

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER

MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-445
km 0+000 ao Acesso à Lerroville

LOCAL: MAUÁ DA SERRA/PR À LERROVILLE/PR
TRECHO: km 0+000 AO km 26+800
FASE: PROJETO EXECUTIVO
EXTENSÃO: 26,800 km

VOLUME 3
MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
TOMO V



AGOSTO / 2021

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER

MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-445
km 0+000 ao Acesso à Lerroville

LOCAL: MAUÁ DA SERRA/PR À LERROVILLE/PR
TRECHO: km 0+000 AO km 26+800
FASE: PROJETO EXECUTIVO
EXTENSÃO: 26,800 km

VOLUME 3
MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
TOMO V

Revisão	Data	Descrição
00	29/01/2021	Emissão inicial
01	12/08/2021	Alteração de Projeto no Acesso à Lerroville

SUMÁRIO

TOMO I

- 1 APRESENTAÇÃO
- 2 MAPA DE SITUAÇÃO
- 3 ESTUDOS REALIZADOS - PARTE I
 - 3.1 ESTUDO DE TRAÇADO
 - 3.2 ESTUDOS DE TRÁFEGO
 - 3.3 ESTUDOS GEOLÓGICOS
 - 3.4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

TOMO II

- 3 ESTUDOS REALIZADOS – PARTE II
 - 3.5 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS/GEODÉSICOS
 - 3.6 ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO
 - 3.7 ESTUDOS GEOTÉCNICOS
 - 3.8 ESTUDO DE ESTABILIDADE DE TALUDES
 - 3.9 AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO
 - 3.10 ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS
 - 3.11 CONCEPÇÃO PRELIMINAR DE OBRA DE ARTE ESPECIAL

TOMO III

- 4 PROJETOS ELABORADOS – PARTE I
 - 4.1 PROJETO GEOMÉTRICO
 - 4.2 PROJETO DE INTERSEÇÕES, RETORNOS E BAIAS PARA PONTOS DE ÔNIBUS
 - 4.3 PROJETO DE TERRAPLENAGEM
 - 4.4 PROJETO DE DRENAGEM E OAC

TOMO IV

- 4 PROJETOS ELABORADOS – PARTE II
 - 4.5 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO
 - 4.6 PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO

TOMO V

- 4 PROJETOS ELABORADOS – III.....3**
 - 4.7 PROJETO DE SINALIZAÇÃO3
 - 4.8 PROJETO DE PAISAGISMO E OBRAS COMPLEMENTARES.....27
 - 4.9 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA41
- 5 TERMO DE ENCERRAMENTO82**

ANEXOS

- ANEXO 01 – CADASTRO DE BUEIROS EXISTENTES
- ANEXO 02 – TOPOGRAFIA
- ANEXO 03 – AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE
- ANEXO 04 – RETIGRÁFICOS DE PAVIMENTO NOVO E RESTAURAÇÃO DE
PAVIMENTO
- ANEXO 05 – IRAP

4 PROJETOS ELABORADOS – III

4.7 PROJETO DE SINALIZAÇÃO

Os projetos de sinalização viária e dispositivos de segurança foram desenvolvidos com a finalidade de garantir segurança e prestar as necessárias informações aos usuários da rodovia.

Este projeto é composto por sinalização horizontal, sinalização vertical, dispositivos auxiliares e dispositivos de segurança, tais como barreiras de concreto e defensas metálicas. Para a sua execução foram consideradas as recomendações contidas nos seguintes documentos:

- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. I – CONTRAN, 2007;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. II – CONTRAN, 2007;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. III – CONTRAN, 2014;
- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Vol. IV – CONTRAN, 2007.
- Norma Brasileira de Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projeto e ensaios de impacto. ABNT NBR 15486 – 2016
- Norma Brasileira Segurança no tráfego – Defensas metálicas Implantação. ABNT NBR 6971 – 2012
- Norma Brasileira Segurança no tráfego – Barreiras de concreto. ABNT NBR 14885 – 2016
- Norma Brasileira Sinalização vertical viária – Suportes metálicos em aço para placas – Projeto e implantação. ABNT NBR 14962 – 2020
- Norma Brasileira Sinalização vertical viária – Películas - Requisitos. ABNT NBR 14644 – 2013

A rodovia PR-445, em todo trecho de projeto, desenvolve-se em região de relevo ondulado, caracterizada como classe I-A, pista duplicada e velocidade diretriz de 80

km/h, características que subsidiaram o dimensionamento dos elementos contemplados neste projeto.

4.7.1 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal tem como finalidade principal, orientar o motorista dentro de critérios pré-estabelecidos por normas, transmitindo informações ou advertências aos usuários, sem que estes desviem sua atenção da rodovia, aumentando a segurança do tráfego. Este tipo de sinalização é composto por pinturas de faixas contínuas e faixas seccionadas, no pavimento, associada à pintura de símbolos no mesmo.

Classificação:

A sinalização horizontal é classificada em quatro grandes grupos:

- a) Marcas longitudinais: formam um conjunto de linhas longitudinais à pista, que estabelecem as regras de ultrapassagem e dos deslocamentos laterais dos veículos, tendo as marcas contínuas poder de regulamentação, enquanto as seccionadas, apenas ordenam os movimentos veiculares.
- b) Marcas de canalização: possuem a característica de transmitir ao condutor uma mensagem de fácil entendimento em situações que exijam uma reorganização de seu caminamento natural. Basicamente, orienta o fluxo de tráfego em situações específicas como interseções, variação de larguras, obstáculos na pista etc.
- c) Marcas transversais: ordenam os deslocamentos frontais dos veículos, compatibilizando-os com os cruzamentos de outros veículos e dos pedestres.

Inscrições no pavimento: atuam aumentando o grau de percepção dos usuários para as condições de operação da rodovia, possibilitando a tomada de decisão adequada, no tempo apropriado. São compostas por setas direcionais, símbolos e legendas.

Dimensionamento:

Foram adotados os seguintes critérios para o presente projeto:

- a) *Linha dupla contínua (LFO-3)* – localizadas no eixo da pista, a fim de separar os fluxos opostos de circulação, indicando os segmentos em que a ultrapassagem é totalmente proibida em ambos os sentidos de tráfego: linha contínua dupla, na cor amarela, com 15 cm de largura, distanciadas em 10 cm;

- b) *Linha de bordo (LBO)* – localizadas nos bordos interno e externo, a fim de delimitar a pista destinada ao deslocamento dos veículos: linha contínua, na cor branca, com 15 cm de largura;
- c) *Linha de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada (LPP)*– indica a extensão ao longo da pista de rolamento em que é proibido o estacionamento e/ou parada de veículos.
- d) *Linha de continuidade (LCO)* – localizadas no bordo interno, para indicar continuidade visual onde há interrupção na LBO devido à entrada e saídas de veículos na pista: linha seccionada 2x2 (2,00 m pintados e 2,00 m sem pintura), na cor branca, com 15 cm de largura;
- e) *Linha simples seccionada (LMS-2)* – localizadas no interior da pista, a fim de separar as faixas de trânsito de mesmo sentido: linha seccionada 4x12 (4,00 m pintados e 12,00 m sem pintura), na cor branca, com 15 cm de largura;
- f) *Linha de canalização (LCA)* – utilizada para delimitar o pavimento reservado à circulação de veículos, desviando os veículos nas proximidades de obstáculos, presentes nas interseções, acessos e pontes: linha contínua, na cor branca, com 15 cm de largura;
- g) *Zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável (ZPA)* – destaca a área interna às linhas de canalização, reforçando a ideia de área não utilizável para a circulação de veículos, além de direcionar os condutores para o correto posicionamento na via: a marcação do zebrado é feita com linhas contínuas, com 40 cm de largura, espaçadas por 2,50 m, inclinadas de 45° em relação à direção dos fluxos de tráfego. Para locais com único sentido de tráfego, utiliza-se branca, já nos locais com fluxo oposto utiliza-se a cor amarela;
- h) *Linha de “Dê a preferência” (LDP)* – indicadas transversalmente nos acessos a rodovia, indicando ao condutor o limite onde deve parar o veículo, caso seja necessário: linha seccionada 0,5x0,5 (0,50 m pintados e 0,50 m sem pintura), na cor branca, com 40 cm de largura;

- i) *Linha de retenção (LRE)* – indicadas transversalmente nos acessos a rodovia, indicando ao condutor o limite onde deve parar o veículo: linha contínua na cor branca, com 40 cm de largura;
- j) *Seta indicativa de mudança obrigatória de faixa (MOF)* – utilizada diante da necessidade de mudança de faixa de circulação, como por exemplo, nas faixas de aceleração das interseções e acessos: símbolo branco, com dimensão para velocidades superiores a 80 km/h (comprimento longitudinal = 7,50 m).
- k) *Seta indicativa de posicionamento na pista para execução de movimentos (PEM)* – São empregadas nas aproximações de interseções e retornos, com a finalidade de orientar o motorista quanto ao seu posicionamento para a realização dos movimentos de conversão e retorno, ou para manutenção da trajetória.

Para as MOF e PEM foi utilizado a velocidade de $60 \leq v \leq 80$ km/ utilizando os espaçamentos conforme a tabela 26 onde $d=d1 \Rightarrow 40m$ e $d2 \Rightarrow 60m$

Tabela 26 – Dimensões das setas e espaçamentos recomendáveis entre as fileiras

VELOCIDADE REGULAMENTADA v (km/h)	DISTÂNCIA (m)		COMPRIMENTO DA SETA (m)
	$d = d1$	$d2$	
$v < 60$	30	45	5,00
$60 \leq v \leq 80$	40	60	7,50
$v > 80$	50	75	7,50

- l) *Símbolo indicativo de interseção com via que tem preferência (SIP)* – indicada como reforço ao sinal de regulamentação R-2 – “Dê a preferência”, sinalizando nos acessos a existência de cruzamento com via que tem preferência: símbolo branco, com dimensão para velocidades não superiores a 60 km/h (comprimento longitudinal = 3,60 m).
- m) *Legenda “PARE”* – indicada como reforço ao sinal de regulamentação R-1 – “PARE”, sinalizando nos acessos a obrigatoriedade de parada: símbolos brancos, com dimensão para velocidades não superiores a 60 km/h (altura de letra = 2,40 m)

n) *Linha de estímulo a redução de velocidade (LRV)* – utilizada pelo efeito visual para induzir o condutor a reduzir a velocidade do veículo, de maneira que esteja ajustada ao limite desejado a um ponto aianete da via. Foi indicada sempre antes dos pontos de ônibus para reforçar a atenção e diminuir a velocidade nestes locais, linha contínua, na cor branca, com 40 cm de largura. Em todos os pontos foi utilizada para reduzir a velocidade de 80km/h para 60kmh sendo a única exceção para o ponto de ônibus localizado na estaca 741, onde as linhas foram calculadas para reduzir a velocidade para 40km/h devido a travessia de escolares na rodovia, assim os cálculos das linhas de estímulo ficaram da seguinte maneira;

$$80\text{km/ para } 60\text{km/h} = 80\text{km/h} \Rightarrow 22,22\text{m/s}$$

$$Ei = i(Vo.t - 0,5.at^2.i)$$

$$E1 = 1(22,22 * 1 - 0,5.1,47.1^2.1)$$

$$E1 = 21,48$$

$$E2 = 2(22,22 * 1 - 0,5.1,47.1^2.2)$$

$$E2 = 41,5$$

$$E3 = 3(22,22 * 1 - 0,5.1,47.1^2.3)$$

$$E3 = 60,04$$

$$E4 = 4(22,22 * 1 - 0,5.1,47.1^2.4)$$

$$E4 = 77,12$$

$$E5 = 5(22,22 * 1 - 0,5.1,47.1^2.5)$$

$$E5 = 92,72$$

$$E6 = 6(22,22 * 1 - 0,5.1,47.1^2.6)$$

$$E6 = 106,86$$

ARREDONDAMENTOS	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS (m)
0	
21,5	21,5
41,5	20
60	18,5
77	17
92,5	15,5
106,5	14

Verificação de velocidade alcançada para $i=n=6$

$$V_n = 22,22 - 6 \cdot 1,47 \cdot 1$$

$V_n = 13,40 \text{ m/s} = 48,24 \text{ km/h}$ (velocidade inferior a desejada, portanto atende a condição)

80km/ para 40km/h = 80km/h \Rightarrow 22,22m/s

$$E_i = i(V_o \cdot t - 0,5 \cdot a \cdot t^2 \cdot i)$$

$$E_1 = 1(22,22 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,47 \cdot 1^2 \cdot 1)$$

$$E_1 = 21,48$$

$$E_2 = 2(22,22 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,47 \cdot 1^2 \cdot 2)$$

$$E_2 = 41,5$$

$$E_3 = 3(22,22 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,47 \cdot 1^2 \cdot 3)$$

$$E_3 = 60,04$$

$$E_4 = 4(22,22 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,47 \cdot 1^2 \cdot 4)$$

$$E_4 = 77,12$$

$$E_5 = 5(22,22 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,47 \cdot 1^2 \cdot 5)$$

$$E_5 = 92,72$$

$$E_6 = 6(22,22 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,47 \cdot 1^2 \cdot 6)$$

$$E_6 = 106,86$$

$$E_7 = 7(22,22 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,47 \cdot 1^2 \cdot 7)$$

$$E_7 = 119,52$$

$$E8=8(22,22*1-0,5.1,47.1^2.8)$$

$$E8= 130,72$$

ARREDONDAMENTOS	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS (m)
0	
21,5	21,5
41,5	20
60	18,5
77	17
92,5	15,5
106,5	14
119	12,5
130	11

Verificação de velocidade alcançada para $i=n=8$

$$Vn=22,22-8.1,47.1$$

$Vn=10,46 \text{ m/s} = 37,65 \text{ km/h}$ (velocidade inferior a desejada, portanto atende a condição).

Materiais Especificados

Segundo a Instrução de Plano de Trabalho para Implantação de Sinalização Rodoviária do DNIT, a especificação do material da sinalização horizontal decorre da faixa de VDM em que a rodovia se encontra. Observando a tabela abaixo, temos o valor da espessura de aplicação e o material a ser utilizado:

Tabela 1 - Espessura de Aplicação por Faixa de VMD

Tabela 13 - Espessura de aplicação por faixa de volume médio diário

VMD	Material DNIT	Espessura (mm)	Garantia (meses) ⁽¹⁾
Até 5.000	EM-368/2000	0,6	18
5.000 – 10.000	EM-276/2000	0,5	30
10.000 – 20.000	NBR 13731	0,6	24
Acima de 10.000(2)	Termoplástico Alto Relevo NBR 15.543/07	2,0 (base) 8,0 (relevo)	36
20.000 – 30.000	Termoplástico - EM-372/00	1,5	36
Acima de 30.000(3)	Termoplástico – EM-372/00	1,5	24
Acima de 10.000(4)	Termoplástico Preformado ou elastoplástico – NBR 15.741/09	1,0	24

(1) Essa garantia fica condicionada aos valores mínimos de retrorrefletividade definidos na Tabela 12.

(2) Em trechos críticos ou especiais.

(3) Ou em trechos de menor VMD, mas que apresentem na composição do tráfego grande quantidade de veículos comerciais (caminhão, ônibus) ou com larguras de faixa de rolamento inferiores a 3,5 metros.

(4) Para sinalização de pequenos trechos em tangente, faixas de retenção, faixas de pedestres, símbolos, legendas.

Desse modo, temos para faixa de VDM da rodovia (até 5.000 veículos unidirecional) foi escolhida a utilização de tinta à base de resina acrílica emulsionada em água, com espessura de 0,5 mm, excetuando as inscrições no pavimento que serão realizadas em termoplástico pré-formado, com espessura de 1,0 mm.

4.7.2 Sinalização Vertical

A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária, que se utiliza de sinais situados na posição vertical, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela, transmitindo mensagens mediante símbolos e/ou legendas preestabelecidas e legalmente instituídas. Seu emprego tem por finalidade fornecer informações que permitam aos usuários da rodovia adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os condutores.

