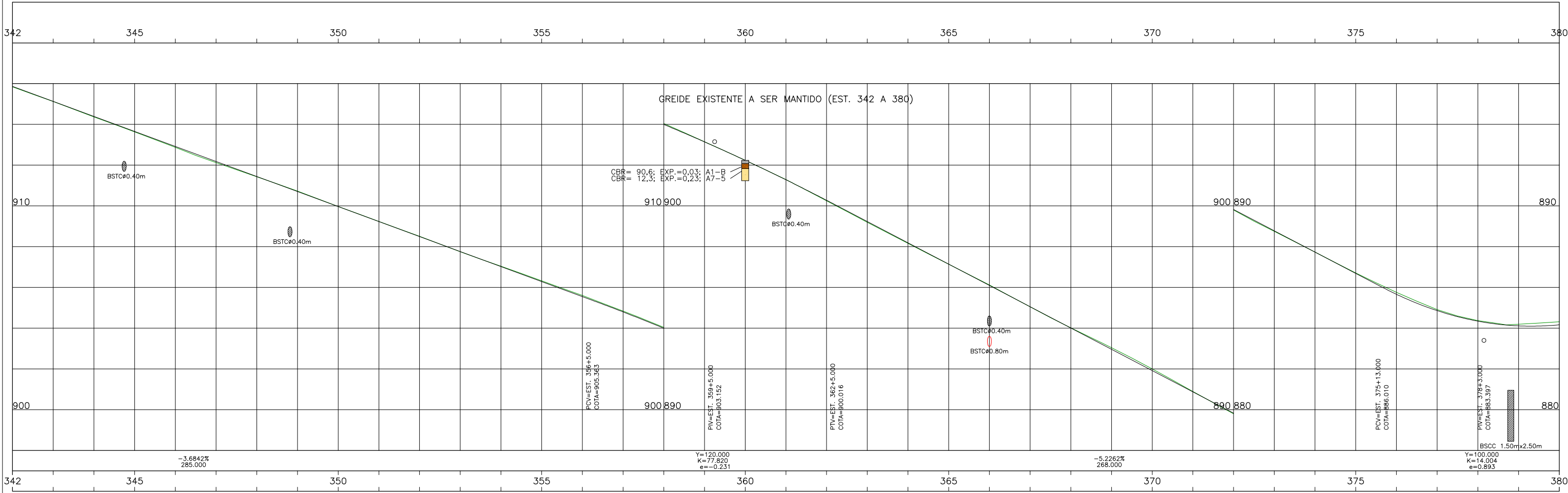
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 304 a EST. 342 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-11



RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN15=VG107	351+8.48	LD	35.97	913.285	7608280.8139	457043.9157
RN16	375+15.77	LD	23.34	887.653	7608050.4580	457485.4994



CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
15D	500.000	62°44'26"	100.000	355.337	447.515	330+1.632	335+1.632	357+9.147	362+9.147	7608354.2241	456941.4946
16D	225.000	68°25'27"	70.000	188.568	198.701	365+5.377	368+15.377	378+14.079	382+4.079	7608021.1111	457440.6823

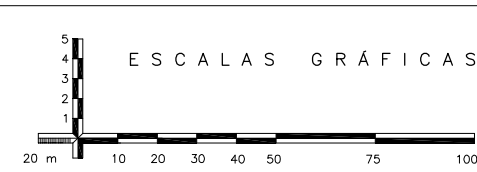
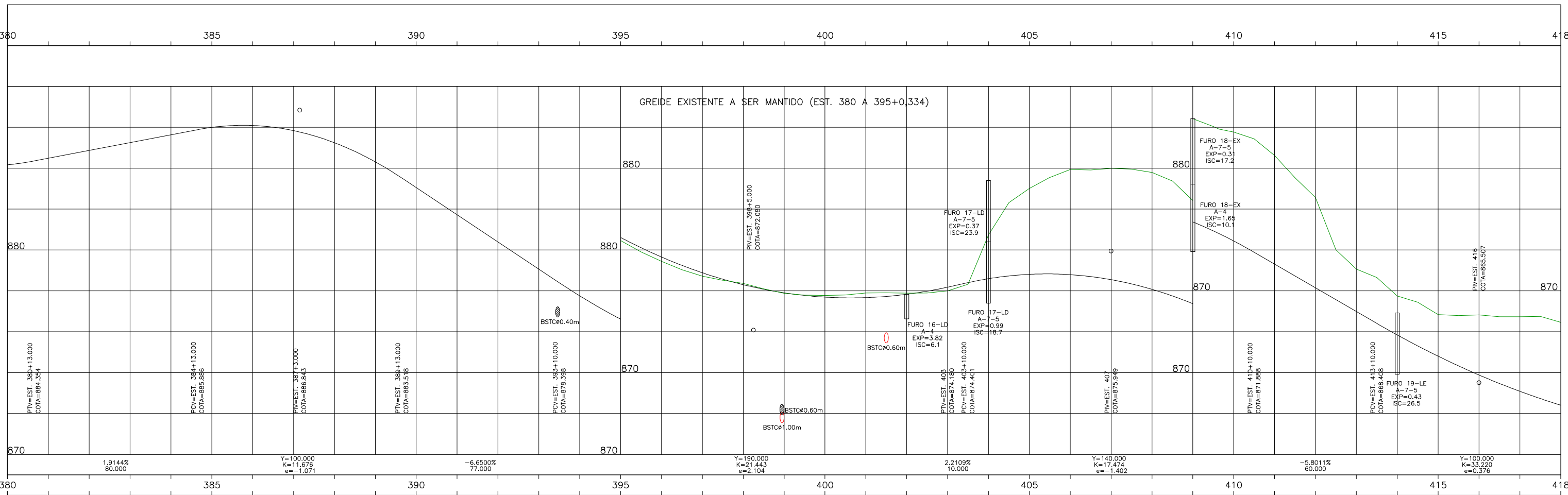
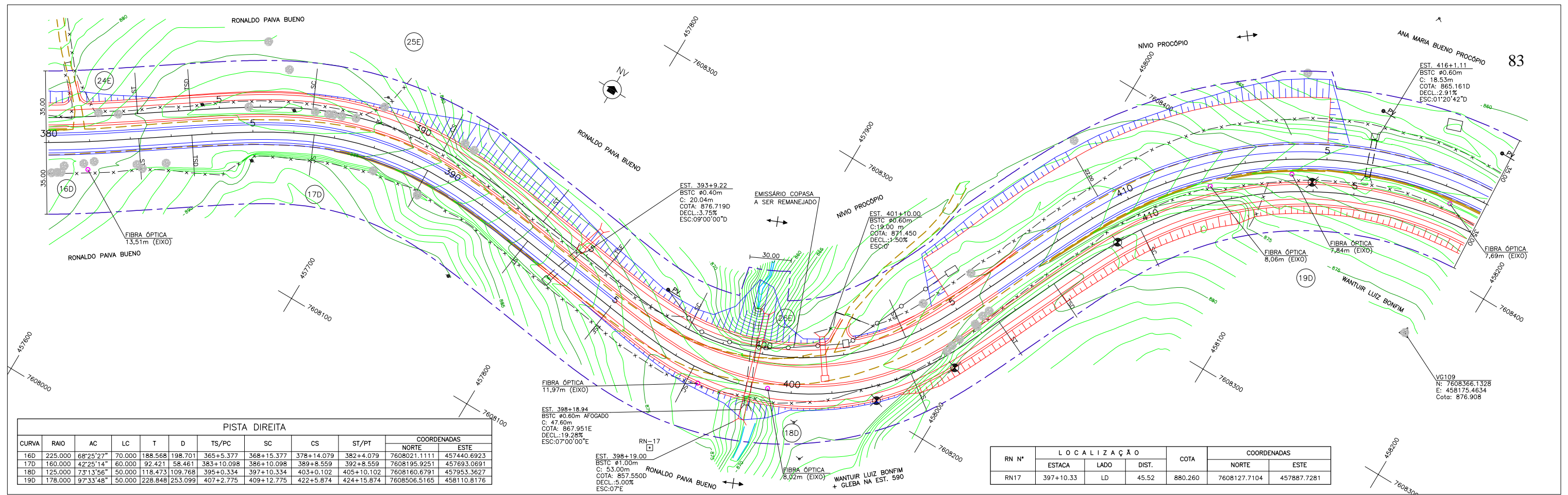


DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-012-00  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

MÊS/ANO: MAR/13  
 DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 342 a EST. 380 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-12



DESENHO N°: 1108-01-MI-00-PE-CM-013-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO: ESCALA: Eng. Fiscal - CREA/MG  
 VERIFICADO: APROVADO: Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381

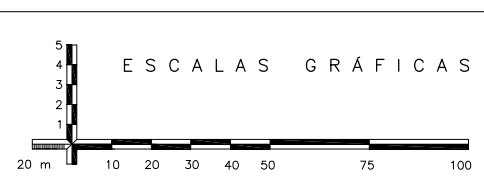
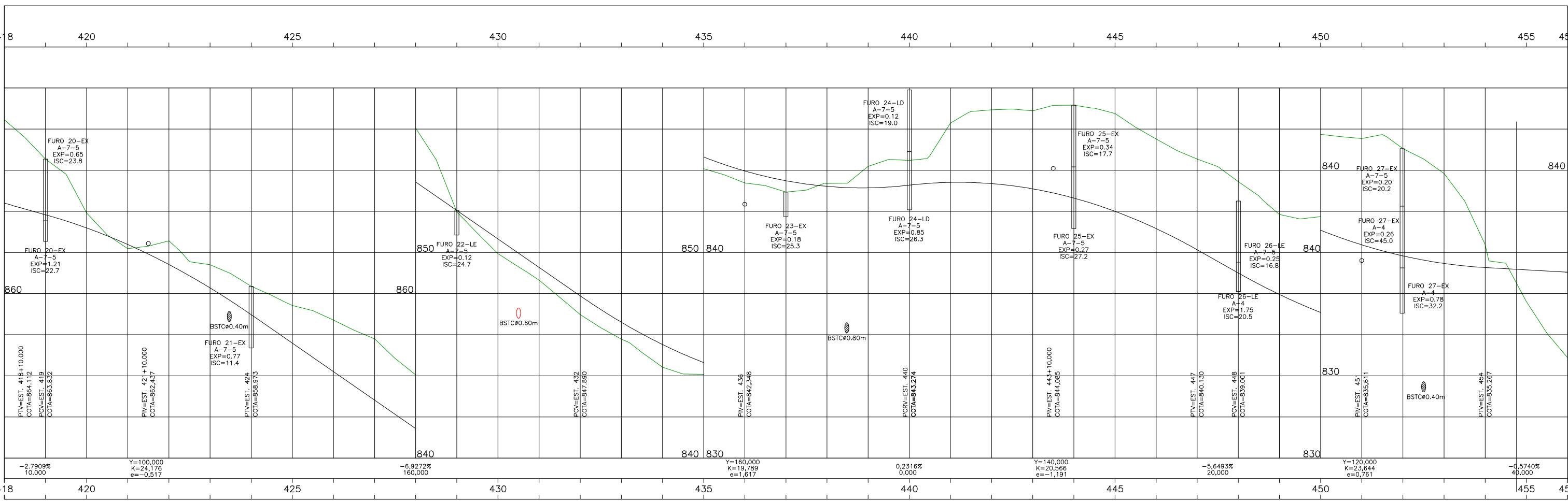
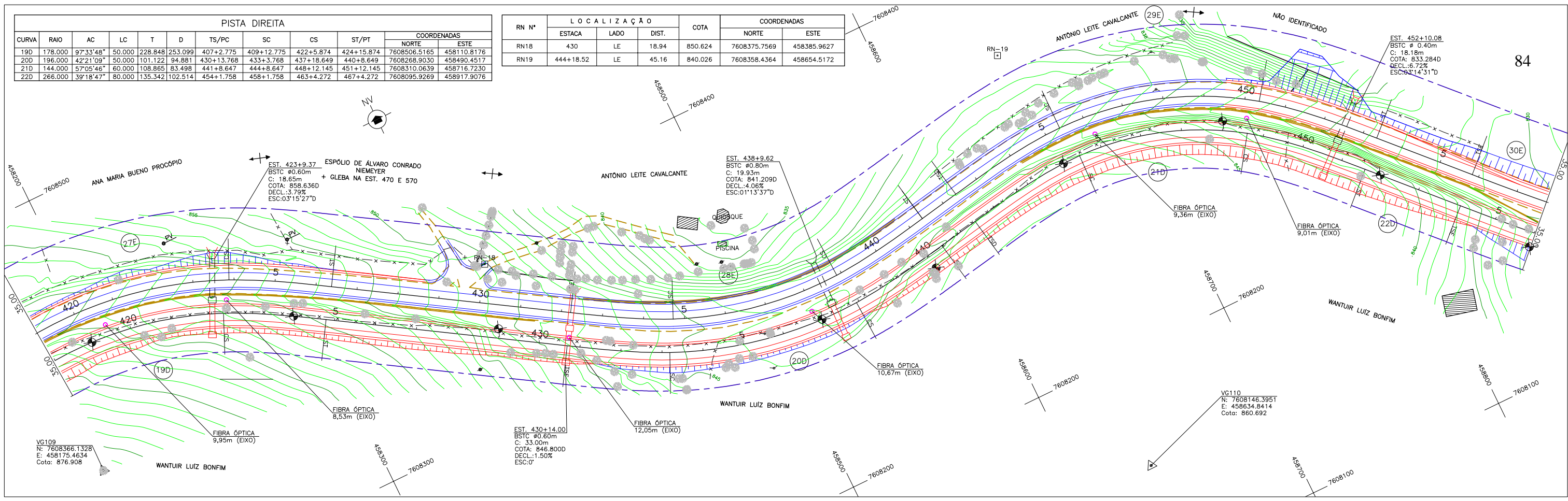
PROJETO GEOMÉTRICO EST. 380 a EST. 418 - PISTA DIREITA

FOLHA: GM-13



PISTA DIREITA											
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
19D	178.000	97°33'48"	50.000	228.848	253.099	407+2.775	409+12.775	422+5.874	424+15.874	7608506.5165	458110.8176
20D	196.000	42°11'09"	50.000	101.122	94.881	430+13.768	433+3.768	437+18.649	440+8.649	7608269.9030	458490.4517
21D	144.000	57°05'46"	60.000	108.865	83.498	441+8.647	444+8.647	448+12.145	451+12.145	7608310.0639	458716.7230
22D	266.000	39°18'47"	80.000	135.342	102.514	454+1.758	458+1.758	463+4.272	467+4.272	7608095.9269	458917.9076

RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN18	430	LE	18.94	850.624	7608375.7569	458385.9627
RN19	444+18.52	LE	45.16	840.026	7608358.4364	458654.5172



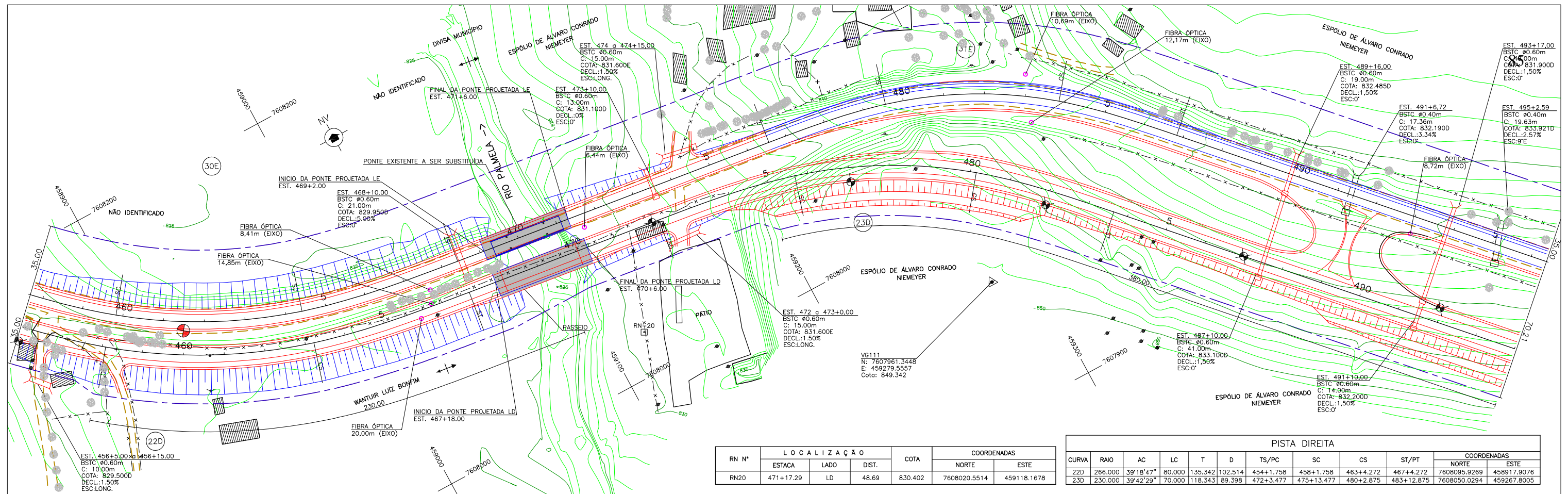
DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-014-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe de DP  
 Eng. Diretor de DP



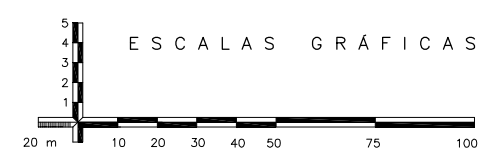
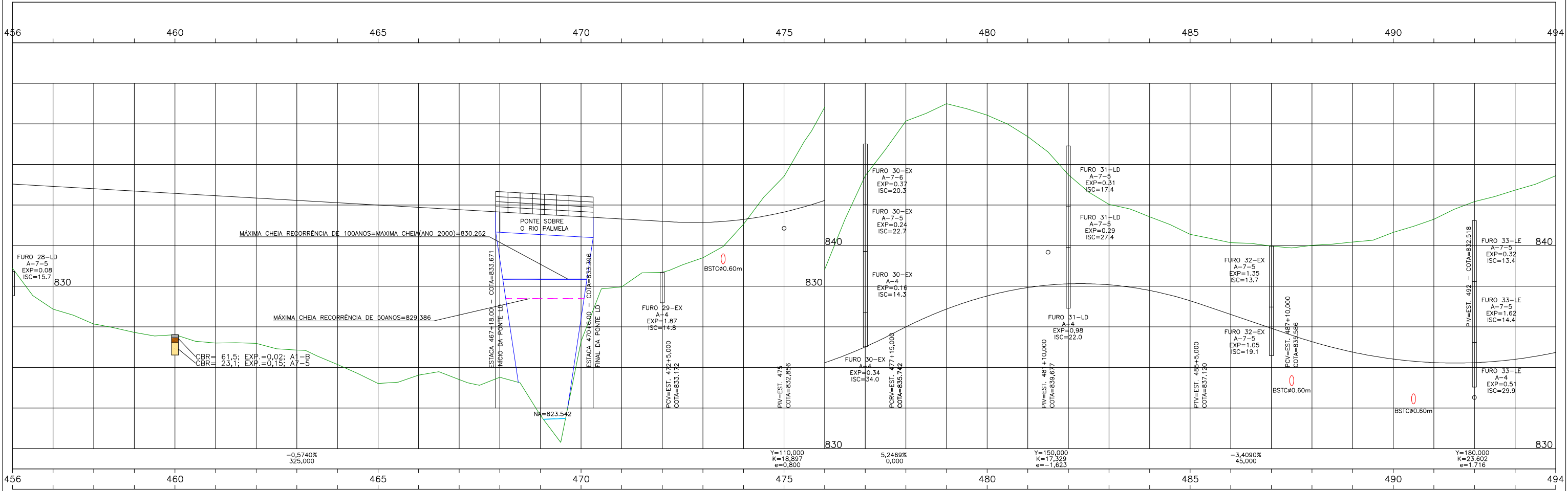
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 418 a EST. 456 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-14





RN N°	LOCALIZAÇÃO			COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.	NORTE	ESTE
RN20	471+17.29	LD	48.69	7608020.5514	459118.1678

PISTA DIREITA											
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
22D	266.000	39°18'47"	80.000	135.342	102.514	454+1.758	458+1.758	463+4.272	467+4.272	7608095.9269	458917.9076
23D	230.000	39°42'29"	70.000	118.343	89.398	472+3.477	475+13.477	480+2.875	483+12.875	7608050.0294	459267.8005