Classificação segundo sua função:

- Regular as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- Advertir os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres;

- Indicar direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmitir mensagens educativas, dentre outras, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento.

Os sinais devem estar corretamente posicionados dentro do campo visual do usuário, ter forma e cores padronizadas, símbolos e mensagens simples e claras, além de letras com tamanho e espaçamento adequados à velocidade de percurso, de modo a facilitar sua percepção, assegurando uma boa legibilidade e, por consequência, uma rápida compreensão de suas mensagens por parte dos usuários. Suas cores devem ser mantidas inalteradas tanto de dia quanto à noite, mediante iluminação ou refletorização.

Para todos os sinais posicionados lateralmente à via deve-se garantir uma pequena deflexão horizontal, entre 3° e 5° (três e cinco graus), em relação à direção ortogonal ao trajeto dos veículos que se aproximam, de forma a evitar reflexos provocados pela incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa. Adicionalmente, os sinais devem ser inclinados em relação à vertical, em trechos de rampa, para frente ou para trás conforme a rampa seja ascendente ou descendente, de forma assim melhorar também a refletividade. De maneira análoga os sinais suspensos também devem ser defletidos formando um ângulo com a vertical entre 3° e 5° (três e cinco graus).

Ainda quando ao posicionamento na via, todas as placas devem distar, a partir do bordo voltado para a rodovia, 1,20 m do bordo externo do acostamento, ou pista, quando este não existir. Devem também ser elevadas, a partir do inferior da placa, 1,20 m da superfície da pista de rolamento, para placas de solo, sendo a exceção os marcos quilométricos, que devem ser elevados em 0,50 m. Já para as placas suspensas, o gabarito mínimo, medido do bordo inferior ao plano do pavimento rodoviário, deve ser 5,50 m.

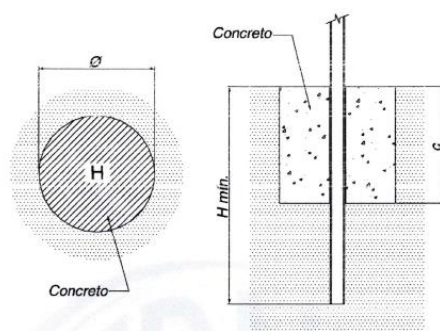
A escolha dos materiais para confecção do substrato da sinalização vertical deu-se em função do local de fixação da placa, sendo utilizado chapa de alumínio composto para placas terrestres e chapa de alumínio com 2 mm de espessura para placas aéreas. Já para os suportes dos sinais, foram projetadas com suporte metálicos em perfil “c”, cada suporte varia de acordo com o tamanho da placa devendo adequar sua resistência a seu tamanho e o quanto estes suportes devem ser enterrados no solo. Para isto

utilizou-se a norma ABNT NBR 14962/2020 para definição destes elementos. Os suportes projetados atendem a norma vigente, atendendo quanto a módulos mínimos de resistência de acordo com a tabela 1 da norma citada conforme abaixo:

Tabela 1 – Velocidade básica do vento igual a 35 m/s

Dimensão da placa m Largura x altura	Comprimento do suporte m Mínimo enterrado	Número de suportes	Módulo mínimo de resistência cm ³	
			Rural	Urbana
Ø 0,8	0,80	1	5	5
Ø 1,0	0,80	1	9	9
Ø 1,2	1,00	1	11	11
1,5 x 2,15	1,50	2	36	27
2,0 x 1,0	1,00	2	18	13
2,0 x 4,0	1,50	2	111	85
3,0 x 1,5	1,50	2	44	34
3,0 x 2,0	1,50	2	64	49
3,0 x 4,0	1,50	2	166	128
4,0 x 2,0	1,50	2	85	66
4,0 x 3,0	1,50	2	147	113
4,0 x 4,0	1,50	2	221	171
4,0 x 5,0	1,50	2	315	243
4,0 x 6,0	1,70	2	417	321
5,0 x 2,0	1,50	2	106	82

Para fixação no solo utilizou-se também esta norma para dimensionar a estrutura mínima para fixação das placas de acordo com a tabela abaixo:



L ^a mm	Ø m	C m	H mín m
250	1,00	1,00	2,00
200	0,80	0,80	1,50
150	0,70	0,70	1,50
130	0,60	0,60	1,50
100	0,50	0,50	1,00
Ø 100	0,50	0,50	1,00
Ø 65	0,30	0,30	0,80

^a L é a maior dimensão da seção do perfil.

Aliada às características já citadas, tem-se a especificação dos materiais das placas, visando garantir à correta transmissão das mensagens da sinalização vertical perenemente, principalmente no tocante a manutenção de cores, segundo a na norma ABNT NBR 14644:2013 — Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos.

No projeto temos três tipos específicos de conjuntos de placas de acordo com o quadro abaixo;

E-1	PLACA EM CHAPA DE ALUMÍNIO COMPOSTO COM POLIETILENO COM SINAL IMPRESSO SOBRE AIP PRISMÁTICO (AIP). COM PELÍCULA REFLETIVA TIPO III E PELÍCULA NÃO REFLETIVA TIPO IV.
E-2	PLACA EM CHAPA DE ALUMÍNIO COMPOSTO COM POLIETILENO FUNDO EM AMARELO AIP FAIXAS COM PELÍCULA PRETA OPACA. COM PELÍCULA REFLETIVA TIPO III E PELÍCULA NÃO REFLETIVA TIPO IV.
E-3	PLACA EM CHAPA DE ALUMÍNIO COMPOSTO COM POLIETILENO. FUNDO EM (GT). LETRAS SETAS E TARJAS EM AIP. COM PELÍCULA REFLETIVA TIPO III E PELÍCULA NÃO REFLETIVA TIPO IV.

As películas refletivas a serem utilizadas são do tipo III, conhecidas comercialmente como “alta intensidade prismática”, são constituídas tipicamente por microprismas não metalizadas e devem apresentar desempenho de retrorrefletividade de acordo com a tabela 3. São utilizadas nas cores branca, amarela, vermelha, azul, verde, laranja e marron.

Tabela 3 – Coeficiente inicial de retrorreflexão das películas tipo III (cd/lx/m²)

Ângulo de observação	Ângulo de entrada	Branca	Amarela	Laranja	Verde	Vermelha	Azul	Marrom	Amarela lima-limão fluorescente	Amarela fluorescente	Laranja fluorescente
0,2	- 4	360	270	145	50	65	30	18	290	220	105
0,2	+ 30	170	135	68	25	30	14	8.5	135	100	50
0,5	- 4	150	110	60	21	27	13	7.5	120	90	45
0,5	+30	72	54	28	10	13	06	3.5	55	40	22

As películas não refletivas serão do tipo IV, são constituídas por um filme plástico e conhecidas comercialmente como “preto legenda”, destinadas a produção de tarjas, legendas, símbolos e pictogramas em placas de sinalização. As películas devem possuir adesivo sensível a pressão.

A diferenciação visual entre sinais de diferentes finalidades é efetuada a partir de padronização própria de forma e cores, associadas ao tipo de mensagem que pretende transmitir, favorecendo o tempo de reação por parte do usuário, permitindo assim melhor leitura à complexidade da operação da via. De acordo com as suas funções, os sinais verticais são reunidos em quatro grupos:

- a) Sinais de regulamentação: contem mensagens imperativas, cujo desrespeito constitui infração;
- b) Sinais de advertência: contem mensagens cuja finalidade é alertar os usuários para condições adversas ou situações inesperadas na via;
- c) Sinais de indicação: contem mensagens cuja finalidade é identificar, orientar, posicionar, indicar e educar os usuários, facilitando o seu deslocamento;
- d) Dispositivos auxiliares: indicam a presença de obstáculos e orientam o fluxo de tráfego.

Ressalta-se que qualquer dispositivo de sinalização sem a devida conservação e manutenção perde sua eficácia, podendo induzir ao desrespeito, daí a necessidade de serem mantidas condições que assegurem que a vegetação, placas publicitárias e outros materiais que por ventura sejam depositados ao longo da via, não prejudiquem a visualização da sinalização projetada.

Regulamentação

A sinalização vertical de regulamentação tem por finalidade transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias urbanas e rurais. Assim, o desrespeito aos sinais de regulamentação constitui infrações, previstas no capítulo XV do Código de Trânsito Brasileiro - CTB.

Além da forma normalmente circular, da orla vermelha e do fundo na cor branca, os sinais de regulamentação possuem o símbolo ou legenda na cor preta, e ainda uma tarja diagonal vermelha no caso dos sinais de proibição. As exceções são o sinal de 'Parada Obrigatória' (R-1) que, além da forma octogonal e fundo vermelho, possui legenda na cor branca, e o sinal 'Dê a Preferência' (R-2), que se diferencia pela forma triangular.

As dimensões dos sinais variam em função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade de operação, de forma a possibilitar a percepção do sinal, a legibilidade e a compreensão de sua mensagem, por parte do usuário, dentro de um tempo hábil para que se realize a operação ditada por esta mensagem. As placas de regulamentação foram projetadas para a velocidade de operação da rodovia, 80 km/h, implicando em placas com diâmetro Ø 1,00 m. Já para as placas compostas (formato retangular, fundo branco e orla preta), que trazem mensagens aliadas aos sinais

padronizados de regulamentação, formando uma única placa, a altura de letra adotada para sua diagramação foi $h = 200$ mm, também em função da velocidade diretriz.

Destaca-se também a indicação diferenciada dos suportes das placas de 'Altura máxima permitida' (R-15), as quais foram projetadas para serem diretamente fixadas nas obras de arte especiais que limitam o gabarito vertical da rodovia, sejam elas passarelas ou viadutos.

Advertência

Os sinais de advertência têm a finalidade de chamar atenção dos usuários para a existência e natureza de perigo na rodovia ou adjacente a ela. Tais situações podem exigir redução de velocidade e/ou manobras, necessárias para a segurança e fluidez ao tráfego. Portanto, serão utilizados de maneira tal que o condutor tenha tempo de percebê-lo, compreender a mensagem, reagir de forma racional e efetuar a operação que a situação exigir.

Podemos citar como situações permanentes a ser sinalizada: curvas acentuadas, interseções, estreitamento de pista, condições de superfície da pista, declives acentuados, passagem em nível, etc. Já como situações eventuais, evidenciam-se as ocorrências, na pista ou em área adjacente, de: pedestres, ciclistas, animais, ventos fortes laterais e queda de pedras, etc.

A sinalização vertical de advertência deve ser implantada a, no mínimo, 150 m antes do início da condição potencialmente perigosa, podendo ser antecedida, se necessário, de outro sinal composto entre 300 a 500 m, reforçando a ocorrência. Em casos especiais, essas distâncias podem ser alteradas, dependendo das peculiaridades do local, mas o sinal mais próximo de evento não deve ficar a menos de 100 m do seu evento. Ressalta-se que os sinais de advertência somente devem ser implantados caso a situação adversa não se evidencie claramente.

Além da forma normalmente quadrada, dispostas com uma diagonal na vertical, os sinais de advertência trazem fundo amarelo, orla e símbolo na cor preta. As exceções são: sinal de 'Sentido único' (A-26a) e 'Sentido duplo' (A-26b) que se diferenciam pela forma retangular, sinal da 'Cruz de Santo André' (A-41) que se destaca pelo formato em cruz, sinal de 'Obra' (A-24), por seu fundo na cor laranja e o sinal de 'Semáforo à frente' (A-14), pela presença das cores vermelho e verde.

As dimensões dos sinais de advertência foram projetadas para a velocidade de operação da rodovia, 80 km/h, implicando em placas com lado $L = 1,00$ m. Já para as placas compostas (formato retangular, fundo amarelo e orla preta), que trazem mensagens aliadas aos sinais padronizados de advertência, formando uma única placa, a altura de letra adotada para sua diagramação foi $h = 200$ mm, também em função da velocidade diretriz.

No tocante a especificação dos materiais a serem aplicados, foram projetadas películas tipo III para todas as placas de advertência.

Indicação

Os sinais de indicação têm como finalidade principal orientar os usuários da via no curso de seu deslocamento, fornecendo-lhes as informações necessárias para a definição das direções e sentidos a serem percorridas nos diversos segmentos do seu trajeto. São também utilizados para informar os condutores de veículos e pedestres quanto aos destinos, acessos e distâncias, além da existência de serviços ao longo da via, tais como postos de abastecimentos e restaurantes, quanto à ocorrência de pontos geográficos de referência, como divisas de estado e limites de municípios, à existência de atrativos turísticos, como praias e locais históricos, mas ainda fornecer mensagens de educação do usuário, ligadas à segurança de trânsito.

Os sinais de indicação podem ser subdivididos nos seguintes grupos: identificação, orientação de destino, educativas, serviços auxiliares, atrativos turísticos e postos de fiscalização. Porém, quanto a sua identidade visual, todos apresentam forma retangular com o lado maior na horizontal, diferenciando-se pelas cores:

- *Orientação e destino*: fundo verde, com orlas, textos e setas em branco;
- *Identificação e postos de fiscalização*: fundo azul, com orlas e textos em branco. Exceção: brasão da rodovia: fundo branco com orlas e textos pretos.
- *Serviços auxiliares*: fundo azul, com orlas, textos e setas brancas, além de pictogramas pretos em fundo branco. Exceção: sinal de 'Pronto socorro' (SVA-10) com pictograma vermelho em fundo branco;
- *Educativas*: fundo branco, com orlas e textos em preto;

- *Atrativos turísticos*: fundo marrom, com orlas, textos e setas em branco, além de pictogramas pretos em fundo branco.

Os sinais de indicação devem possibilitar que sua mensagem seja captada com segurança pelos usuários da via, permitindo tempo hábil para a tomada de decisão. Dessa maneira, o sinal deve ter boa visibilidade, letras e símbolos de forma, tamanho e espaçamento adequados às mensagens curtas, assegurando a necessária distância para percepção, leitura e rápida compreensão das mensagens pelos condutores.

O dimensionamento dos sinais de indicação é função do tamanho das mensagens e símbolos neles contidos. O dimensionamento das mensagens, por outro lado, depende basicamente da altura de letra a ser adotada, bem como na quantidade de caracteres a ser transmitida. O tamanho de letra utilizado está em função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade, conforme tabelas a seguir:

Tabela 2 - Altura Mínima das Letras

Tabela 7.1 – Altura mínima das letras em função da velocidade regulamentada

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	ALTURA MÍNIMA DAS LETRAS MAIÚSCULAS – h (mm)	
	Via Urbana	Via Rural
$V \leq 40$	125	150
$40 < V \leq 70$	150	150
$V = 80$	200	200
$80 < V \leq 100$	250	250
$V > 100$	-	300

As mensagens das placas de indicação foram projetadas para a velocidade de operação da rodovia, 80 km/h, portanto para altura de letra $h = 200$ mm.

A marcação quilométrica da rodovia foi projetada contendo um marco por quilômetro em cada pista da rodovia.

Já a identificação da rodovia se dará pela implantação de brasão distanciado em até 300 m, do término do taper da faixa de aceleração de cada acesso.

4.7.3 Dispositivos Auxiliares

Dispositivos auxiliares são elementos colocados junto à via, como reforço da sinalização convencional, com finalidade de alertar os motoristas sobre situações adversas ou de referência para o seu posicionamento na pista. Dentre os mais

utilizados podemos citar: tachas, tachões, marcadores de perigo, marcadores de alinhamento, e balizadores.