DESENHO N°  
1108-01-MI-00-PE-CM-015-00

ELABORADO POR:  
ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA

APROVADO POR:  
PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

MES/ANO:  
MAR/13

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO: \_\_\_\_\_

ESCALA: \_\_\_\_\_

VERIFICADO: \_\_\_\_\_

APROVADO: \_\_\_\_\_

Eng. Fiscal - CREA/MG

Eng. Chefe do DP

Eng. Diretor do DP



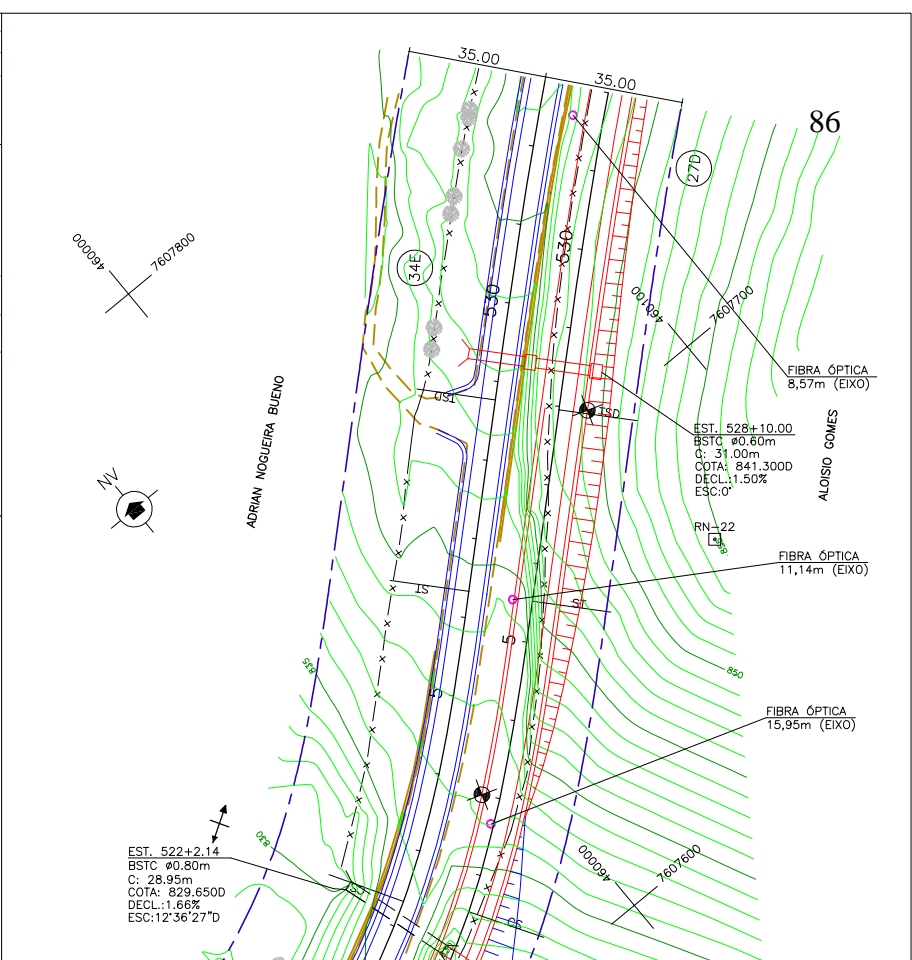
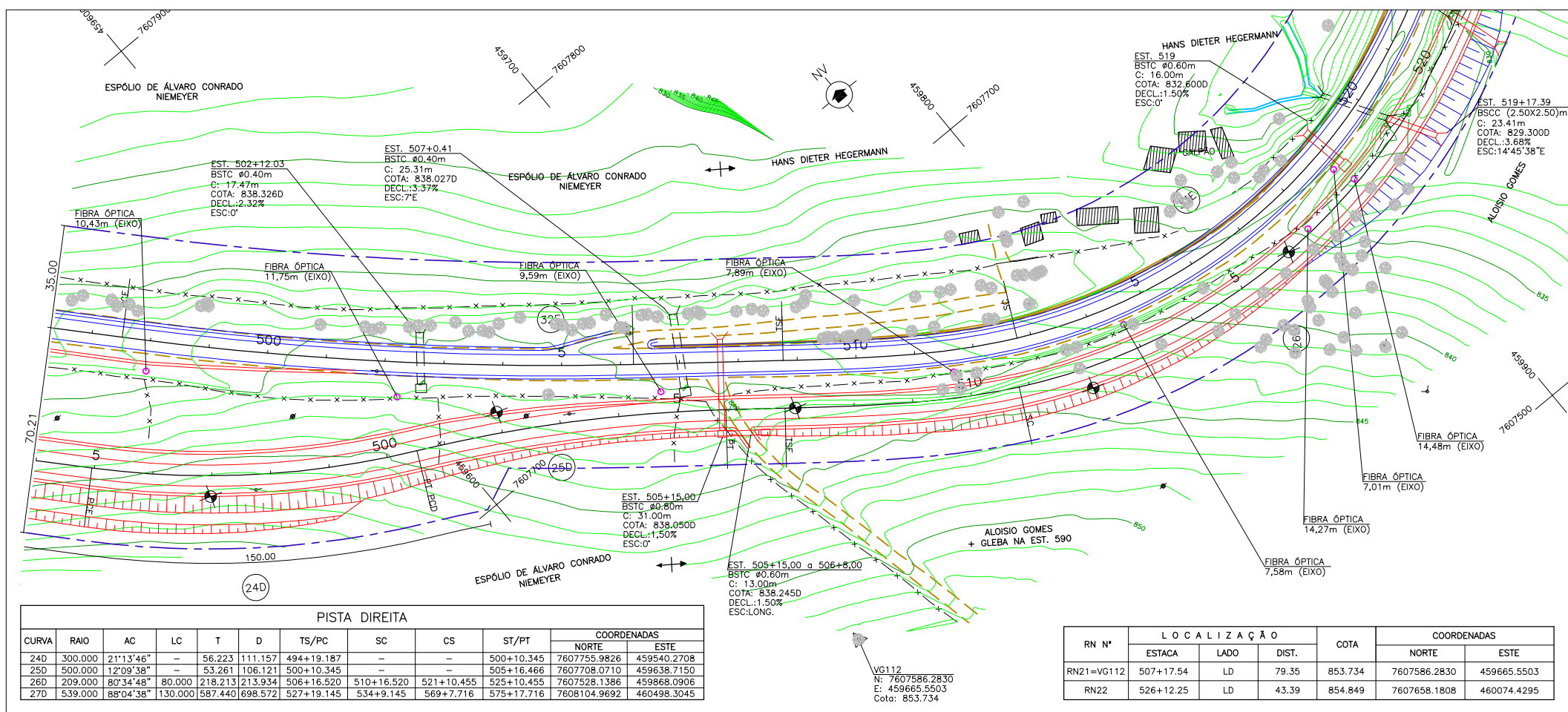
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-491

TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381

PROJETO GEOMÉTRICO  
EST. 456 a EST. 494 - PISTA DIREITA

FOLHA:  
GM-15

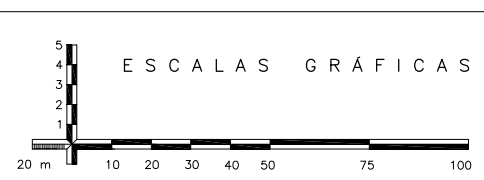
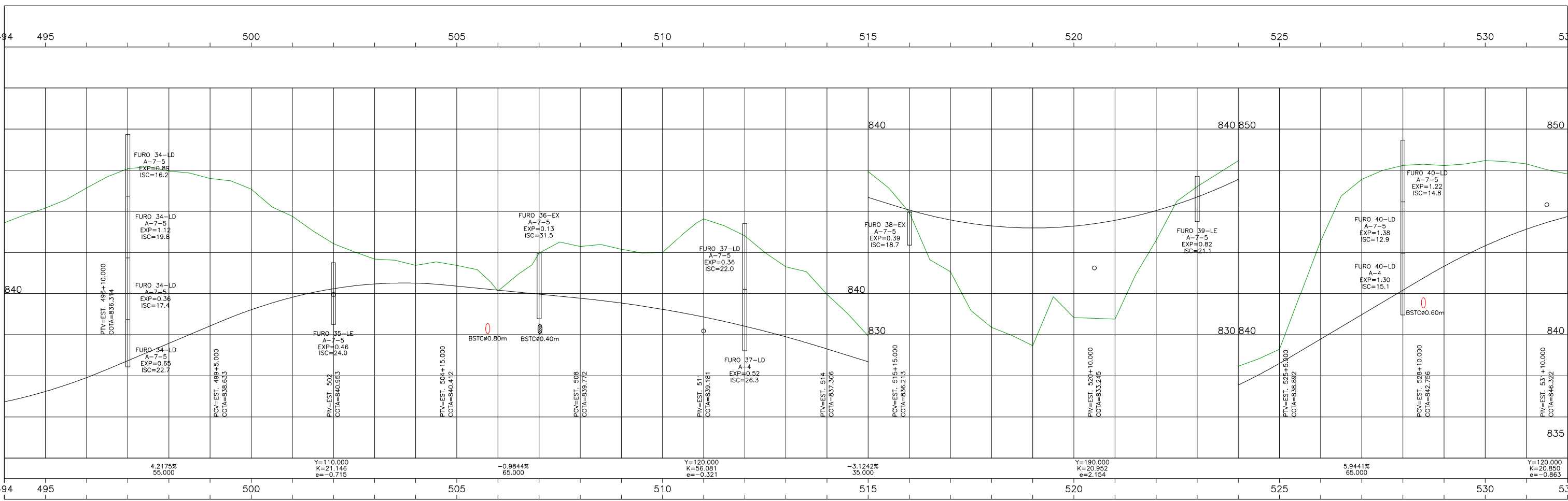


**PISTA DIREITA**

CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
24D	300.000	21°13'46"	-	56.223	111.157	494+19.187	-	-	500+10.345	7607755.9826	459540.2708
25D	500.000	12°09'38"	-	53.261	106.121	500+10.345	-	-	505+16.466	7607708.0710	459638.7150
26D	209.000	80°34'48"	80.000	218.213	213.334	506+16.520	510+16.520	521+10.455	523+10.455	7607528.1386	459868.0906
27D	539.000	88°04'38"	130.000	587.440	698.572	527+19.145	534+9.145	569+7.716	575+17.716	7608104.9692	460498.3045

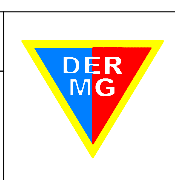
**LOCALIZAÇÃO**

RN Nº	ESTACA	LADO	DIST.	COTA	COORDENADAS	
					NORTE	ESTE
RN21=VG112	507+17.54	LD	79.35	853.734	7607586.2830	459665.5503
RN22	526+12.25	LD	43.39	854.849	7607658.1808	460074.4295



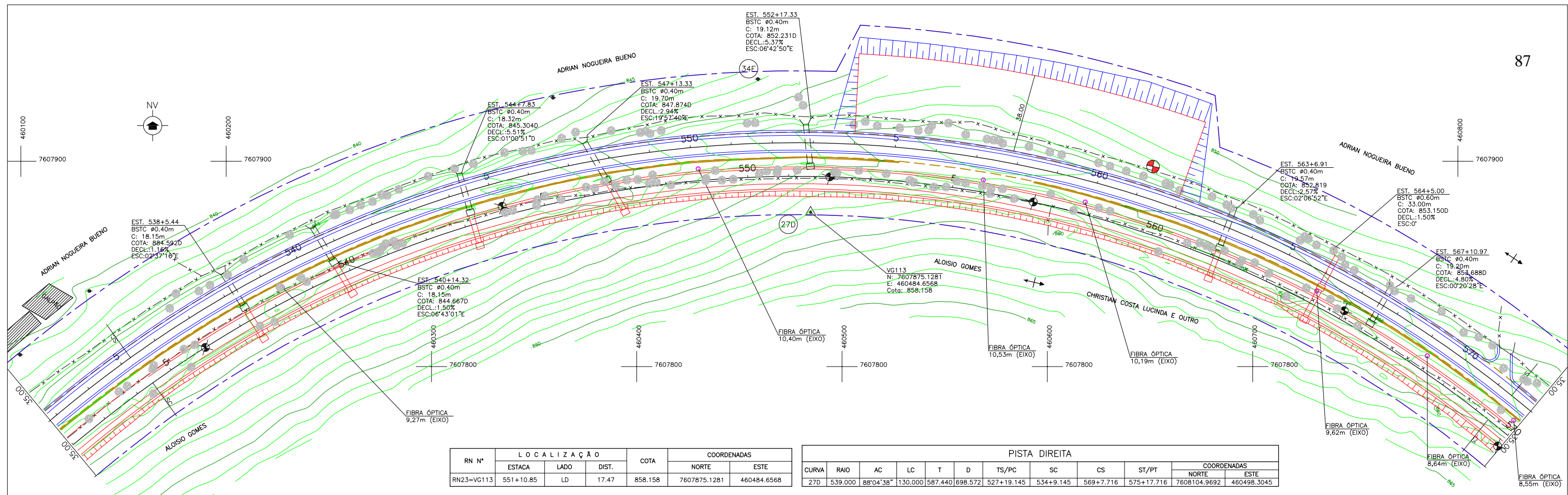
DESENHO Nº: 1108-01-MI-00-PE-CM-016-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENGº ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENGº COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP



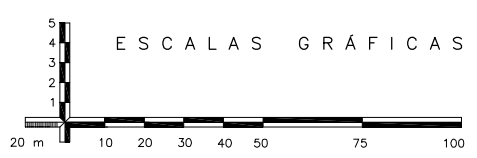
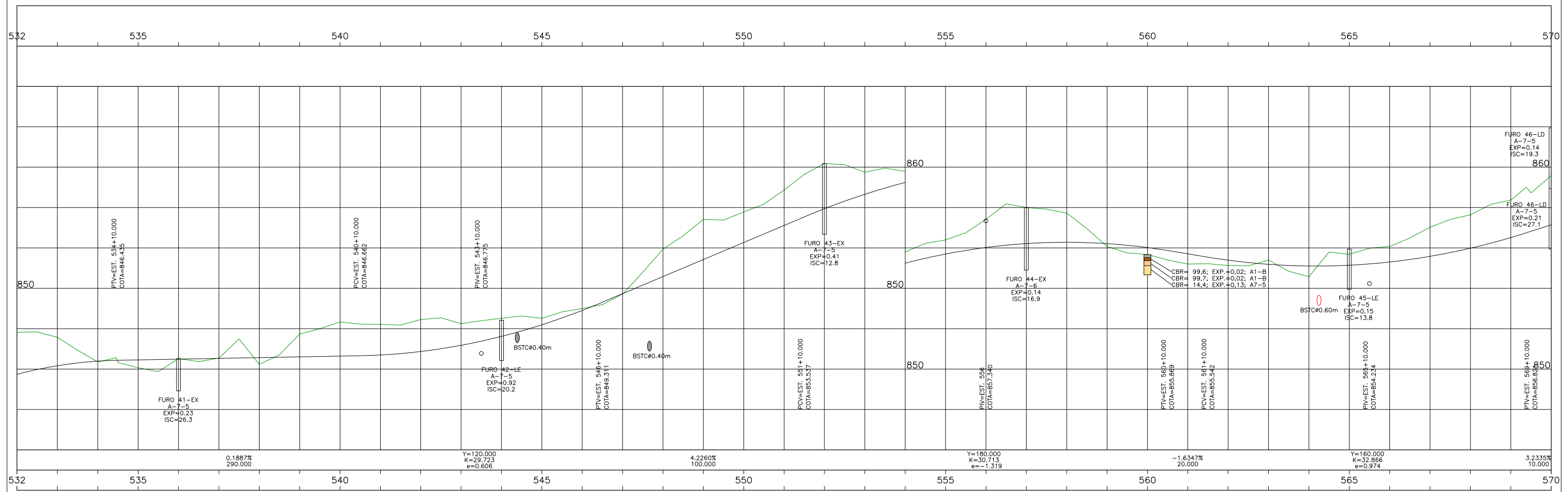
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTRº BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 494 a EST. 532 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-16





RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN23=VG113	551+10.85	LD	17.47	858.158	7607875.1281	460484.6568

PISTA DIREITA											
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
27D	539.000	88°04'38"	130.000	587.440	698.572	527+19.145	534+9.145	569+7.716	575+17.716	7608104.9692	460498.3045



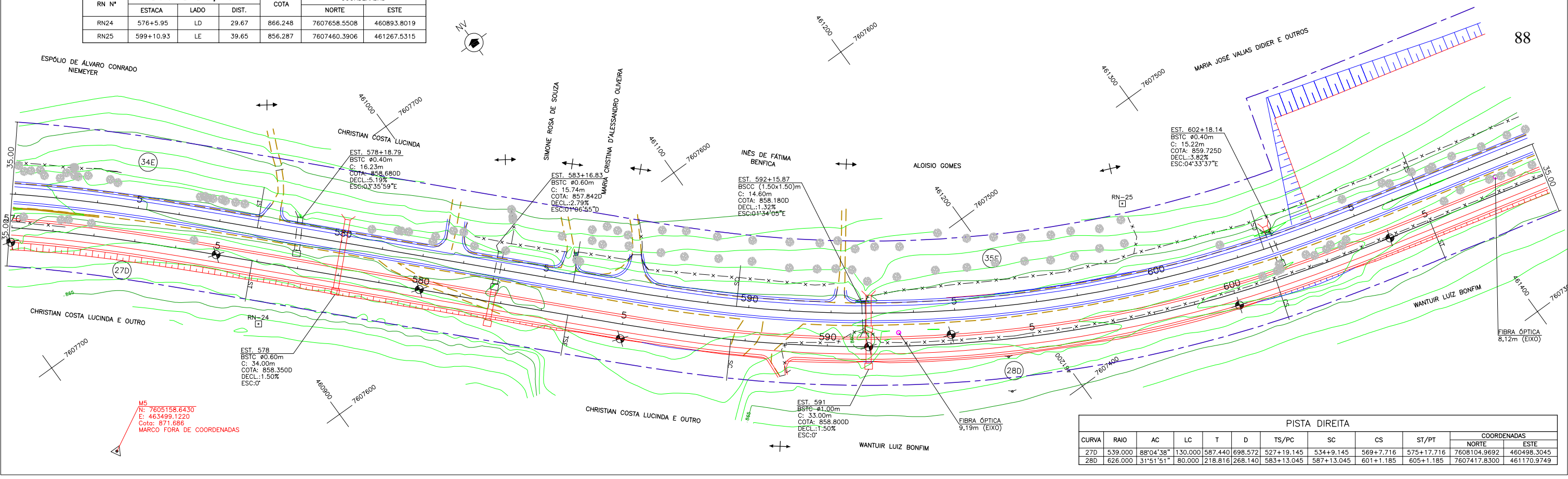
DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-01-017-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP

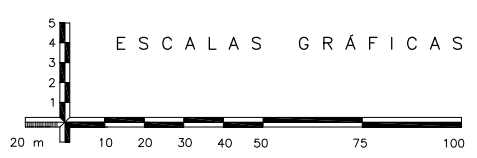
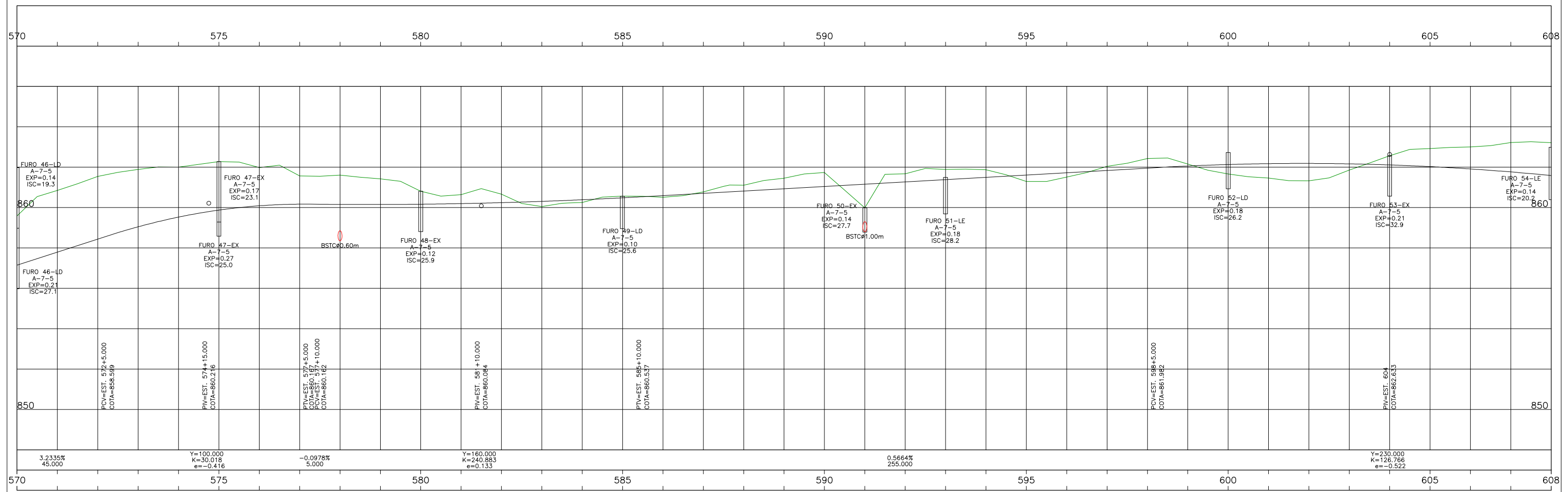


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 532 a EST. 570 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-17

RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN24	576+5.95	LD	29.67	866.248	7607658.5508	460893.8019
RN25	599+10.93	LE	39.65	856.287	7607460.3906	461267.5315



CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
27D	539.000	88°04'38"	130.000	587.440	698.572	527+19.145	534+9.145	569+7.716	575+17.716	7608104.9692	460498.3045
28D	626.000	31°51'51"	80.000	218.816	268.140	583+13.045	587+13.045	601+1.185	605+1.185	7607417.8300	461170.9749

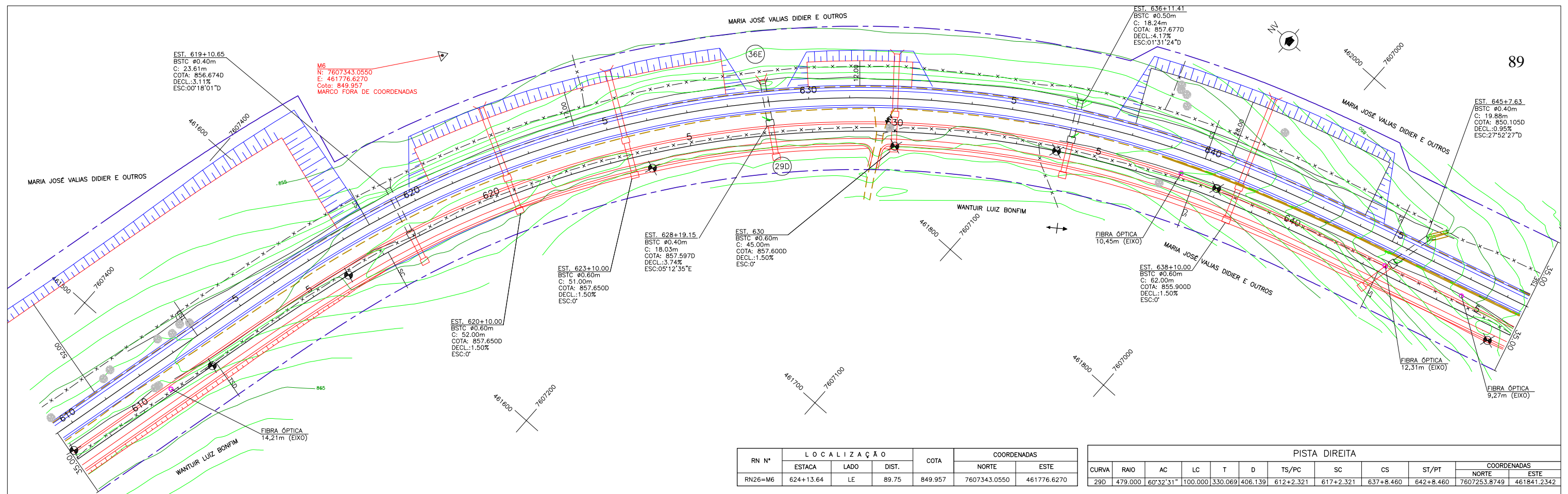


DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-018-00 MÉS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP

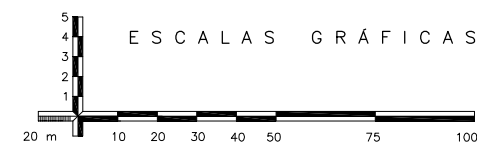
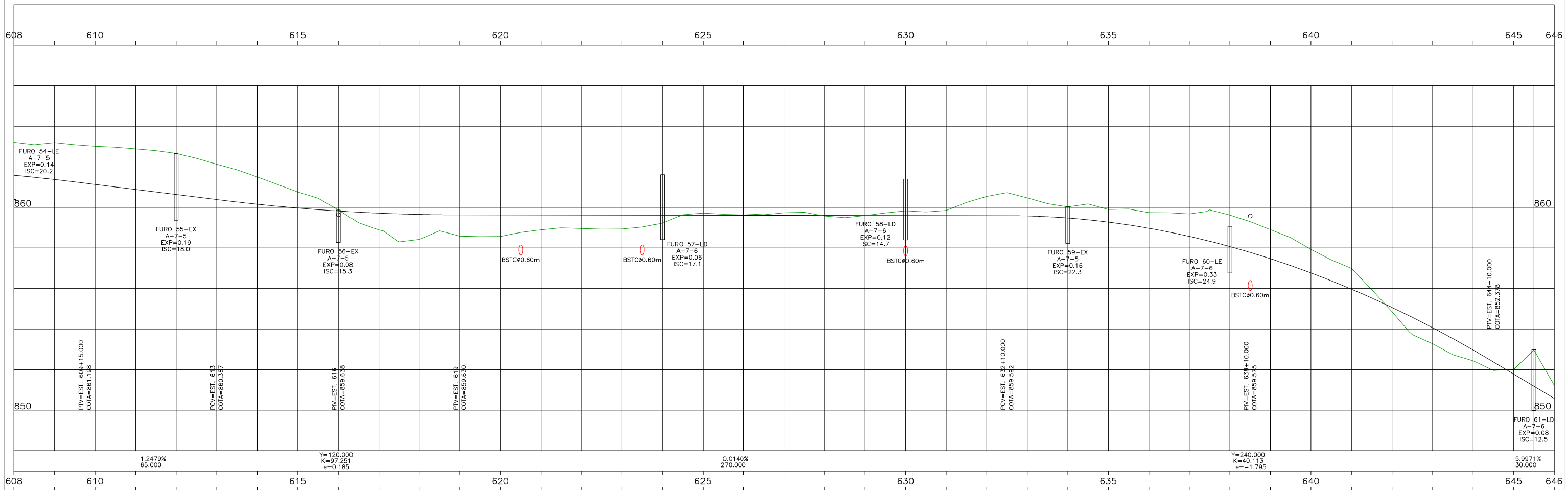


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 570 a EST. 608 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-18



RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN26=M6	624+13.64	LE	89.75	849.957	7607343.0550	461776.6270

PISTA DIREITA											COORDENADAS	
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT		NORTE	ESTE
29D	479.000	60°32'31"	100.000	330.069	406.139	612+2.321	617+2.321	637+8.460	642+8.460		7607253.8749	461841.2342



DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-019-00  
 MÉS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO: ESCALA: Eng. Fiscal - CREA/MG  
 VERIFICADO: APROVADO: Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP

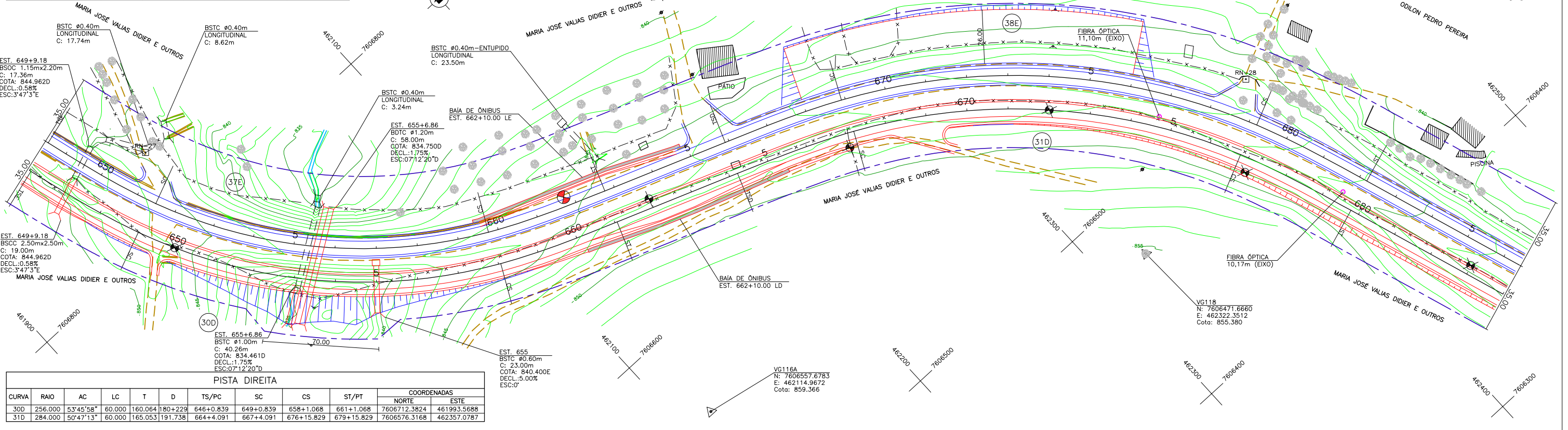


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

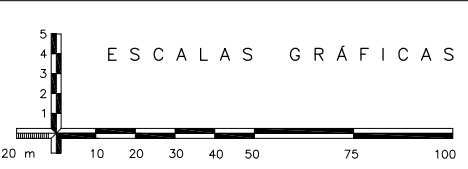
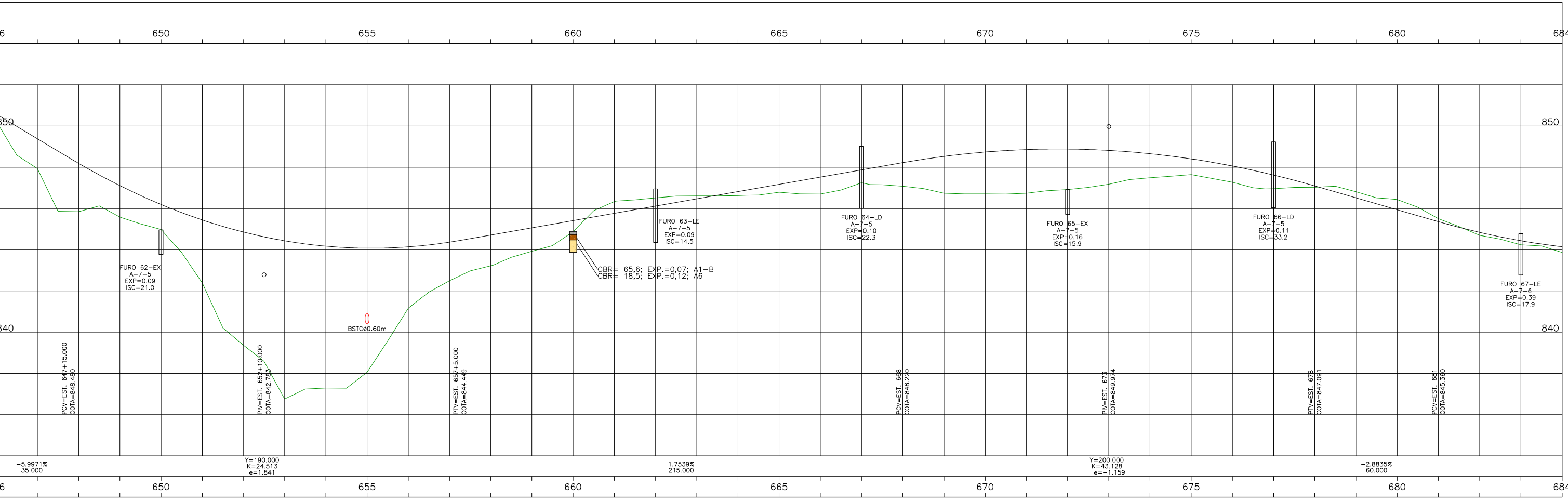
RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 608 a EST. 646 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-19



RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN27	650+13.90	LE	19.95	845.174	7606835.6372	461997.4549
RN28	678+11.24	LE	18.70	846.314	7606501.3699	462415.3308



PISTA DIREITA										COORDENADAS	
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	NORTE	ESTE
30D	256.000	53°45'58"	60.000	160.064	180+229	646+0.839	649+0.839	658+1.068	661+1.068	7606712.3824	461993.5688
31D	284.000	50°47'13"	60.000	165.053	191.738	664+4.091	667+4.091	676+15.829	679+15.829	7606576.3168	462357.0787



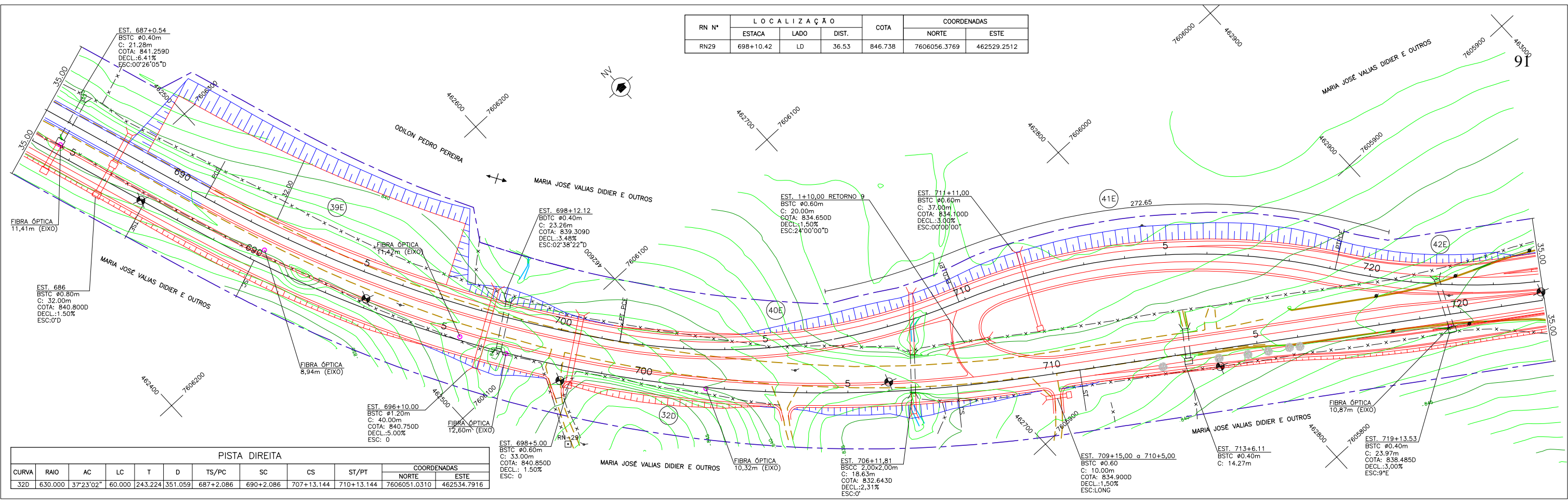
DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-020-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP

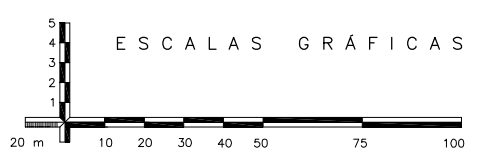
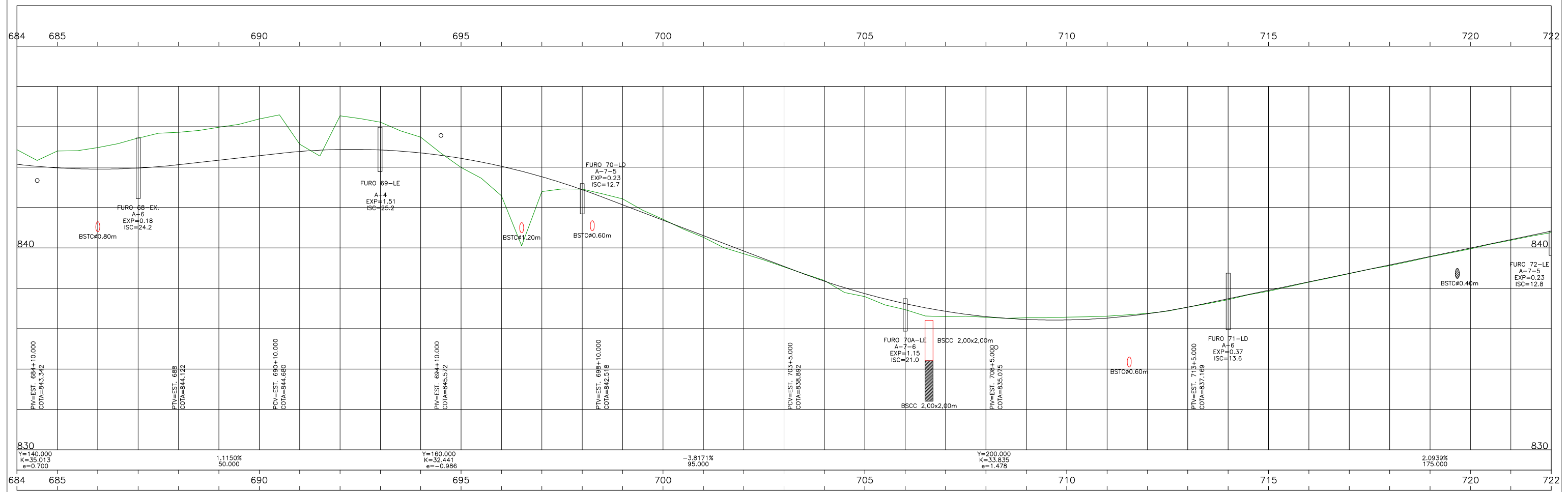


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 646 a EST. 684 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-20

RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN29	698+10.42	LD	36.53	846.738	7606056.3769	462529.2512



PISTA DIREITA										COORDENADAS	
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	NORTE	ESTE
32D	630.000	37°23'02"	60.000	243.224	351.059	687+2.086	690+2.086	707+13.144	710+13.144	7606051.0310	462534.7916

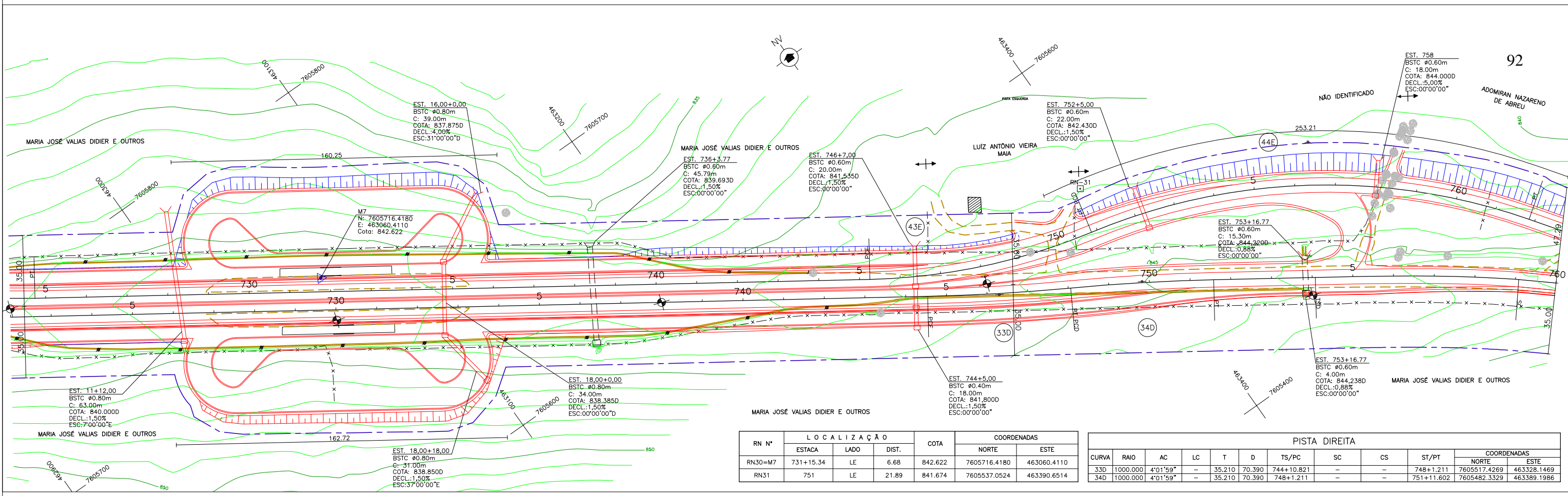


DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-021-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP

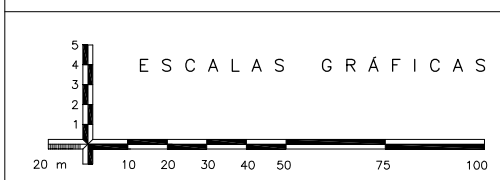
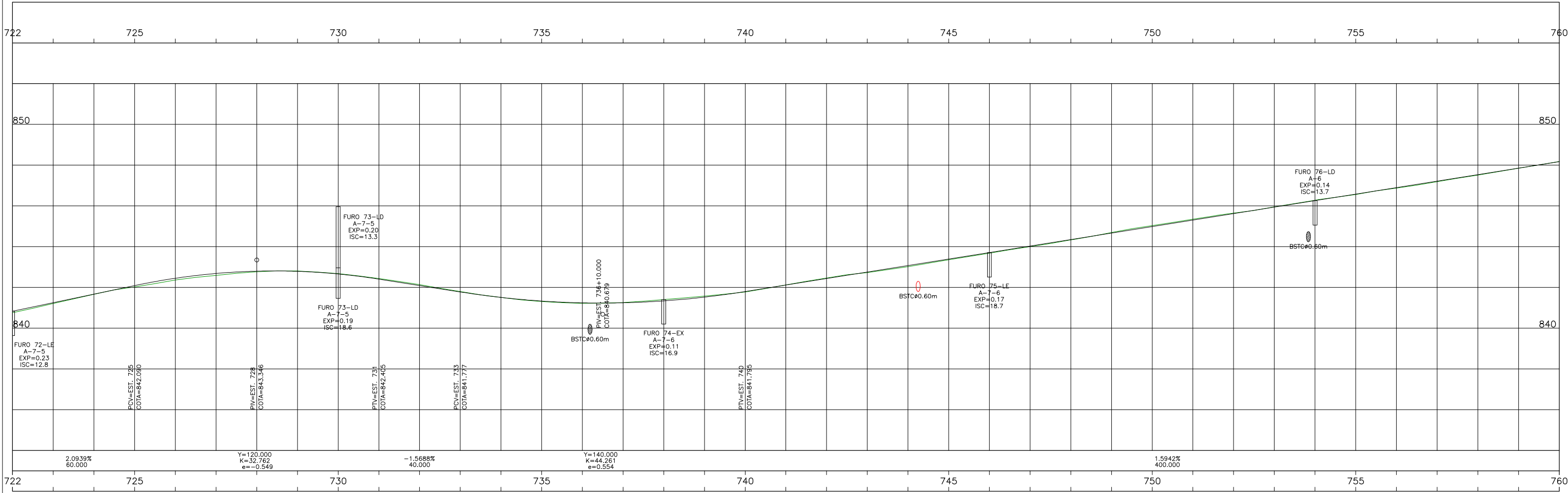


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 684 a EST. 722 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-21



RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN30=M7	731+15.34	LE	6.68	842.622	7605716.4180	463060.4110
RN31	751	LE	21.89	841.674	7605537.0524	463390.6514

CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
										33D	1000.000
34D	1000.000	4°01'59"	-	35.210	70.390	748+1.211	-	-	751+11.602	7605482.3329	463389.1986



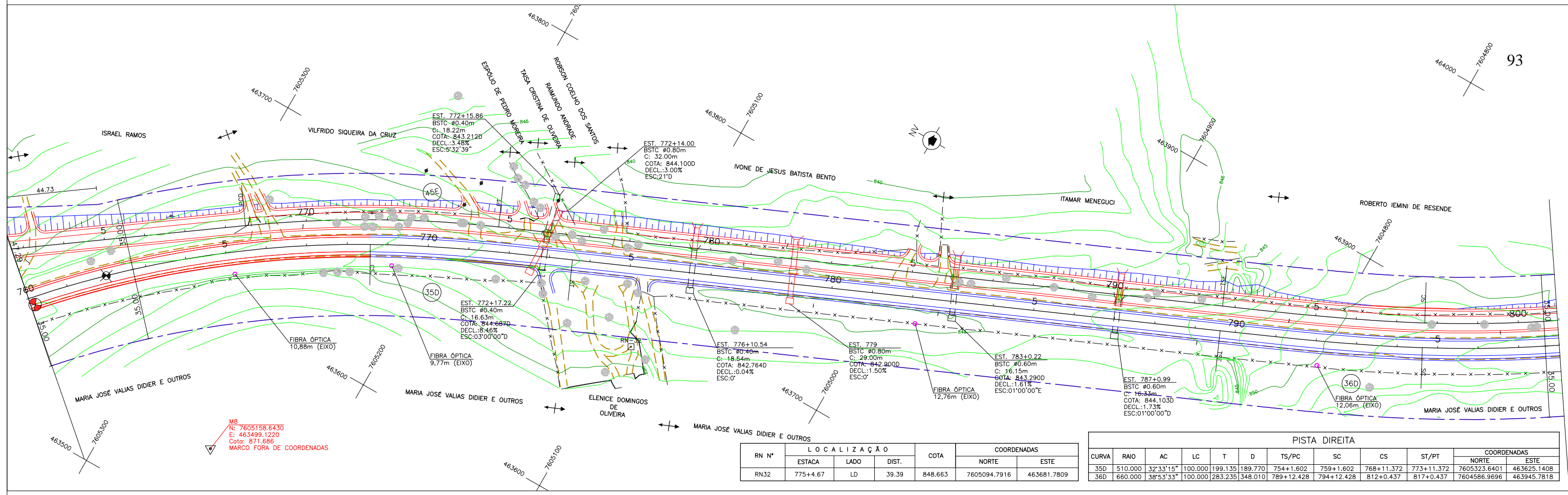
DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-022-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 722 a EST. 760 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-22