Tachas são pequenos prismas com elementos refletivos dispostos no pavimento afim de propiciar reforço noturno para sinalização horizontal. Acompanham todas as linhas longitudinais e de canalização, sendo preferencialmente fixadas em segmentos não pintados, protegendo o dispositivo durante uma nova pintura. As tachas podem ser bidirecionais, quando implantadas em vias de sentido duplo, ou monodirecionais, quando em sentido único, porém sempre apropriando a cor da linha a qual estão associadas. Assim, as tachas bidirecionais recebem elementos refletivos de acordo com seu emprego, refletivos amarelos em ambos os lados para as tachas associadas à sinalização amarela (proibição) e refletivo branco num lado e vermelho no outro, para as tachas associadas a marcações brancas. Para as monodirecionais, há somente o emprego de refletivo branco em um dos lados da tacha. No projeto, devido à duplicação, foram previstas majoritariamente tachas monodirecionais brancas do tipo III, restringindo o emprego de tachas bidirecionais, tanto brancas quanto amarelas, para os dispositivos e marginais de sentido duplo. Deste modo, especificou-se tachas para o eixo da rodovia, a cada 12 m, visando coincidir com os segmentos não-pintados das faixas, tachas para os bordos, com cadência de 16 m e tachas para o interior das canalizações de acordo com a cor empregada nos zebrados (amarela ou branca).

Os tachões são dispositivos de emprego semelhante as tachas, contudo por terem dimensões maiores, são utilizados somente em vias locais de baixa velocidade para impedir deslocamentos laterais. Devido as suas características, não foram projetados tachões para a PR-445.

Os marcadores de perigo são utilizados para alertar os motoristas sobre a existência de obstáculos físicos fora da pista da rodovia, deste modo foram previstos nos narizes das ilhas nas interseções.

Os balizadores e os marcadores de alinhamento são dispositivos auxiliares de percurso, posicionados lateralmente à via, em série, de forma a indicar aos usuários o alinhamento da borda da via, principalmente em situações envolvendo risco de acidentes e são particularmente importantes em trajetos noturnos ou com visibilidade prejudicada devido a condições adversas de tempo. Marcadores de alinhamento são aplicados nas curvas acentuadas (sempre do lado externo da curva) e, ainda, em

pontos localizados onde o alinhamento pode ser considerado confuso. Nos segmentos de curva, a distância entre marcadores consecutivos é dada pela expressão: $d = \sqrt{R}$, onde: R= raio da curva.

De acordo com as características geométricas da rodovia não foi necessário projetar novos marcadores de alinhamento.

4.7.4 Dispositivos de Segurança

Os dispositivos de segurança compreendem elementos colocados de forma permanente ao longo da via, interseções, ramos e acessos, de modo a proteger os usuários e minimizar danos. Os sistemas de contenção têm por objetivo evitar colisão frontal contra outro veículo (após travessia de canteiro central), quedas em grandes desníveis e choque contra elementos fixos (como pilares das obras de arte especiais, postes de iluminação e árvores).

Para a PR-445 procurou-se seguir o padrão atual da rodovia, projetando somente defensas metálicas como dispositivos de contenção, exceto onde a largura do canteiro central é inferior a zona livre indicada (9,00 m), projetando-se barreira dupla de concreto.

Desse modo, foram projetados dispositivos de segurança seguindo os requisitos da ABNT NBR 15.486, destacando-se as defensas metálicas para aterros com altura superior a 1,00 m, proteção de obstáculos fixos (pórticos, postes, árvores etc.), encontros com as OAEs e demais locais que ofereçam riscos aos condutores.

O nível de contenção para os dispositivos de segurança que se encontram na rodovia será do tipo H2 com espaço de trabalho nível W4 $\leq 1,3$ m de acordo com a tabela 9 da ABNT NBR 15486/2016, por se tratar de uma rodovia classe I-A e alta velocidade e com geometria suave, mas sinuosa e classifica como nível de contenção alto devido aos veículos que circulam na rodovia. Para as vias marginais como usualmente é mais utilizada por veículos menores e em baixa velocidade foi previsto defensas metálicas com nível de contenção normal N2 e espaço de trabalho W4 $\leq 1,3$ m.

Os níveis de contenção foram definidos de acordo com os seguintes critérios e aplicações a norma;

01 – Após a análise de projeção total de VDM para as duas pistas e os tipos de veículos que circulam na rodovia, obtemos a informação que na PR-445 temos 83% de circulação com veículos de até 13t, e 17% de circulação de veículos com mais que 13t. Conforme tabela de VDM por tipo de veículo apresentada no estudo de tráfego.

02 – Analisando os dados de acidentes verificamos que aos maiores índices estão nos acidentes que podem causar maior severidade conforme os números a seguir;

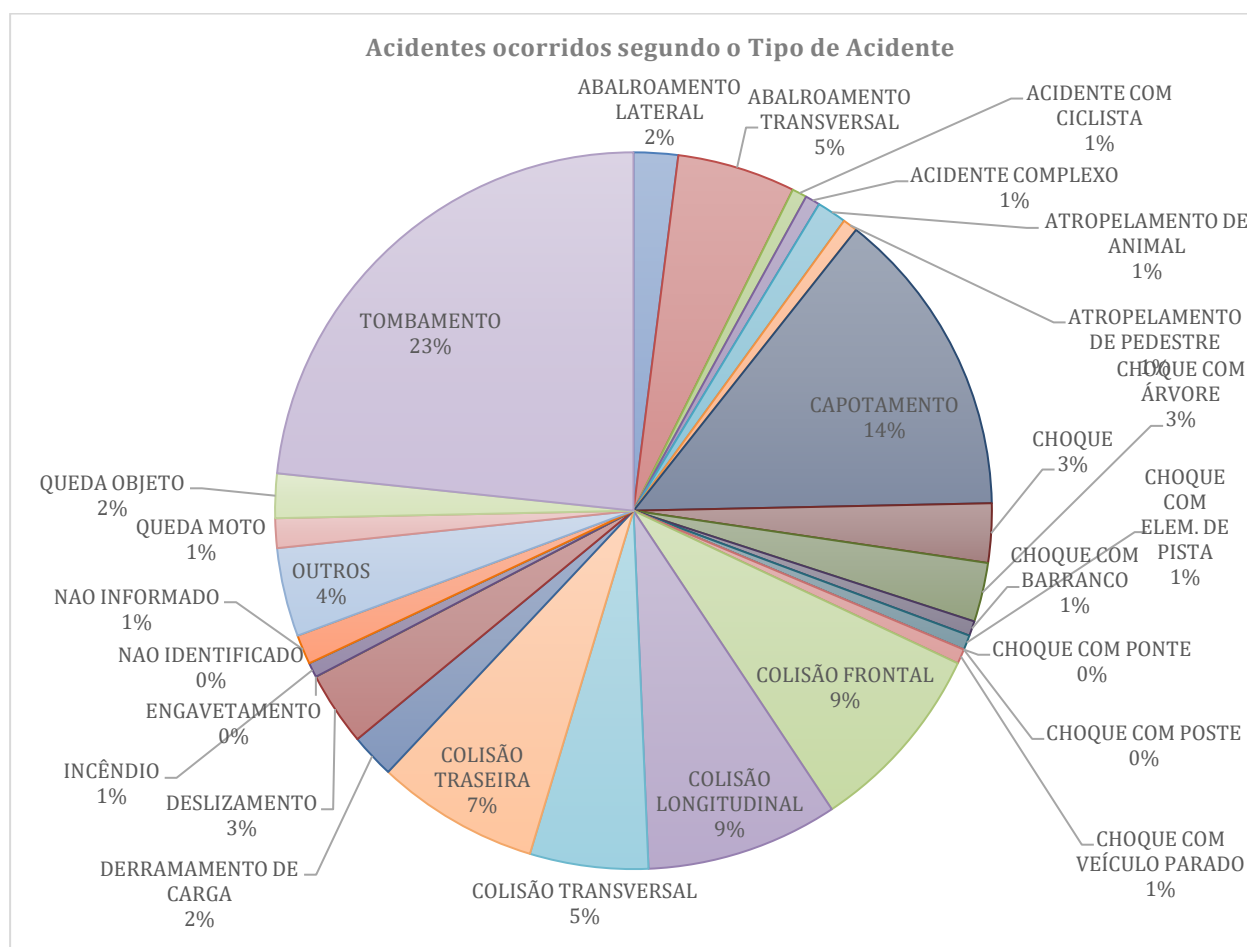
- Tombamento – 23%
- Capotamento – 14%
- Colisão frontal – 9%
- Coque com árvore – 3%

Assim do total de acidentes temos uma taxa de 49% para os acidentes que na sua maioria causam saída de pista ou são ocasionados por saída de pista, reforçando assim a necessidade de proteção lateral nos pontos críticos de acordo com a ABNT NBR 15.486/2016. Abaixo mostramos o gráfico com todos os tipos de acidentes ocorrido na rodovia de 2015 a 2019.

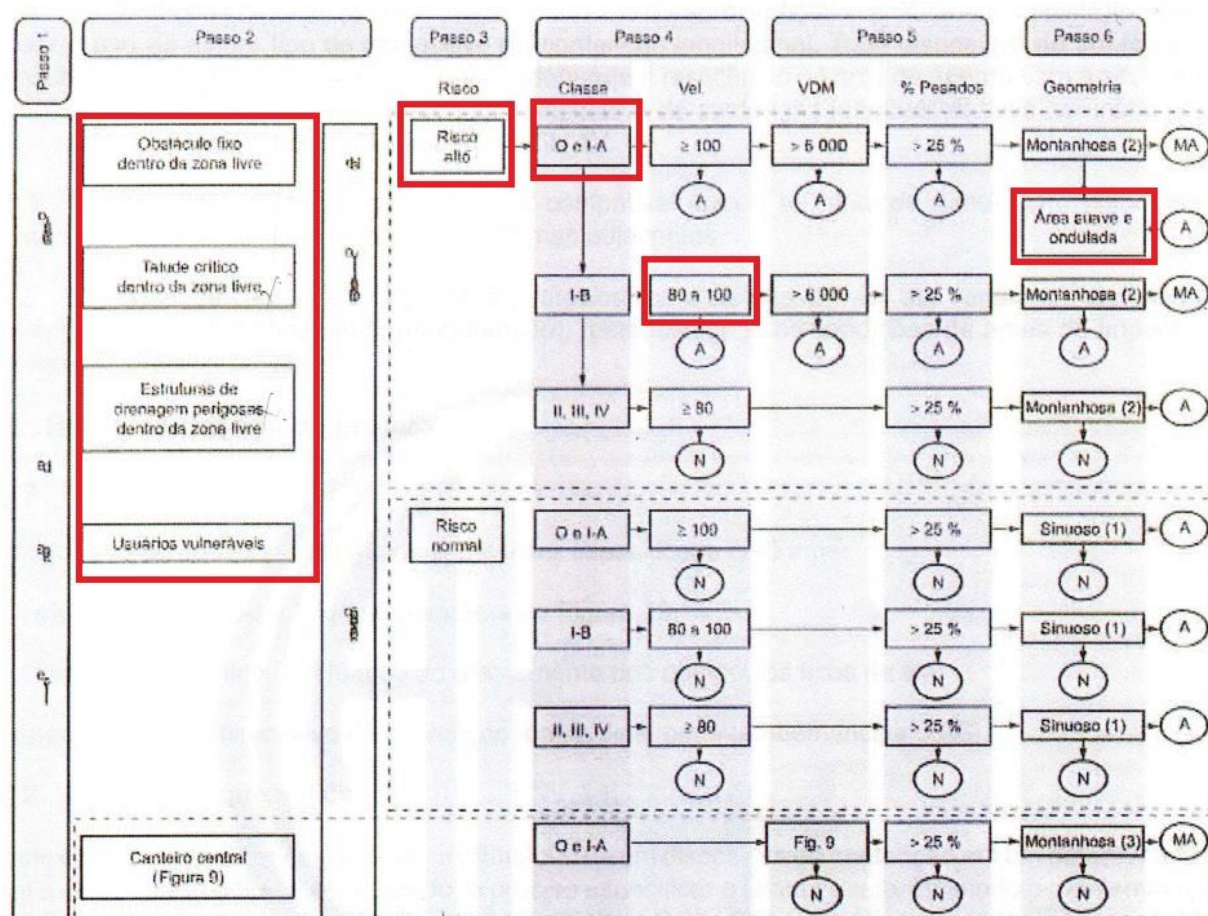
03 – Classe da Rodovia – I-A

04 – Determinamos em função da norma todos os pontos críticos que necessitavam ser defendidos para proteção do usuário e temos os seguintes enquadramentos;

- Obstáculos fixos dentro da zona livre
- Taludes críticos dentro da zona livre
- Estruturas de drenagem perigosas dentro da zona livre



Desta maneira destacamos as informações utilizadas para definição do nível de contenção que é a figura 13 – Diagrama – Seleção Dispositivos de contenção viária por níveis de contenção - ABNT NBR 15.486/2016, onde com os dados levantados e aplicados verificamos que o nível de contenção deverá ser alto. Conforme figura a seguir;



Legenda

N normal
A alto
MA muito alto

Como o VDM de veículos pesados acaba sendo inferior a 25% mas a quantidade de acidentes graves junto com os outros fatores levantados, foi verificado que o nível de contenção de acordo com a tabela 4 – Níveis de contenção de acordo com EM 1317-2 da ABNT NBR 15.486/2016 deverá ser o H2, que é ensaiada para veículos de até 13t.

Para as vias marginais onde a velocidade máxima permitida é de 40km/h e trazendo os dados da rodovia para estas vias, verificou-se que o nível de contenção é normal e deverá ser o N2 que é ensaiado para veículos de 1,5t.

Obs: Como a norma não apresenta um detalhamento das defensas pelo nível de cada severidade, ficando a cargo do fabricante estabelecer e apresentar os parâmetros do seu produto, enquadrando-o de acordo com os níveis da norma. E assim o fornecedor

possui um produto que é similar, mas com suas singularidades com relação a outros do mercado, e podem haver níveis de espaço de trabalho diferentes em um mesmo nível de contenção de uma fabricante para outra, não foi apresentado detalhamento específico da defesa. Em momento adequado deve seguir o processo de escolha do DER através dos processos usuais para escolha de fornecedores. Apenas apresentamos os níveis de segurança que as defensas devem obter de acordo com a norma ABNT NBR 15486/2016 e que deverão ser atendidos pelo fabricante.

Defensa Metálica

Sistema de segurança contínuo, constituído por perfis metálicos implantados ao longo das vias com circulação de veículos, projetado na forma, resistência e dimensões, para conter e redirecionar os veículos desgovernados, absorvendo parte da energia cinética do veículo, pela deformação do dispositivo.

As defensas metálicas devem ter os postes cravados no solo através de abertura de buracos com posterior enchimento de concreto. Suas extremidades devem ser dotadas de ancoragem, propiciando adequada fixação ao sistema.

Barreira de Concreto

Dispositivo de segurança, rígido e contínuo, destinado a ser implantado ao longo das vias, com forma e dimensões adequadas que, ao ser colidido por veículos desgovernados, reconduza os mesmos à pista com desacelerações suportáveis para os usuários, minimizando também os danos possíveis aos veículos e ao próprio dispositivo.

Destaca-se que as barreiras simples de concreto, tipo New Jersey, estão presentes nas pontes e viadutos, mas não foram projetados novos dispositivos, apenas barreiras duplas no canteiro central para divisão de fluxos.

Transição Tripla Onda

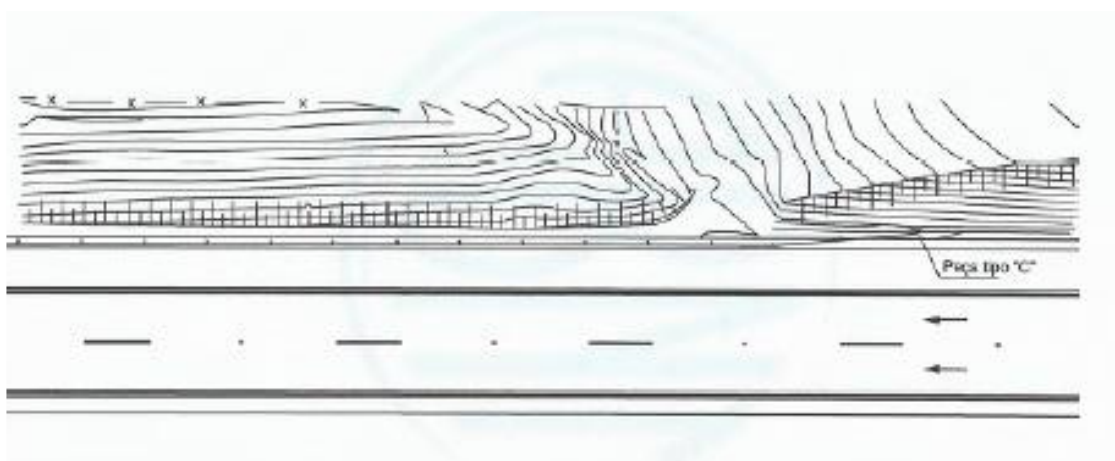
A alternância de elementos de contenção com rigidezes diferentes deve ser realizada de modo gradual, visando não transmitir uma mudança brusca ao condutor. Portanto, nos locais onde há mudança de um sistema de contenção de menor rigidez, defesa metálica, para um sistema de contenção de maior rigidez, barreira de concreto, foi projetado a utilização de transição tripla onda, com extensão de 10,00 m.

Terminal

Os terminais são subsistemas das contenções laterais com dupla função: ancorar o dispositivo de segurança e propiciar atenuação contra impactos frontais ao sistema. Devido a essas características, os terminais estão presentes em ambas as extremidades dos dispositivos de contenção, devendo ser dotados de amortecimento na face voltada contra o fluxo de veículos ou terminais em defesa defletida (terminal ancorado em talude de corte), sempre que a velocidade for superior ou igual a 60 km/h. Portanto, foram projetados os seguintes tipos:

- Terminal absorvedor de energia: para velocidade de 80 km/h, fixação simples (12,00 m);
- Terminal em defesa defletida (terminal ancorado em talude de corte); conjunto onde as defensas são defletidas horizontalmente, prosseguindo até o talude de corte, onde deve ser firmemente ancorado. O terminal deve ser implantado de acordo com a ABNT NBR 6971:2012, figura a seguir.

Figura A 23 – Terminal ancorado em talude de corte



A deflexão deve ser de acordo com a tabela 11 da ABNT NBR 15486:2016 conforme a seguir:

Tabela 11 – Deflexão lateral do dispositivo de contenção em função da velocidade de projeto

Velocidade de projeto km/h	Deflexão lateral (a:b)	
	Sistema rígido	Sistema semirrígido
120	22:1	16:1
110	20:1	15:1
100	18:1	14:1
90	16:1	12:1
80	14:1	11:1
70	12:1	10:1
60	10:1	8:1
50	8:1	7:1

- Terminal abatido: lâminas de defesa metálica cravadas no solo para promover ancoragem ao final do dispositivo (16,00 m);
- Em locais onde há desnível do terreno foram previstos os terminais do tipo não abertura que tem por capacidade redirecionar o veículo a partir do primeiro poste impactado;
- Atenuador de impacto TAU-II ou equivalente técnico: para velocidade de até 100km/h e serão instalados em bifurcações onde há o risco de colisão frontal com dispositivos de contenção. O atenuador de impacto tem a capacidade de absorver a energia a uma taxa controlada, parando o veículo impactante em distância relativamente curta, e de uma forma que reduza o potencial de ferimentos severos aos ocupantes.

4.7.5 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	
DER/PR ES-OC 02/18	Sinalização horizontal com tinta à base de resina acrílica emulsionada em água, retrorrefletiva
DER/PR ES-OC 04/18	Sinalização horizontal com material termoplástico aplicado pelo processo de extrusão, retrorrefletivo
DER/PR ES-OC 05/18	Sinalização horizontal com material termoplástico aplicado pelo processo de aspersão, retrorrefletivo
DER/PR ES-OC 09/18	Fornecimento e implantação de placas laterais para sinalização vertical
DER/PR ES-OC 06/18	Tachas refletivas
DER/PR ES-OC 14/18	Defensas de concreto (barreiras)
ABNT – NBR 6971/12	Defensas metálicas – Projeto e implantação
ABNT – NBR 14885/16	Segurança no tráfego – Barreiras de concreto
ABNT – NBR 14962/20	Sinalização vertical viária — Suportes metálicos em aço para placas — Projeto e implantação
ABNT – NBR 15402/14	Sinalização horizontal viária — Procedimentos para execução da demarcação e avaliação
ABNT – NBR 15486/16	Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projeto e ensaios de impacto
ABNT – NBR 7481/11	Segurança no tráfego – Dispositivos antiofuscante (grades em cima de barreiras).

4.8 PROJETO DE PAISAGISMO E OBRAS COMPLEMENTARES

O projeto de paisagismo e obras complementares compreende o revestimento vegetal dos taludes e áreas remanescentes da obra, implantação de calçadas, dispositivos de acessibilidade, meios-fios complementares, dispositivos de vedação da faixa de domínio e implantação de alambrados para os passa faunas.

4.8.1 Revestimento Vegetal

O revestimento vegetal dos taludes resultantes da obra e outras áreas remanescentes é extremamente importante, pois sua função é impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água na superfície.

Para o projeto de duplicação da PR-445, foi considerado o serviço de revestimento vegetal pelo processo da hidrossemeadura e enleivamento.

A hidrossemeadura deverá ser utilizada para o revestimento vegetal dos grandes taludes de corte, e as outras áreas, receberão o enleivamento.

Hidrossemeadura

A hidrossemeadura é um processo de plantio que emprega o uso de equipamentos hidráulicos para dispersar uma massa líquido-pastosa, com sementes, adubo e outros insumos. Esse material é lançado sobre a terra através da utilização de um tanque pulverizador que normalmente é transportado por caminhão ou reboque ao local. O objetivo da aplicação é proporcionar uma cobertura rápida e homogênea da área, com ação imediata na proteção do solo a processos erosivos.

Para a aplicação da hidrossemeadura, deverá ser previsto o preparo de uma mistura contendo adubo, mulch, adesivo e sementes. A mistura de sementes deverá ser composta por espécies previamente determinadas entre gramíneas e leguminosas.

As sementes deverão ter sua procedência garantida, ou seja, deverão ser utilizadas apenas sementes com a produção fiscalizada. Estão previstas, nas superfícies hidrossemeadas, duas aplicações de fertilização nitrogenada após a germinação, aos 60 e 120 dias, aproximadamente.

Enleivamento

O enleivamento ou plantio de grama em placas, é o processo em que as leivas ou placas contendo a gramínea, são transplantadas de viveiro ou outro local de extração, para o local de implantação, promovendo a cobertura imediata do solo.

Recomenda-se a utilização da grama tipo Batatais (*Paspalum notatum*), espécie resistente e rústica, com aspecto estético agradável e maior facilidade na obtenção de mudas. As placas de grama devem apresentar tamanho uniforme, não podem apresentar espécies invasoras.

Inicialmente procede-se o preparo do solo, com a limpeza e a aplicação de cerca de 10 cm de terra preta sobre o terreno, para posterior colocação das placas de grama. Pode ser necessário a aplicação e incorporação de adubos e corretivos no solo. As placas serão plantadas lado a lado, sem deixar espaço livre entre uma placa e outra.

Para a fixação das placas deverá ser utilizada de 4 a 5 estacas de madeira posicionadas nas extremidades e centro da leiva, cravadas no terreno cerca de 15 cm. Em terrenos planos não é necessário o cravamento das placas. Após a implantação das placas deverá ser executada uma cobertura com terra vegetal e irrigação.

Delimitação das áreas com revestimento vegetal

Para a delimitação das áreas dos taludes foi considerado um metro a mais da crista e pé dos taludes de projetos. Os valores dessas áreas (horizontal) são multiplicados pelo fator correspondente a inclinação dos taludes conforme figuras abaixo.

Figura 1 – Fator de inclinação para os taludes de aterros 1,5:1.

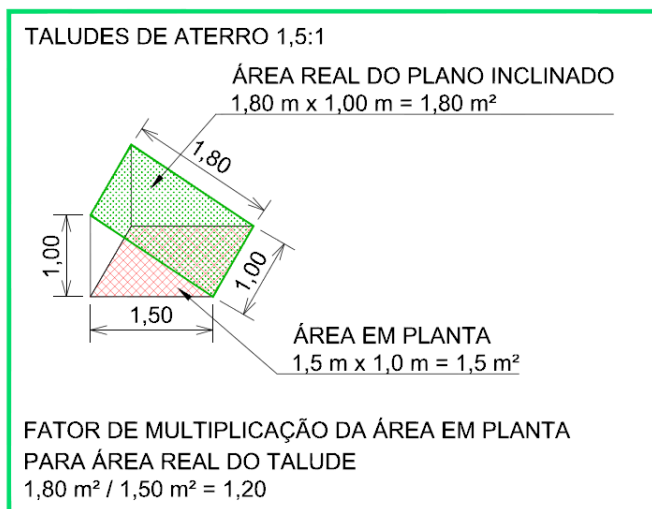


Figura 2 – Fator de inclinação para os taludes de cortes 1:1.

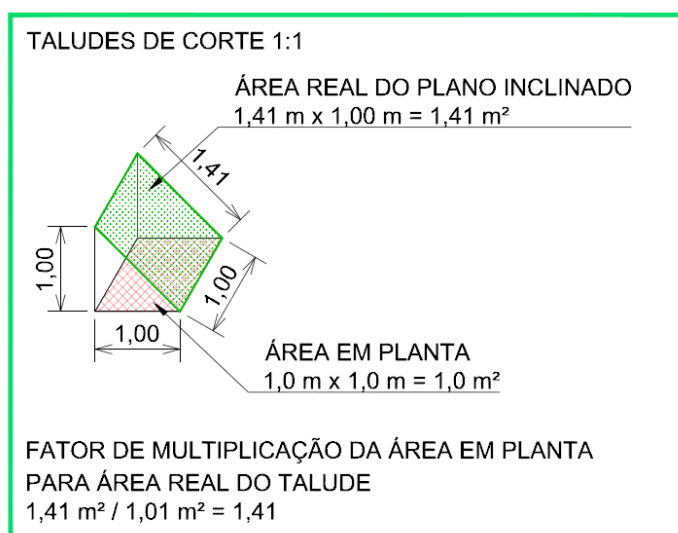
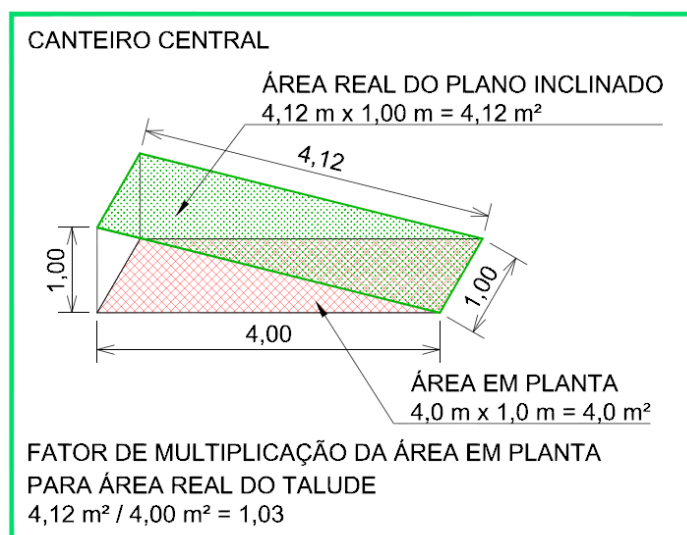


Figura 3 – Fator de inclinação para o canteiro central.



Foram obtidas a soma das áreas dos polígonos horizontais na planta e então multiplicadas pelo fator de inclinação conforme as tabelas apresentadas no desenho DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-001 e na memória de cálculo. As áreas da hidrossemeadura e do enleivamento são apresentadas com cores distintas na planta do projeto de paisagismo e obras complementares.

4.8.2 Calçadas em Concreto

Nas baias dos pontos de ônibus projetados, e nos projetos da interseção de acesso a Tamarana, acesso a Lerroville e nas vias marginais foram projetadas calçadas em concreto, para propiciar a locomoção de pedestres. As calçadas terão largura de 1,50 metros, podendo variar em alguns locais. A calçada constitui-se de lastro de brita com espessura de 10 cm e calçada em concreto $f_{ck}=20\text{Mpa}$ com espessura de 8 cm. Essa espessura já garante o tráfego de veículos leves para o acesso as propriedades. A declividade transversal deverá ser de 2%.

Na prancha DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-003 e na memória de cálculo é apresentada tabela com a localização e quantidades das calçadas. Com o valor total das áreas e dos perímetros (laterais da calçada excluindo o lado do meio-fio) foram calculadas as quantidades dos serviços para execução das calçadas.

4.8.3 Rampas de Acessibilidade

De forma a atender o Decreto Federal nº 5,296, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e a Norma ABNT 9050 (acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos), foram indicadas em projetos a implantação de rampas de acessibilidade ou rebaixamento das calçadas.

As rampas de acessibilidade devem atender ao especificado na norma ABNT 9050. As principais características são:

- a) Inclinação constante e não superior a 8,33% (1:12) no sentido longitudinal da rampa central e na rampa das abas laterais;
- b) Largura mínima do rebaixamento de 1,50m;

- c) A rampa não pode diminuir a faixa livre de circulação de no mínimo 1,20m;
- d) A largura da rampa central dos rebaixamentos deve ser de no mínimo 1,50m; e
- e) Não pode haver desnível entre o término do rebaixamento da calçada e o leito carroçável.

A implantação das rampas ou rebaixamento está indicada nos locais de travessias de pedestres. A indicação é aproximada, e sua execução no local deve ser feita seguindo as dimensões do projeto e as recomendações abaixo:

- a) Evitar postes, árvores, placas e outros obstáculos que impeçam a passagem;
- b) Evitar passagem por bocas de lobo, e outros dispositivos de drenagem;
- c) Conformação com a sinalização horizontal (faixa de pedestres e faixa de retenção pare); e
- d) As rampas de ambos os lados devem estar alinhadas.

Por causa da largura das calçadas projetadas de 1,50 metro, a implantação da rampa padrão não é possível pois não sobra espaço suficiente para a circulação no nível da calçada (são necessários 3,00 metros de largura, 1,80m da rampa e 1,20m de faixa livre para circulação), sendo a solução fazer o rebaixamento na largura total da calçada.

Em todas as rampas e rebaixamento das calçadas deverá ser implantado piso tátil de alerta, também de acordo com a norma ABNT 9050.

A tabela com a localização dos rebaixamentos das calçadas é apresentada na prancha DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-006 e na memória de cálculo. A estaca indicada é a localização referencial do centro do rebaixamento da calçada. Havendo interferências com dispositivos de drenagem, postes ou outros elementos no local indicado, fazer a construção no local mais próximo possível, salvaguardando as dimensões necessárias para garantir a acessibilidade (rampas com 8,33% de declividade - 1,80m de comprimento).

Os detalhamentos da rampa padrão, rebaixamento da calçada, travessia em nível e do piso tátil de alerta são apresentados nas pranchas DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-005 e 006.

4.8.4 Cercas

As cercas são os dispositivos delimitadores da faixa de domínio de uma rodovia, e devem ser implantadas ao longo dela, exceto nos perímetros urbanos, nas travessias de grandes cursos d'água, entroncamento com outras estradas e acessos, postos de combustíveis e comércios, e nos pontos em que julgadas desnecessárias.

As cercas são constituídas de mourões em concreto armado e de quatro fios de arame farpado. O projeto tipo apresentado na prancha DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-002 tem como referência as definições da ES-OC 11/18 (Obras Complementares: Cercas), mas algumas dimensões foram adequadas devido aos novos requisitos para mourões de concreto armado para cercas de arame da ABNT NBR 7176:2013.