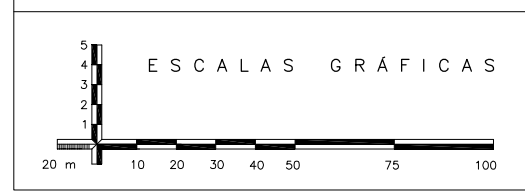
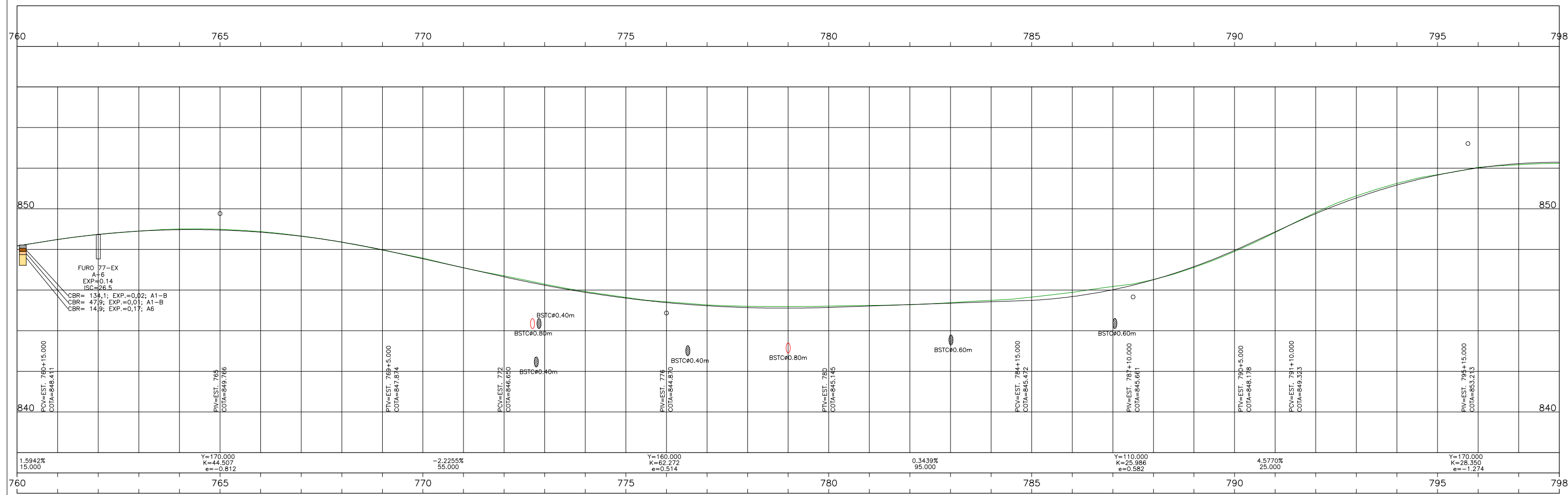




MS  
N: 7605158.6430  
E: 463499.1220  
Cota: 871.686  
MARCO FORA DE COORDENADAS

RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN32	775+4.67	LD	39.39	848.663	7605094.7916	463681.7809

CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
										35D	510.000
36D	660.000	38°53'33"	100.000	283.235	348.010	789+12.428	794+12.428	812+0.437	817+0.437	7604586.9696	463945.7818

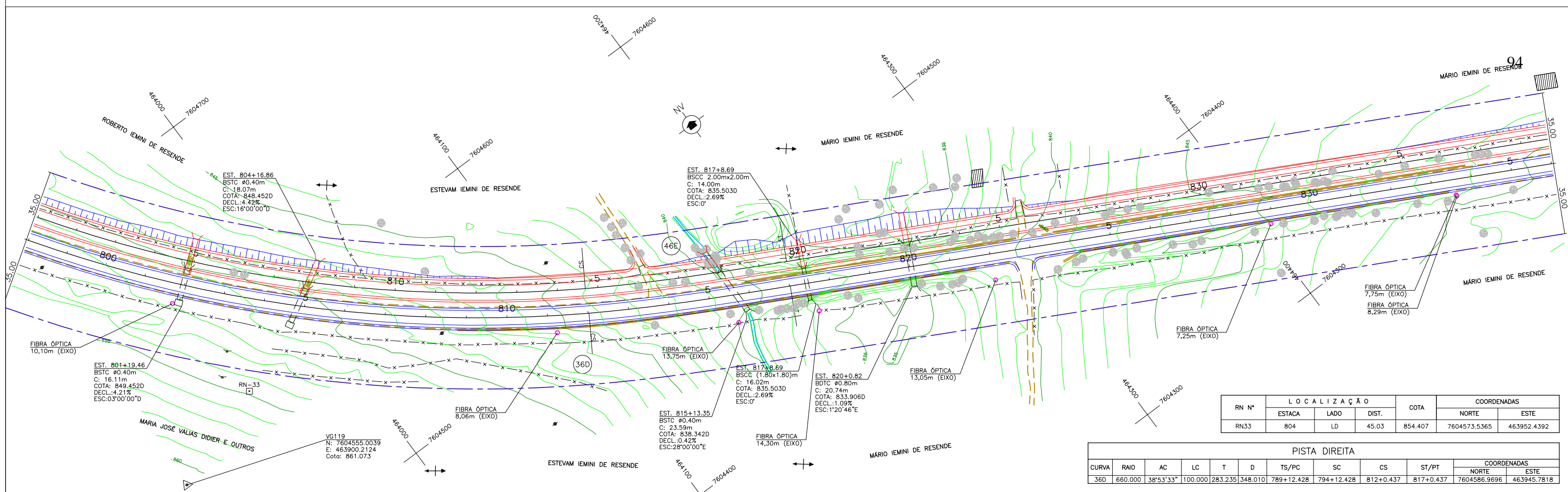


DESENHO N°: 1108-01-MI-00-PE-CM-023-00  
MÊS/ANO: MAR/13  
ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
DESENHO: ESCALA:  
VERIFICADO: APROVADO:  
Eng. Fiscal - CREA/MG  
Eng. Chefe do DP  
Eng. Diretor do DP

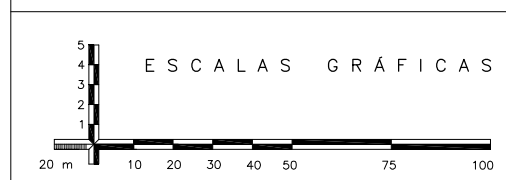
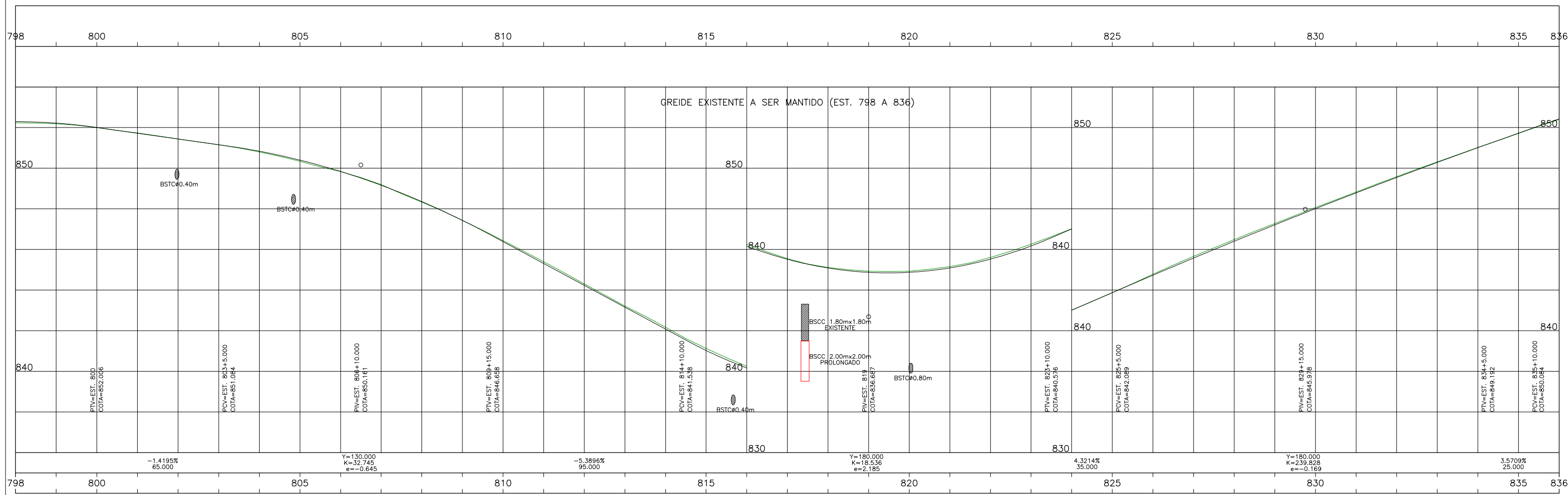


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
RODOVIA: MGC-491  
TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
PROJETO GEOMÉTRICO  
EST. 760 a EST. 798 - PISTA DIREITA  
FOLHA: GM-23



RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN33	804	LD	45.03	854.407	7604573.5365	463952.4392

PISTA DIREITA											COORDENADAS	
CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT		NORTE	ESTE
36D	660.000	38°53'33"	100.000	283.235	348.010	789+12.428	794+12.428	812+0.437	817+0.437		7604586.9696	463945.7818

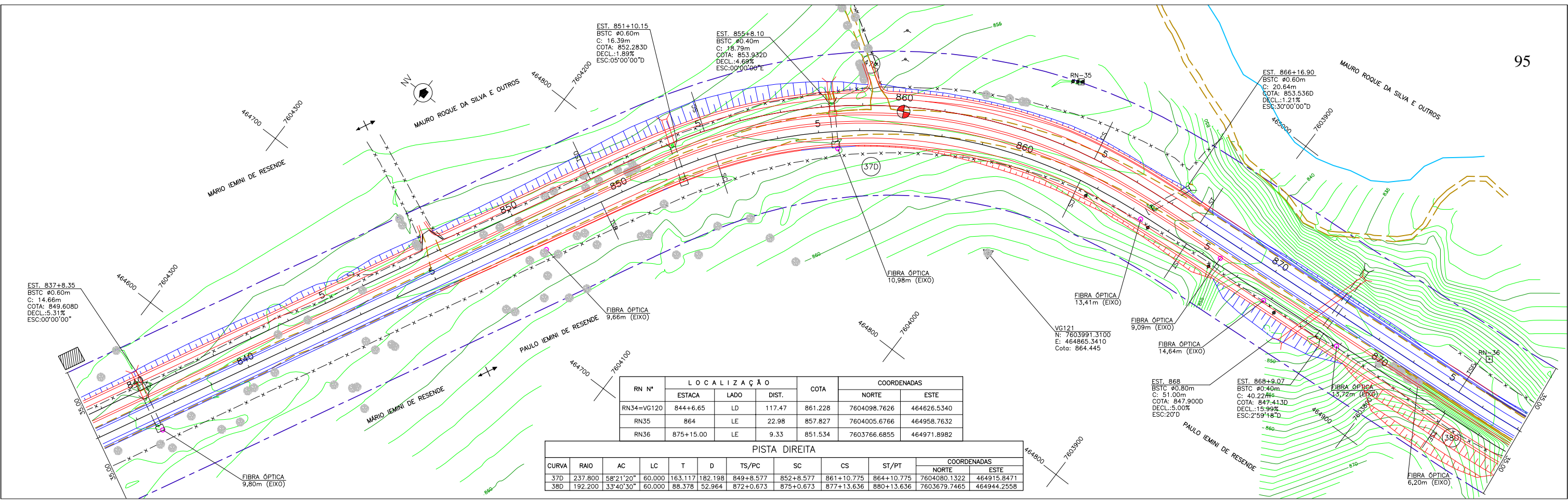


DESENHO N°: 1108-01-MI-00-PE-CM-024-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe do DP  
 Eng. Diretor do DP