Os locais de implantação e de remoção de cercas existentes são apresentados nas plantas do projeto de paisagismo e obras complementares, em tabela na prancha DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-002 e na memória de cálculo.

4.8.5 Meios-fios Complementares

Alguns meios-fios complementares foram indicados no projeto de paisagismo e obras complementares:

- MFC Tipo 6 – Utilizado como guia rebaixada, para acesso de veículos as propriedades lindeiras nas vias marginais;
- MFC Tipo 9A – Para delimitação da pista/calçada nas baias dos pontos de ônibus projetadas na rodovia;
- MFC Tipo 3 – Para contenção lateral da calçada, nas travessias de pedestres em nível nas ilhas.

O detalhe desses meios-fios e suas notas de serviços são apresentados na prancha DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-004.

A estaca indicada em projeto do MFC tipo 6 é a localização referencial do centro do meio-fio. Os acessos dos veículos as propriedades devem ser verificadas, e implantação deve ser em frente ao acesso/portão. Havendo interferências com dispositivos de drenagem, postes ou outros elementos no local a implantação do MFC tipo 6 pode ser deslocada, desde que seja mantido o acesso as propriedades.

4.8.6 Abrigo dos Pontos de Ônibus

Nos locais previstos dos pontos de ônibus em projeto, está indicado a implantação de abrigo pré-moldado em concreto, conforme padrão do DER/PR, apresentado no desenho DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-007. Os abrigos terão largura de 3,0 metros, que corresponde a 6 módulos da estrutura pré-moldada.

4.8.7 Alambrados para Passa Faunas

Os passa fauna são um conjunto de elementos que delimitam um corredor ecológico.

Existem grupos de animais que tem por hábito circular em seu território (corredor ecológico), procurando comida ou dessedentação, podendo atravessar rodovias que cortam seu habitat, gerando atropelamentos, com risco de acidentes rodoviários. Para minimizar este impacto, sugere-se a implantação de passagens inferiores nas trilhas ou corredores desses animais, e barreiras de contenção para se evitar a entrada destes na rodovia. Assim os animais escolhem os melhores caminhos, procurando trilhá-los com certos padrões de frequência, sendo as matas ciliares dos rios consagrados corredores de deslocamentos das mesmas.

Estas passagens inferiores são associadas as OAEs ou OACs da própria rodovia, desde que preparadas para esse fim.

Na PR-445, as passagens de fauna serão nos locais indicados na tabela a seguir.

Tabela 3 – Passa Faunas previstos

PASSA FAUNAS		
km	Estaca	Local
6,10	305+10	Prolongamento de O.A.C. existente
14,75	749	Sob Ponte do Rio Apucarantina

De forma a proteger e conduzir os animais para as passagens de fauna, serão implantados alambrados nas margens da rodovia.

Especificações do Alambrado

A implantação dos alambrados para a delimitação dos passa-faunas deverá ocorrer paralelo a pista da rodovia, ao longo da faixa de domínio, até a ponte ou OAC que será o corredor da fauna.

O alambrado indicado em projeto seguiu as especificações da NORMA DNIT 077/2006 – Cerca viva ou de tela para proteção da fauna – Especificação de serviço.

As dimensões recomendadas são de 2 metros de altura, sendo os 50 cm iniciais dotados de tela com malha fina quadrada de 2 cm ou placa de pré-moldado ($h \approx 30\text{cm}$) e o restante com tela de 10 cm de malha.

O projeto tipo do alambrado é apresentado na prancha DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-008.

Implantação dos Alambrados

De acordo com a especificação DNIT-ES 077/2006, a extensão necessária da cerca é de 100 metros para cada lado do passa-fauna considerado. No projeto de duplicação da PR-445 foi adotado como mínimo a extensão de 100 metros, mas os alambrados foram projetados em sua grande maioria com 200 metros de extensão. Em alguns locais com existência de mais vegetação a extensão foi maior.




Em relação ao afastamento da pista, de forma geral o alambrado está indicado em projeto a 10 metros do bordo do acostamento ou faixa de segurança, ou após os pés dos taludes de aterros e dispositivos de drenagem projetados, e não ultrapassando a faixa de domínio.




4.8.8 Edificações à Demolir



Nas plantas do projeto de paisagismo e obras complementares também apresentam as edificações que foram atingidas pelo projeto, que terão que ser demolidas. São edificações comerciais, residenciais, e pontos de ônibus.




Os pontos de ônibus a remover estão relacionados em tabela apresentada no desenho DE-E-PR-445-000-027-3-PG 2-007. As edificações a remover estão indicadas na planta, e a tabela a seguir mostra a localização, área da edificação e o motivo pelo qual precisam ser demolidas.

Tabela 4 – Edificações a Demolir

LOCALIZAÇÃO	LADO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	QUANTIDADE (m²)	FOTO	MOTIVO DA DEMOLIÇÃO
Linha Geral - Pista Esquerda	Esq.	202 + 5,00	202 + 11,00	6,61		A edificação está avançando um pouco na faixa de domínio da Rodovia. Será feita a demolição somente da frente da edificação.
Linha Geral - Pista Esquerda	Esq.	414 + 15,00	416 + 5,00	162,01		Edificação situada parte na faixa de domínio da Rodovia, e a pista nova da duplicação ficará muito próxima edificação, a uns 6 metros do bordo do acostamento.
Linha Geral - Pista Esquerda	Esq.	733 + 1,00	734 + 17,00	156,97		Edificações situadas parte na faixa de domínio da Rodovia.
Linha Geral - Pista Direita	Dir.	845 + 12,00	846 + 2,00	81,60		Edificação situada parte na faixa de domínio da Rodovia.

LOCALIZAÇÃO	LADO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	QUANTIDADE (m ²)	FOTO	MOTIVO DA DEMOLIÇÃO
Linha Geral - Pista Direita	Dir.	847 + 13,00	847 + 18,00	11,10		Edificação situada próxima a Rodovia dentro da faixa de domínio.
Linha Geral - Pista Direita	Dir.	1018 + 0,00	1020 + 0,00	267,57		Edificações (comércios) situadas na faixa de domínio da rodovia e próximas a pista existente.
Linha Geral - Pista Esquerda	Esq.	1228 + 5,00	1228 + 10,00	22,66		Edificação atingida pelo talude de corte do projeto.
Linha Geral - Pista Esquerda	Esq.	1228 + 10,00	1229 + 4,00	153,20		Edificação atingida pelo talude de corte do projeto.

LOCALIZAÇÃO	LADO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	QUANTIDADE (m ²)	FOTO	MOTIVO DA DEMOLIÇÃO
Linha Geral - Pista Esquerda	Esq.	1229 + 14,00	1230 + 5,00	124,71		Edificação atingida pelo talude de corte do projeto.
Marginal - Direita	Dir.	310 + 7,00	311 + 7,00	240,78		Edificação atingida pelo talude de corte do projeto.
Marginal - Direita	Dir.	313 + 13,00	315 + 7,00	111,16		Edificação muito próxima ao talude de corte do projeto.
Marginal - Direita	Dir.	424 + 14,00	425 + 14,00	185,08		Edificação atingida pelo talude de corte do projeto.

LOCALIZAÇÃO	LADO	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	QUANTIDADE (m ²)	FOTO	MOTIVO DA DEMOLIÇÃO
Marginal - Esquerda	Dir.	518 + 18,00	520 + 6,00	70,50		Edificação muito próxima ao bordo da marginal projetada, em um canto a 5 metros e no outro está a menos de 1 metro.
Marginal - Direita	Dir.	612 + 12,00	613 + 0,00	165,74		Construção em área invadida e parte na faixa de domínio da rodovia.
Marginal - Direita	Dir.	613 + 0,00	613 + 16,00	276,38		Construção em área invadida, parte na faixa de domínio da rodovia e atingida pelo talude de projeto.
Marginal - Direita	Dir.	613 + 16,00	614 + 12,00	237,18		Construção em área invadida, parte na faixa de domínio da rodovia e atingida pela marginal e talude do projeto.

4.8.9 Especificações de Serviço

SERVIÇOS DE PAISAGISMO	
------------------------	--

DER/PR ES-OC 15/05	Proteção vegetal
--------------------	------------------

SERVIÇOS DE OBRAS COMPLEMENTARES	
----------------------------------	--

DER/PR ES-OC 11/18	Cercas
ABNT NBR 7176/13	Mourões de concreto armado para cercas de arame - Requisitos
DER/PR ES-OC 13/18	Meios-fios
DER/PR ES-OC 17/18	Abrigo para paradas de ônibus
DNIT ES-077/2006	Cerca viva ou de tela para proteção da fauna

4.9 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A seguir serão apresentados os cálculos utilizados para dimensionamento de componentes de proteção e de comando, dos cabos de distribuição, além dos cálculos luminotécnicos para determinação do tipo e potência das luminárias, altura de montagem, ângulo de instalação e distanciamento entre postes utilizados no projeto de iluminação. A Iluminação Pública na Rodovia PR-445, no trecho 1, com uso de estruturas exclusivas para esta finalidade, foi projetada para atender as interseções e vias marginais projetadas entre o km 25 e o km 27, formando o Binário Tamarana - Lerroville. A iluminação pública viária tem por objetivo propiciar conforto e segurança aos motoristas e pedestres que trafegam pela via, portanto, foram elaborados cálculos e estudos luminotécnicos, assistido pelo software dedicado DIALUX EVO 9.1, de acordo com a NBR-5101 Iluminação Pública, utilizando os índices de iluminância recomendados, conforme o volume de tráfego e classificação da rodovia.

4.9.1 Referências

Os estudos luminotécnicos tem como referência os seguintes documentos e normas técnicas:

- ABNT NBR 5461 Iluminação - Terminologia.
- ABNT NBR 5101 Iluminação Pública.
- ABNT NBR 5410 Instalações Elétricas em Baixa Tensão.
- DNIT Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários - Publicação IPR 726 de 2006.

4.9.2 Definições

- **Altura de Montagem:** Distância vertical entre a superfície da rodovia e o centro da fonte de luz.
- **Diagrama de Distribuição:** Descrição, em forma de diagrama, da intensidade da luz da luminária.
- **Espaçamento:** Distância entre as sucessivas unidades de iluminação, medida paralelamente ao longo da linha longitudinal da via.

- **Fator de Uniformidade (U) da Iluminância:** Razão entre a iluminância mínima e a iluminância média de um plano.

$$U = E_{\min}/E_{\text{med}}$$

Onde:

E_{\min} = iluminância mínima;

E_{med} = iluminância média.

- **Fluxo luminoso (Φ):** é a quantidade total de energia radiante ou luz, visível, emitida por uma fonte. Sua unidade é o lúmen (lm).
- **Iluminância ou iluminamento:** é o fluxo luminoso incidente por unidade de área. É designado pela letra E e tem como unidade o lux (lx).
- **Linha isolux:** lugar geométrico dos pontos de uma superfície onde a iluminância tem o mesmo valor.
- **Fator de uniformidade da iluminância:** razão entre a iluminância mínima e a média em um plano especificado. Designada pela letra U, ($U = E_{\min} / E_{\text{med}}$).
- **Plano de uso ou campo de trabalho:** região onde, para qualquer superfície nela situada, exigem-se condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado e cujos níveis de iluminância devem ser especificados e medidos. Para áreas externas e faixas de tráfego o plano de uso coincide com o piso asfaltado, segundo a NBR 5413 - Iluminância de interiores.
- **Fator de manutenção:** com o tempo de uso o fluxo luminoso emitido pelo conjunto LED e luminária é prejudicado devido à depreciação e à sujeira acumulada nos equipamentos. Em função disto e das condições do local é considerado nos cálculos um fator de manutenção na faixa de 0,60 a 0,80, incidente sobre a iluminância média, de modo a aumentar a quantidade de luz para evitar que os níveis de iluminamento, ao longo do tempo, atinjam valores abaixo do mínimo recomendado.

4.9.3 Descrição Geral

A finalidade de um bom projeto de iluminação é que os locais a serem iluminados tenham o melhor conforto luminoso, a melhor qualidade, a maior eficiência energética atendendo às necessidades econômicas do projeto.

Quando da iluminação de rodovias, a segurança do trânsito para o usuário se configura como fator da máxima importância nos projetos de implantação ou de melhoramentos.

Dentro destes conceitos, temos como principal objetivo da iluminação a obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação do local a ser iluminado.

4.9.4 Critérios e dados para o Cálculo

Seguem as considerações para a execução dos estudos luminotécnicos:

4.9.4.1 Acessos / Tapers / Faixas de Aceleração e Desaceleração

Largura das Vias	1,50m (Passeio) + 2,50m (Acostamento) + 7,20m (Pista de Rodagem) + 0,60m (Faixa de Segurança) = 11,80m
Volume de tráfego (conforme tabela 1 da NBR 5101)	Leve
Classificação da via (conforme item 4.1 NBR 5101)	RODOVIA
Tráfego de pedestres	Leve
Classe de Iluminação da via (conforme tabela 4 da NBR 5101)	V2
Iluminância média mínima (conforme tabela 4 da NBR 5101)	20 Lux
Fator de uniformidade (conforme tabela 4 da NBR 5101)	0,3
Postes	de aço, retos, cônicos contínuos, simples/duplos, alt. 11m, com uma luminária e braço extensor de 3,70m
Luminárias da via	luminária fechada para iluminação pública de rodovias, tecnologia LED, grau de proteção IP 66, corpo em alumínio injetado a alta pressão, tensão nominal 90 a 305 VAC, vida útil prevista de 60.000 horas, temperatura de cor de 4000K, potência nominal 146 W
Fluxo luminoso da Luminária	21.473 Lm

3.1.1 Marginais e OAE's

Largura das Vias	1,50m (Passeio) + 7,00m (Pista de Rodagem) + 0,60m (Faixa de Segurança) = 9,10m
Volume de tráfego (conforme tabela 1 da NBR 5101)	Leve
Classificação da via (conforme item 4.1 NBR 5101)	RODOVIA
Tráfego de pedestres	Leve
Classe de Iluminação da via (conforme tabela 4 da NBR 5101)	V2
Iluminância média mínima (conforme tabela 4 da NBR 5101)	20 Lux
Fator de uniformidade (conforme tabela 4 da NBR 5101)	0,3
Postes	de aço, retos, cônicos contínuos, simples/duplos, alt. 11m, com uma luminária e braço extensor de 1,80m
Luminárias da via	luminária fechada para iluminação pública de rodovias, tecnologia LED, grau de proteção IP 66, corpo em alumínio injetado a alta pressão, tensão nominal 90 a 305 VAC, vida útil prevista de 60.000 horas, temperatura de cor de 4000K, potência nominal 146W
Fluxo luminoso da Luminária	21.473 Lm

3.1.2 Acessos com Canteiro Central

Largura das Vias	1,50m (Passeio) + 0,60m (Faixa de Segurança) + 7,00m (Pista de Rodagem) + 0,60m (Faixa de Segurança) + 7,50m (Canteiro Central) + 10,80m (Pista de Rodagem) + 1,00m (Faixa de Segurança) = 29,60m
Volume de tráfego (conforme tabela 1 da NBR 5101)	Leve
Classificação da via (conforme item 4.1 NBR 5101)	RODOVIA
Tráfego de pedestres	Leve
Classe de Iluminação da via (conforme tabela 4 da NBR 5101)	V2
Iluminância média mínima (conforme tabela 4 da NBR 5101)	20 Lux
Fator de uniformidade	0,3

(conforme tabela 4 da NBR 5101)	
Postes	de aço, retos, cônicos contínuos, simples/duplos, alt. 11m, com duas luminárias e braços extensores de 1,20m
Luminárias da via	luminária fechada para iluminação pública de rodovias, tecnologia LED, grau de proteção IP 66, corpo em alumínio injetado a alta pressão, tensão nominal 90 a 305 VAC, vida útil prevista de 60.000 horas, temperatura de cor de 4000K, potência nominal 146W
Fluxo luminoso da Luminária	21.473 Lm

4.9.5 Cálculo Luminotécnico

Para verificação das características luminotécnicas do projeto, foi utilizado o programa Dialux Evo, versão 9.1.

Para este estudo foi utilizada a luminária PHILIPS BGP293 T25 DM11 LED240/740 NO.

Foram elaborados três trechos típicos, conforme mostrado anteriormente, devido a diferentes larguras de vias, a fim de otimizar as distancias entre postes e padronização dos materiais como modelos de luminárias, altura de postes e braços extensores.

Para cada trecho típico foi checado o nível de iluminância médio mínimo e fator de uniformidade requerido pela norma, conforme classificação da via. Abaixo é descrita a metodologia do software utilizado:

- o fluxo luminoso considerado é o nominal da luminária empregada;
- um fator de manutenção igual a 0,80 é aplicado como parâmetro de cálculo, reproduzindo além da depreciação dos equipamentos, um certo grau de poluição, sujeira e um ciclo trienal de limpeza do conjunto óptico. Significa prever uma iluminância acima da mínima requisitada de forma a compensar as referidas perdas ao longo do tempo;
- depois de inserir as luminárias e todos os dados necessários, o software realiza uma série de cálculos e simulações e fornece os resultados que são criteriosamente analisados. Caso atendam aos níveis médios de iluminância requeridos e

proporcionem uma iluminação adequada para as necessidades daquela área são encaminhados para emissão de relatórios, caso contrário, uma readequação da iluminação se faz necessária, retomando os devidos procedimentos.

Os resultados devem obedecer aos parâmetros definidos na tabela 5 da NBR 5101 - Iluminação Pública - Procedimento, que estabelece:

- 1) Levando-se em conta o volume de tráfego e na classificação da via determina-se a classe de iluminação da via
- 2) Dada a classe de iluminação, são definidos os valores de Iluminância média mínima e fator de uniformidade (FU) mínimo.

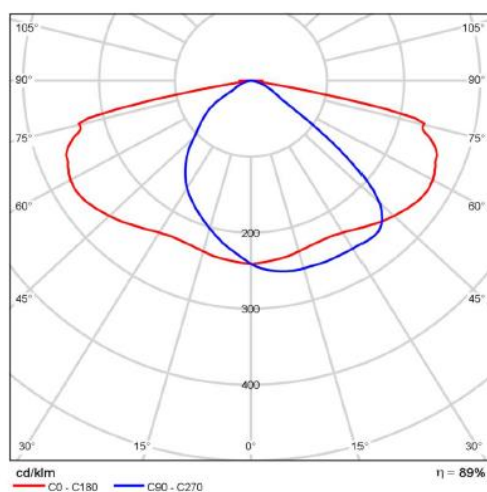
Estes dois valores devem ser alcançados em toda trecho iluminado.

4.9.5.1 Resultados

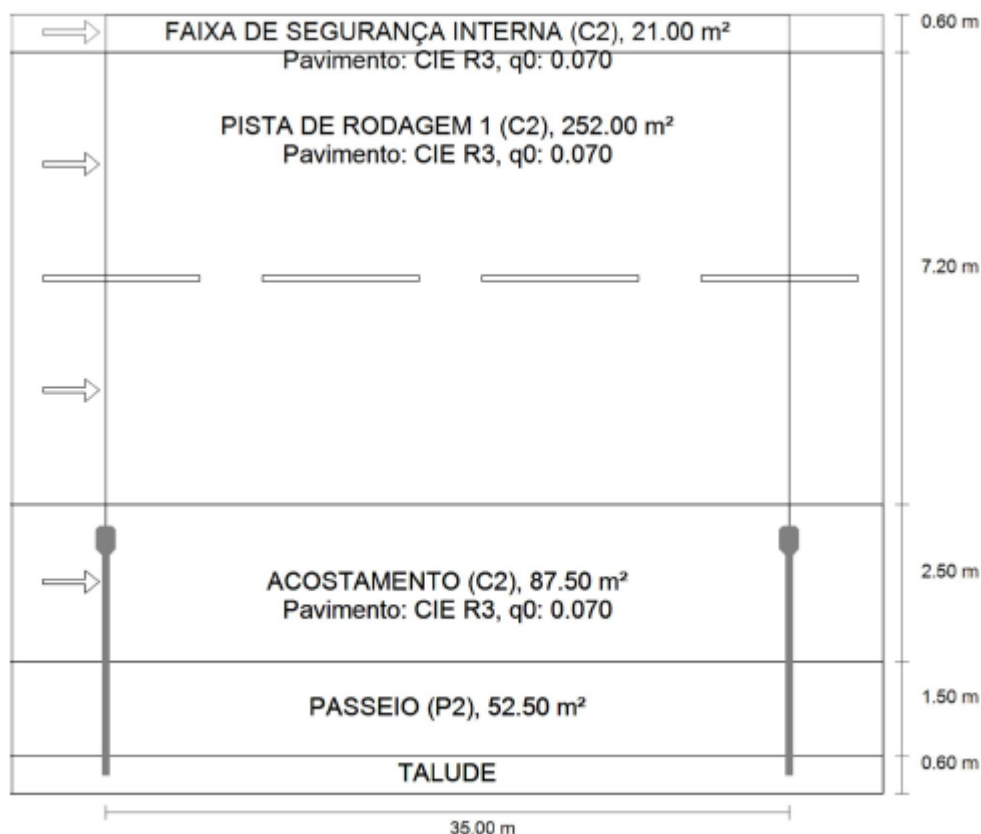
Os estudos luminotécnicos desenvolvidos com base nas referências, critérios e definições expressas, apresentam-se a seguir:

Ensaio de iluminação - PR-445 – trecho típico 1 – taper / faixa de aceleração e desaceleração

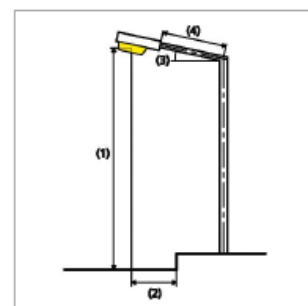
Luminária PHILIPS BGP293 T25 DM11 LED240/740 NO



CDL polar

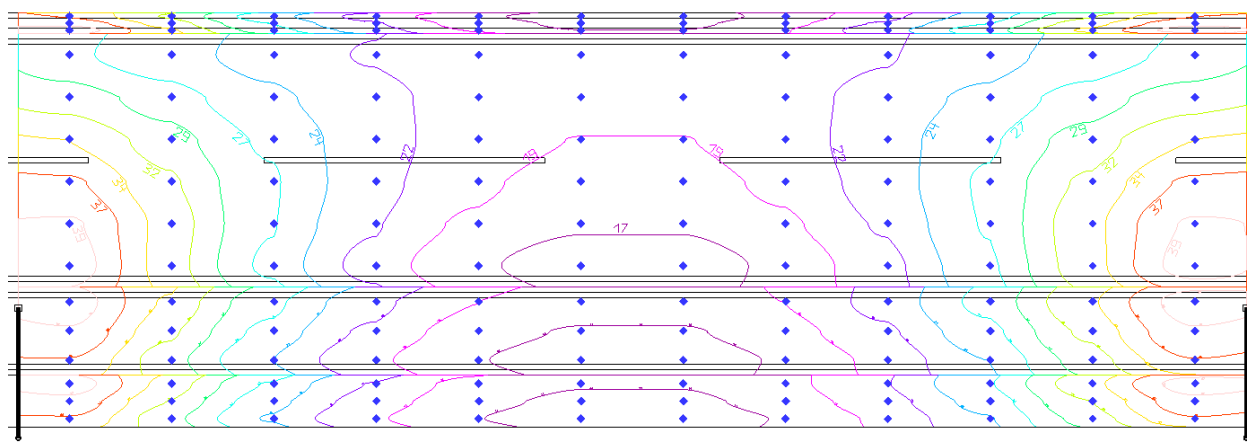


Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	11.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	1.900 m
(3) Inclinação de braço extensor	0.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.700 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 146.0 W
Consumo	4234.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidades luminosas máx.	≥ 70°: 621 cd/klm
Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.	≥ 80°: 108 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Classe de potência luminosa	G*2
Os valores de intensidade luminosa em [cd/klm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.	
Classe de índice de encandeamento	D.5



Resultados para os campos de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
FAIXA DE SEGURANÇA INTERNA (C2)	E_m	21.33 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.87	≥ 0.40	✓
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)	E_m	25.02 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.62	≥ 0.40	✓
ACOSTAMENTO (C2)	E_m	22.56 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.51	≥ 0.40	✓
PASSEIO (P2)	E_{min}	9.38 lx	≥ 2.00 lx	✓
	$E_m^{(1)}$	18.44 lx	-	-

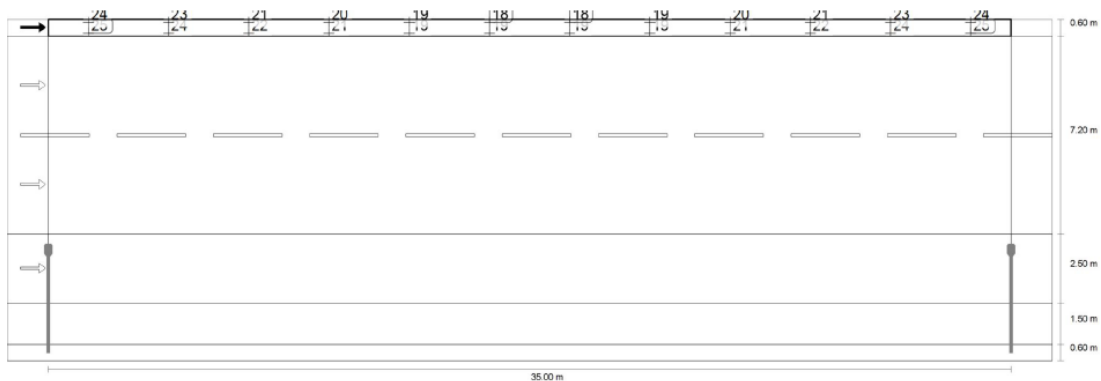
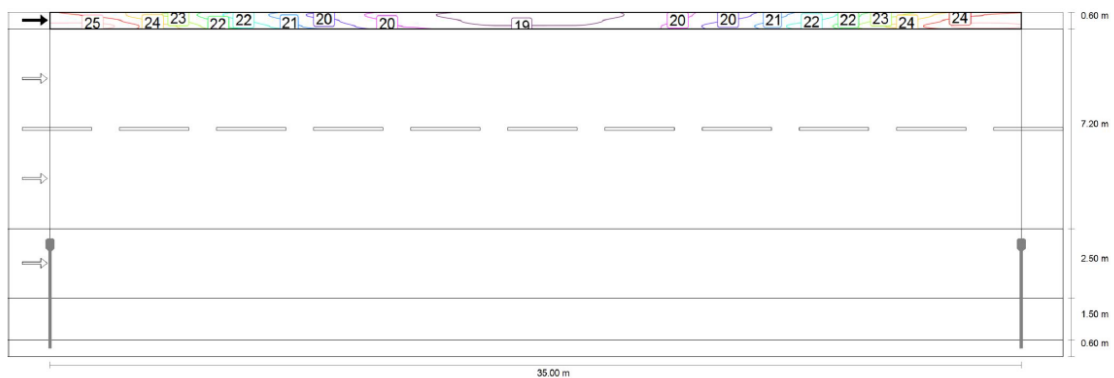


Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)

FAIXA DE SEGURANÇA INTERNA (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
FAIXA DE SEGURANÇA INTERNA (C2)	E_m	21.33 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.87	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
12.300	24.30	22.89	21.20	19.99	19.03	18.49	18.49	19.03	19.99	21.20	22.89	24.30
12.100	24.83	23.34	21.57	20.30	19.26	18.69	18.69	19.26	20.30	21.57	23.34	24.83
11.900	25.35	23.75	21.94	20.59	19.48	18.86	18.86	19.48	20.59	21.94	23.75	25.35

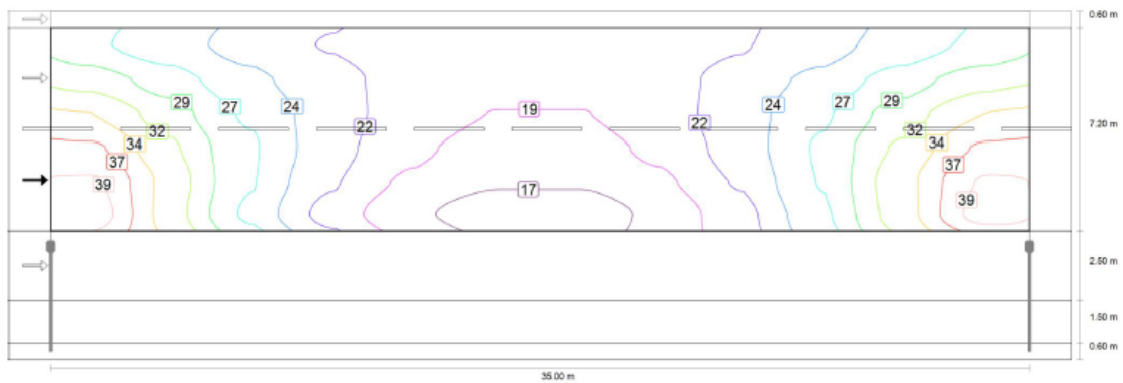
Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminação horizontal	21.3 lx	18.5 lx	25.3 lx	0.867	0.730

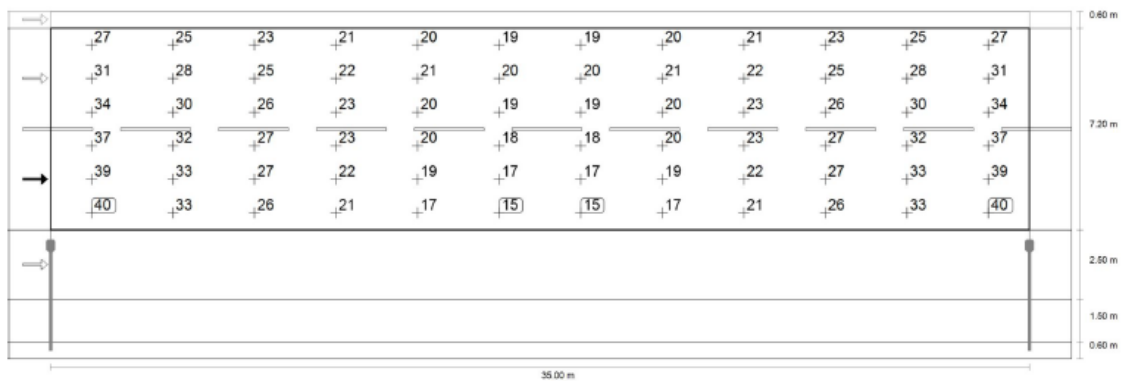
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)	E_m	25.02 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.62	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de Valores)

m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
11.200	27.23	25.22	23.15	21.43	20.06	19.32	19.32	20.06	21.43	23.15	25.22	27.23
10.000	30.65	27.81	24.77	22.49	20.58	19.56	19.56	20.58	22.49	24.77	27.81	30.65
8.800	34.07	30.31	26.16	22.84	20.41	19.08	19.08	20.41	22.84	26.16	30.31	34.07
7.600	37.00	32.07	26.92	22.68	19.67	18.14	18.14	19.67	22.68	26.92	32.07	37.00
6.400	39.39	33.18	26.76	21.88	18.58	16.90	16.90	18.58	21.88	26.76	33.18	39.39
5.200	40.30	32.95	26.06	20.70	17.18	15.39	15.39	17.18	20.70	26.06	32.95	40.30