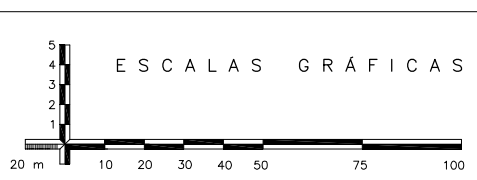
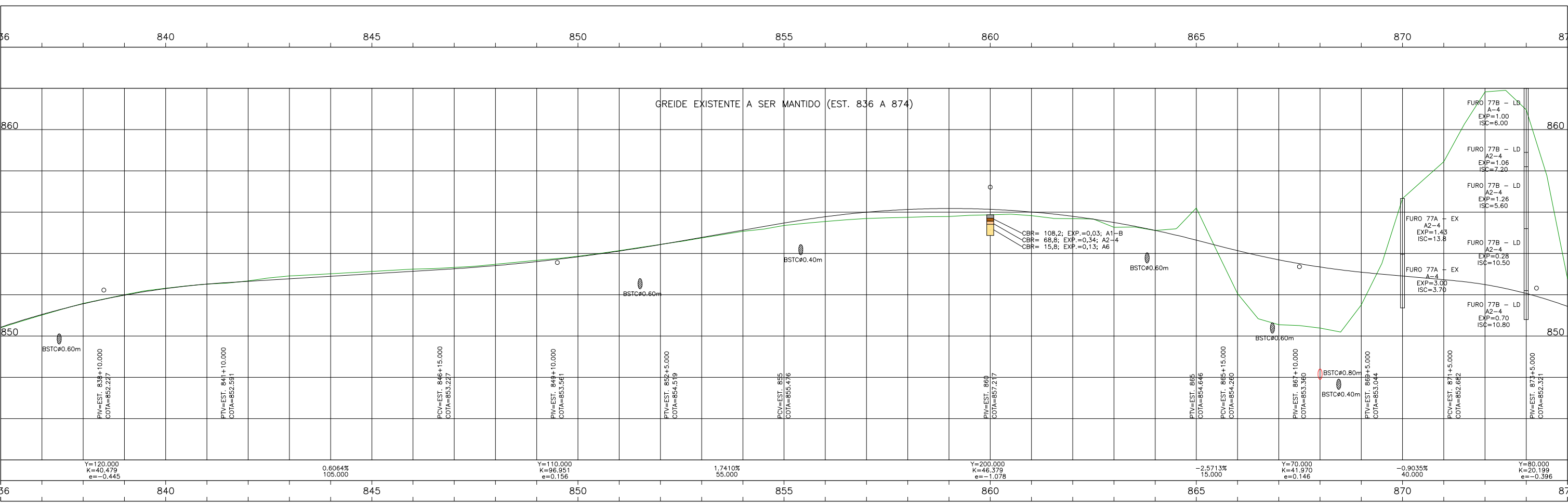
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 798 a EST. 836 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-24



RN N°	LOCALIZAÇÃO			COTA	COORDENADAS	
	ESTACA	LADO	DIST.		NORTE	ESTE
RN34=VG120	844+6.65	LD	117.47	861.228	7604098.7626	464626.5340
RN35	864	LE	22.98	857.827	7604005.6766	464958.7632
RN36	875+15.00	LE	9.33	851.534	7603766.6855	464971.8982

CURVA	RAIO	AC	LC	T	D	TS/PC	SC	CS	ST/PT	COORDENADAS	
										NORTE	ESTE
37D	237.800	58°21'20"	60.000	163.117	182.198	849+8.577	852+8.577	861+10.775	864+10.775	7604080.1322	464915.8471
38D	192.200	33°40'30"	60.000	88.378	52.964	872+0.673	875+0.673	877+13.636	880+13.636	7603679.7465	464944.2558



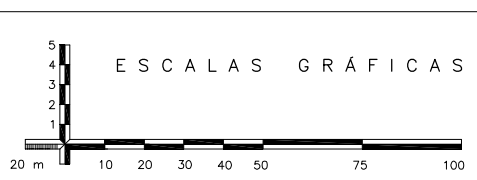
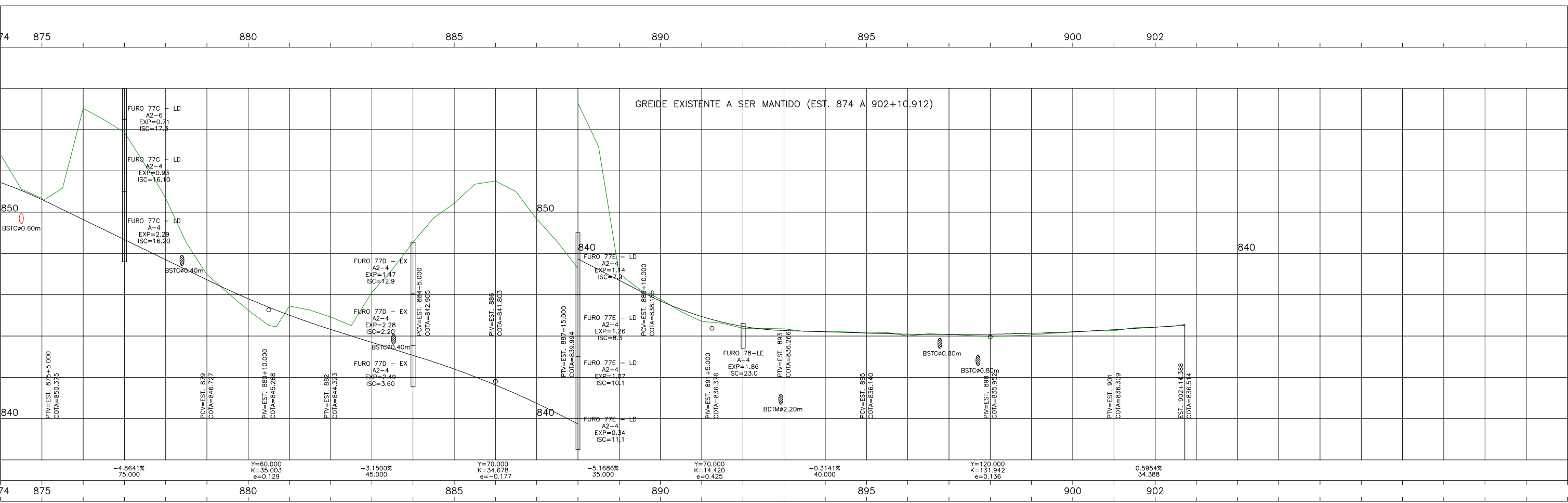
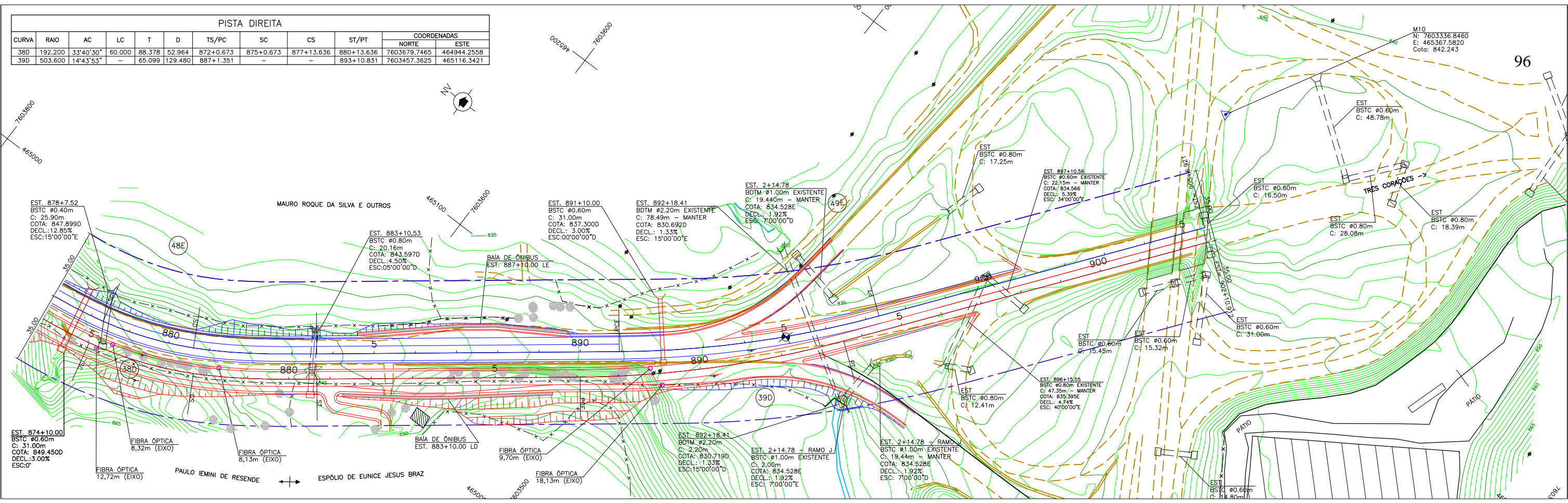
DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-01-025-00  
 MÊS/ANO: MAR/13  
 ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA  
 APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS  
 DESENHO: ESCALA:  
 VERIFICADO: APROVADO:  
 Eng. Fiscal - CREA/MG  
 Eng. Chefe da DP  
 Eng. Diretor da DP



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381  
 PROJETO GEOMÉTRICO EST. 836 a EST. 874 - PISTA DIREITA  
 FOLHA: GM-25





DESENHO N° 1108-01-MI-00-PE-CM-026-00

MES/ANO: MAR/13

ELABORADO POR: ADRIANA SILVEIRA SOUZA - CREA MG 62275/D - ENG° ESPECIALISTA

APROVADO POR: PATRICIA S. H. LUSTOSA-CREA MG 33211/D-ENG° COORDENADORA GERAL

DIRETORIA DE PROJETOS

DESENHO: ESCALA:

VERIFICADO: APROVADO:

Eng. Fiscal - CREA/MG

Eng. Chefe do DP

Eng. Diretor do DP



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: MGC-491 TRECHO: VARGINHA - ENTR° BR-381

PROJETO GEOMÉTRICO EST. 874 a EST. 902+10.912 - PISTA DIREITA

FOLHA: GM-26