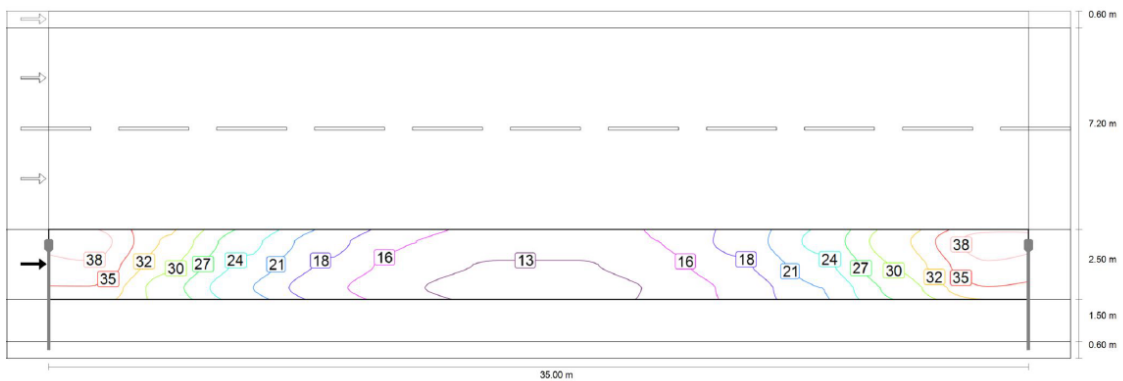
Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	25.0 lx	15.4 lx	40.3 lx	0.615	0.382

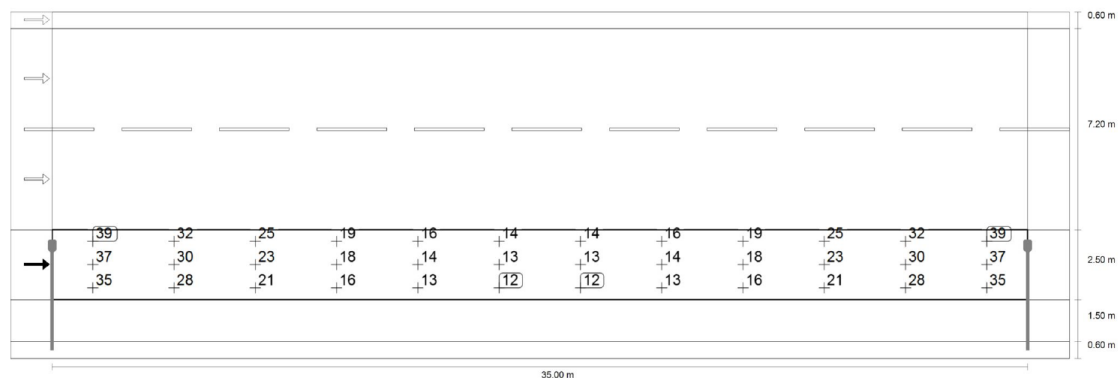
ACOSTAMENTO (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
ACOSTAMENTO (C2)	E_m	22.56 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.51	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
4.183	39.20	31.86	24.78	19.39	15.75	13.96	13.96	15.75	19.39	24.78	31.86	39.20
3.350	37.46	30.12	23.12	17.95	14.46	12.74	12.74	14.46	17.95	23.12	30.12	37.46
2.517	34.86	27.98	21.27	16.40	13.20	11.59	11.59	13.20	16.40	21.27	27.98	34.86

Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

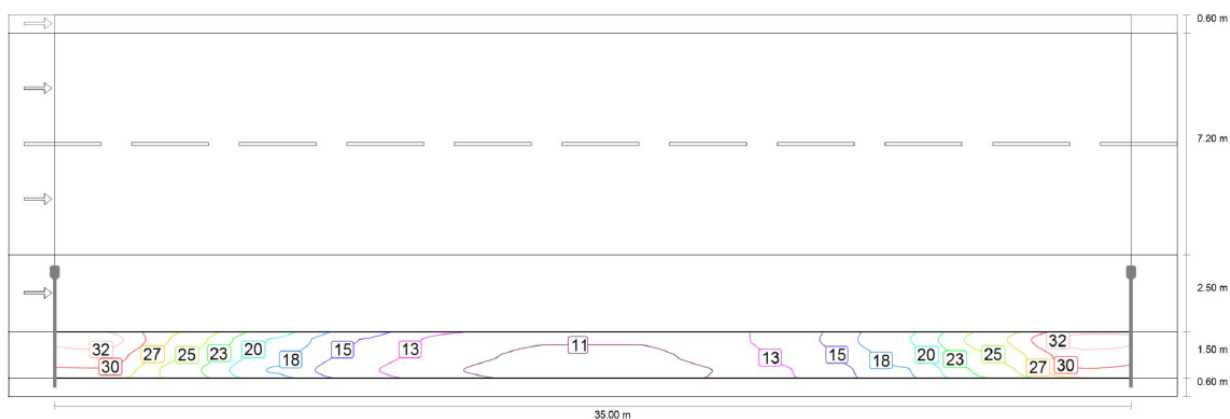
	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	22.6 lx	11.6 lx	39.2 lx	0.514	0.296

PASSEIO (P2)

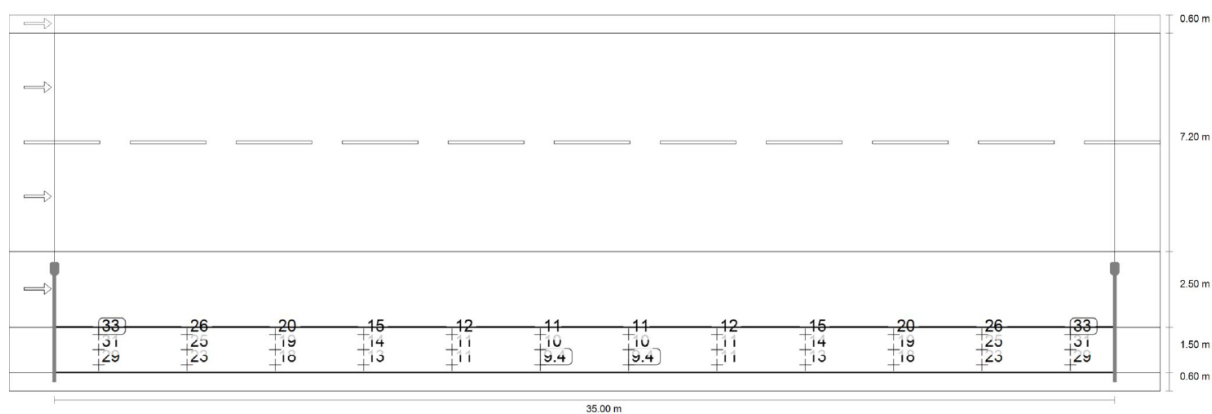
Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
PASSEIO (P2)	E_{min}	9.38 lx	≥ 2.00 lx	✓
	$E_m^{(1)}$	18.44 lx	-	-

(1) informativo, não faz parte da avaliação



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de valores)

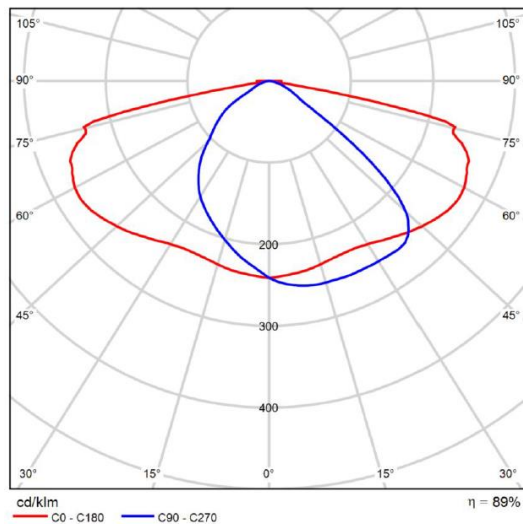
m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
1.850	33.25	26.40	19.90	15.24	12.19	10.71	10.71	12.19	15.24	19.90	26.40	33.25
1.350	31.19	24.84	18.65	14.33	11.44	10.05	10.05	11.44	14.33	18.65	24.84	31.19
0.850	29.35	23.37	17.52	13.36	10.68	9.38	9.38	10.68	13.36	17.52	23.37	29.35

Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

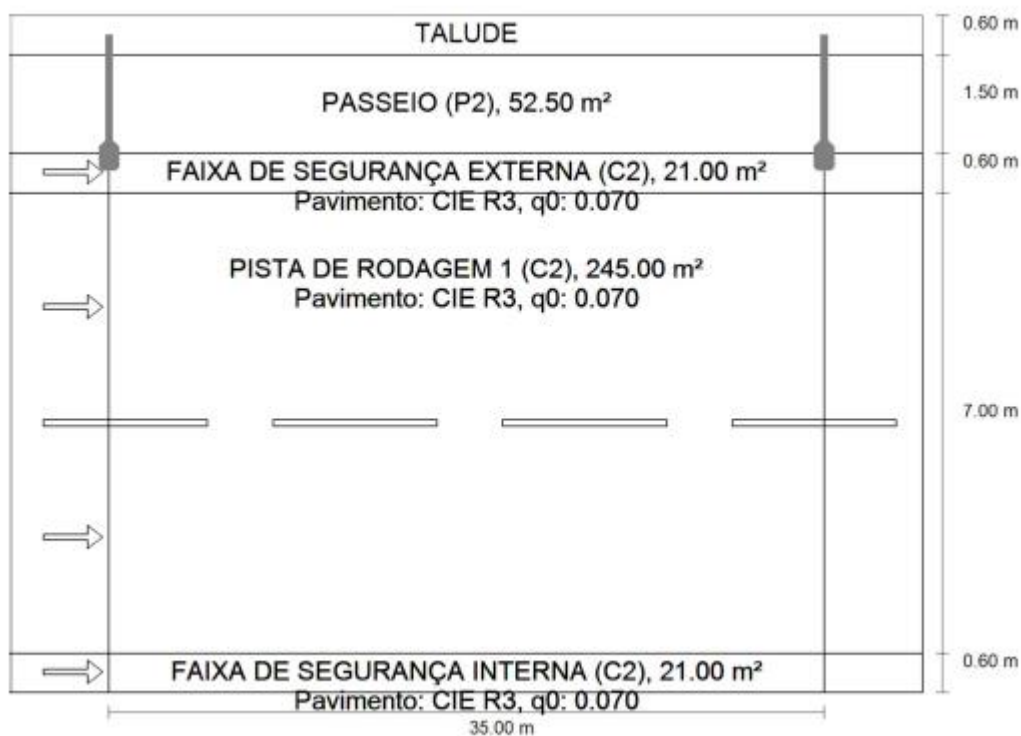
	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	18.4 lx	9.38 lx	33.2 lx	0.509	0.282

Ensaio de iluminação - PR-445 – trecho típico 2 – vias marginais / OAE'S

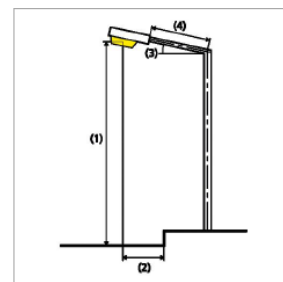
Luminária PHILIPS BGP293 T25 DM11 LED240/740 NO



CDL polar



Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	11.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	0.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	1.798 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 146.0 W
Consumo	4234.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidades luminosas máx. Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.	$\geq 70^\circ$: 622 cd/klm $\geq 80^\circ$: 204 cd/klm $\geq 90^\circ$: 1.05 cd/klm
Classe de potência luminosa Os valores de intensidade luminosa em [cd/klm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.	-
Classe de índice de encandeamento	D.6

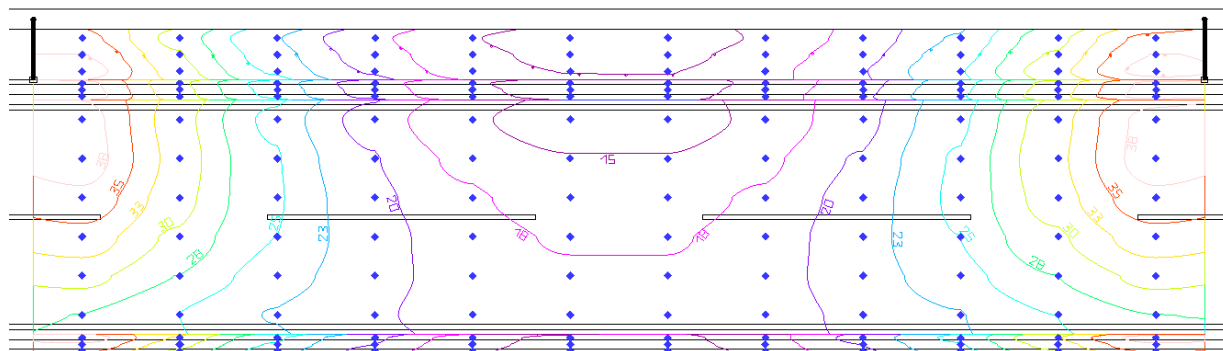


Resultados para os campos de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
PASSEIO (P2)	E_{min}	10.72 lx	≥ 2.00 lx	✓
	$E_m^{(1)}$	20.98 lx	-	-
FAIXA DE SEGURANÇA EXTERNA (C2)	E_m	22.69 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.55	≥ 0.40	✓
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)	E_m	23.99 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.58	≥ 0.40	✓
FAIXA DE SEGURANÇA INTERNA (C2)	E_m	21.11 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.85	≥ 0.40	✓

(1) informativo, não faz parte da avaliação

Foi calculado com uma valor de manutenção 0.80 para a instalação.



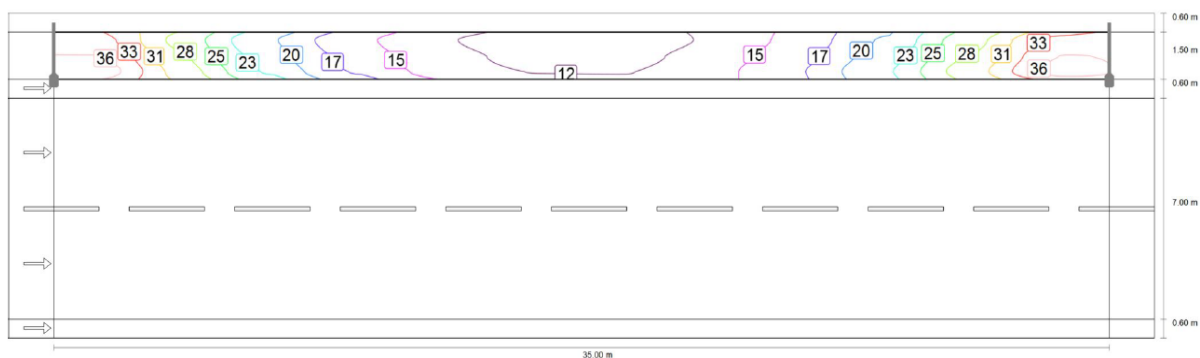
Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)

PASSEIO (P2)

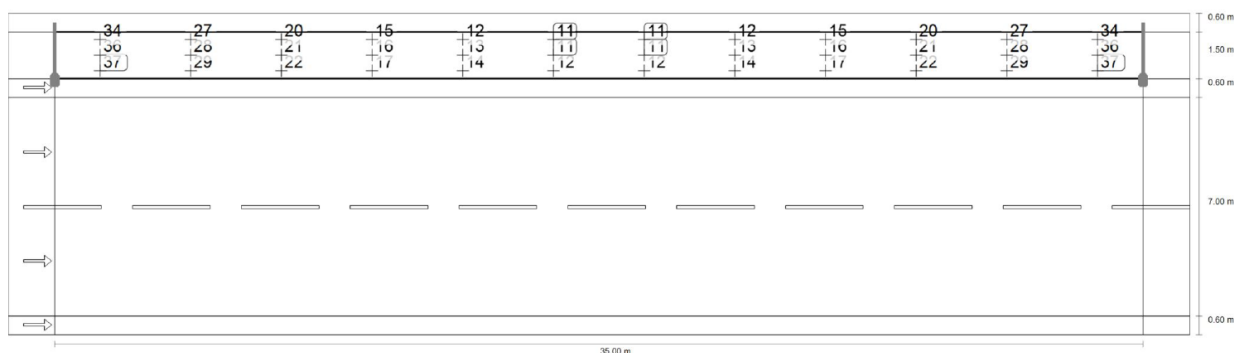
Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
PASSEIO (P2)	E_{min}	10.72 lx	≥ 2.00 lx	✓
	$E_m^{(1)}$	20.98 lx	-	-

(1) informativo, não faz parte da avaliação



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
9.450	34.24	27.03	20.25	15.42	12.24	10.72	10.72	12.24	15.42	20.25	27.03	34.24
8.950	35.91	28.27	21.30	16.29	12.97	11.34	11.34	12.97	16.29	21.30	28.27	35.91
8.450	37.14	29.47	22.32	17.11	13.66	11.98	11.98	13.66	17.11	22.32	29.47	37.14

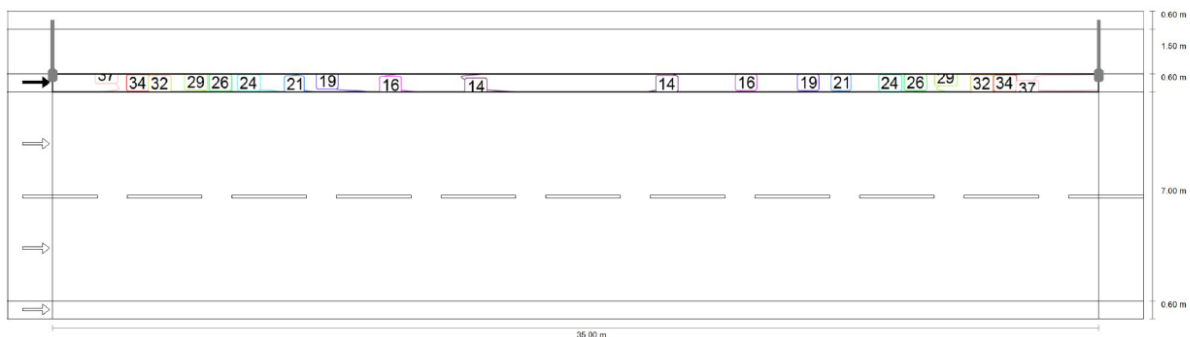
Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	21.0 lx	10.7 lx	37.1 lx	0.511	0.289

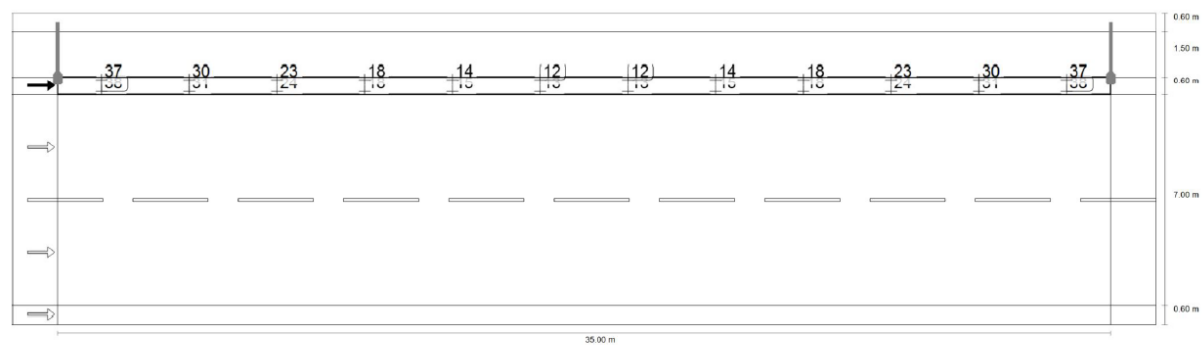
FAIXA DE SEGURANÇA EXTERNA (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
FAIXA DE SEGURANÇA EXTERNA (C2)	E_m	22.69 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.55	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
8.100	37.29	29.82	22.79	17.62	14.18	12.47	12.47	14.18	17.62	22.79	29.82	37.29
7.900	37.58	30.20	23.16	17.97	14.47	12.74	12.74	14.47	17.97	23.16	30.20	37.58
7.700	37.90	30.56	23.54	18.30	14.76	13.02	13.02	14.76	18.30	23.54	30.56	37.90

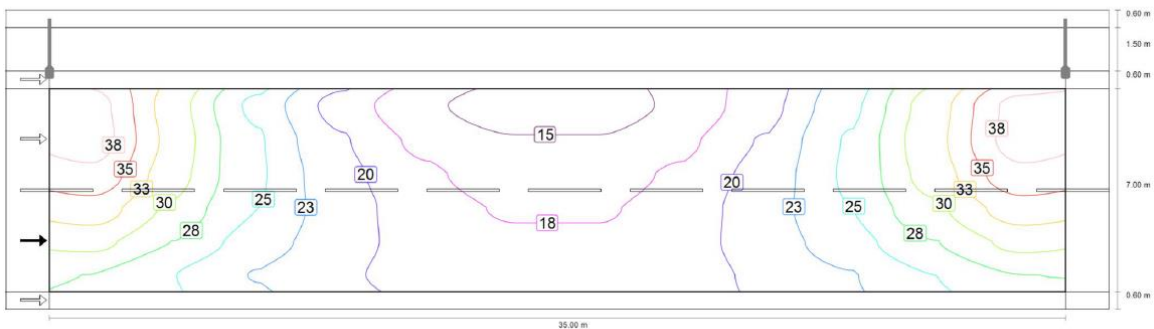
Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminação horizontal	22.7 lx	12.5 lx	37.9 lx	0.550	0.329

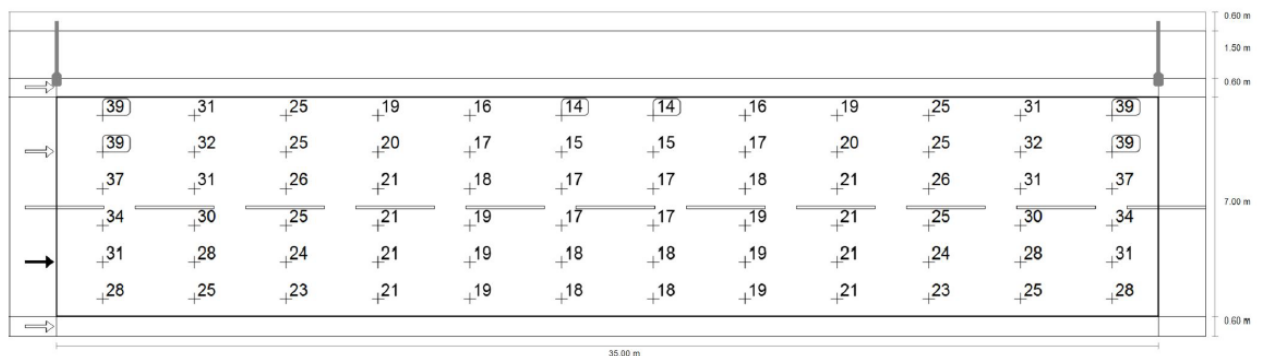
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)	E_m	23.99 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.58	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
7.017	38.65	31.49	24.57	19.27	15.71	13.95	13.95	15.71	19.27	24.57	31.49	38.65
5.850	38.93	31.92	25.44	20.42	17.09	15.41	15.41	17.09	20.42	25.44	31.92	38.93
4.683	36.85	31.30	25.57	21.12	18.12	16.60	16.60	18.12	21.12	25.57	31.30	36.85
3.517	33.97	29.66	25.18	21.48	18.81	17.47	17.47	18.81	21.48	25.18	29.66	33.97
2.350	30.90	27.65	24.09	21.27	19.16	18.05	18.05	19.16	21.27	24.09	27.65	30.90
1.183	27.66	25.21	22.57	20.67	19.06	18.22	18.22	19.06	20.67	22.57	25.21	27.66

Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	24.0 lx	14.0 lx	38.9 lx	0.582	0.358

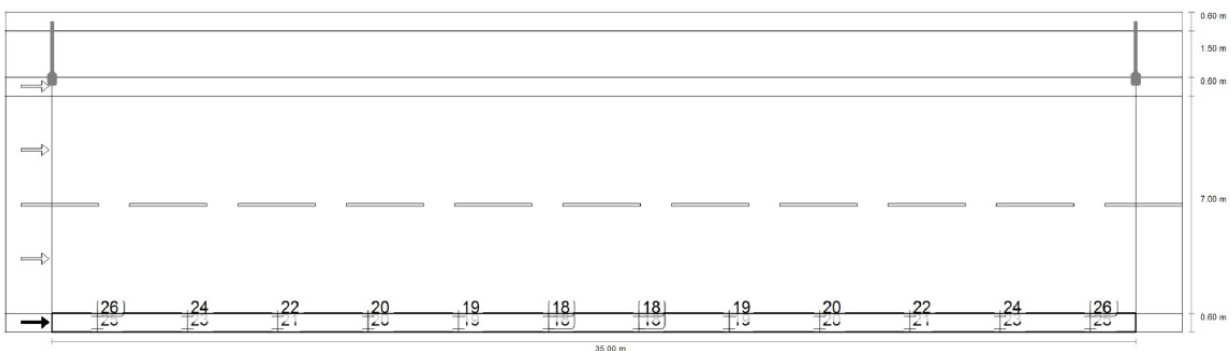
FAIXA DE SEGURANÇA INTERNA (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
FAIXA DE SEGURANÇA INTERNA (C2)	E_m	21.11 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.85	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de valores)

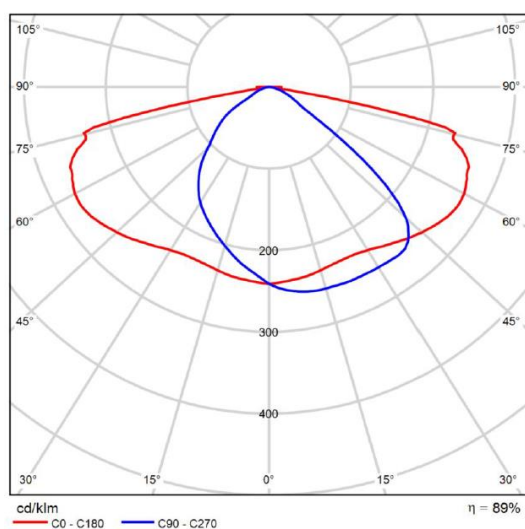
m	1.458	4.375	7.292	10.208	13.125	16.042	18.958	21.875	24.792	27.708	30.625	33.542
0.500	25.83	23.79	21.64	20.10	18.76	18.09	18.09	18.76	20.10	21.64	23.79	25.83
0.300	25.31	23.39	21.39	19.89	18.64	18.02	18.02	18.64	19.89	21.39	23.39	25.31
0.100	24.79	22.99	21.14	19.69	18.51	17.92	17.92	18.51	19.69	21.14	22.99	24.79

Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	21.1 lx	17.9 lx	25.8 lx	0.849	0.694

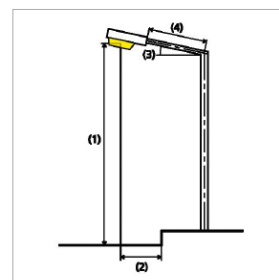
Ensaio de iluminação - PR-445 – Trecho típico 3 – acessos com Canteiro Central

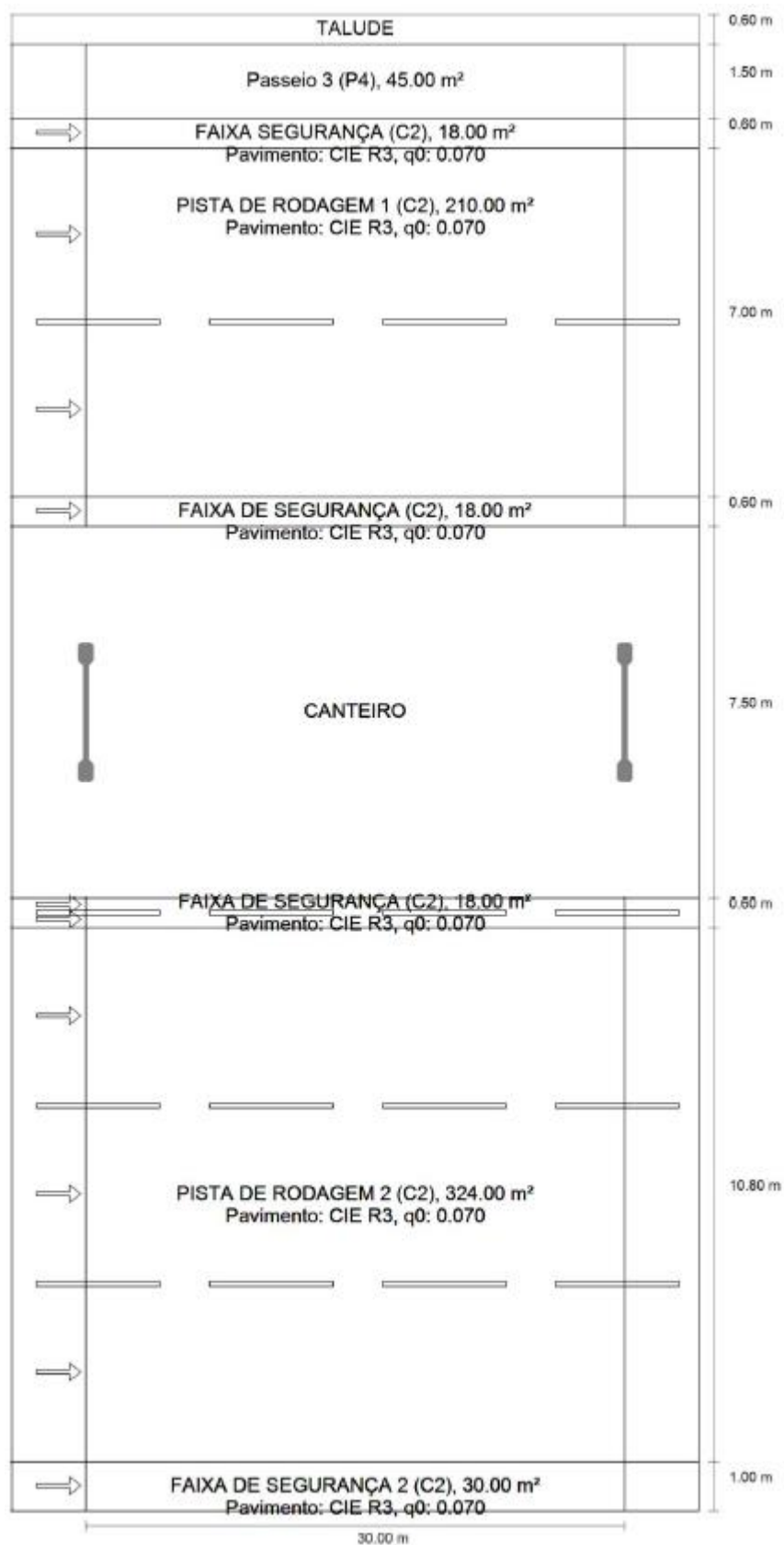
Luminária PHILIPS BGP293 T25 DM11 LED240/740 NO



CDL polar

Distância entre postes	30.000 m
(1) Altura de ponto de luz	11.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	-2.600 m
(3) Inclinação de braço extensor	15.0°
(4) Comprimento braço extensor	1.164 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 292.0 W
Consumo	9636.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidades luminosas máx. Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.	$\geq 70^\circ$: 621 cd/klm $\geq 80^\circ$: 452 cd/klm $\geq 90^\circ$: 13.2 cd/klm
Classe de potência luminosa Os valores de intensidade luminosa em [cd/klm] para o cálculo da classe de intensidade luminosa referem se ao fluxo luminoso das luminárias de acordo com EN 13201:2015.	-
Classe de índice de encandeamento	D.0



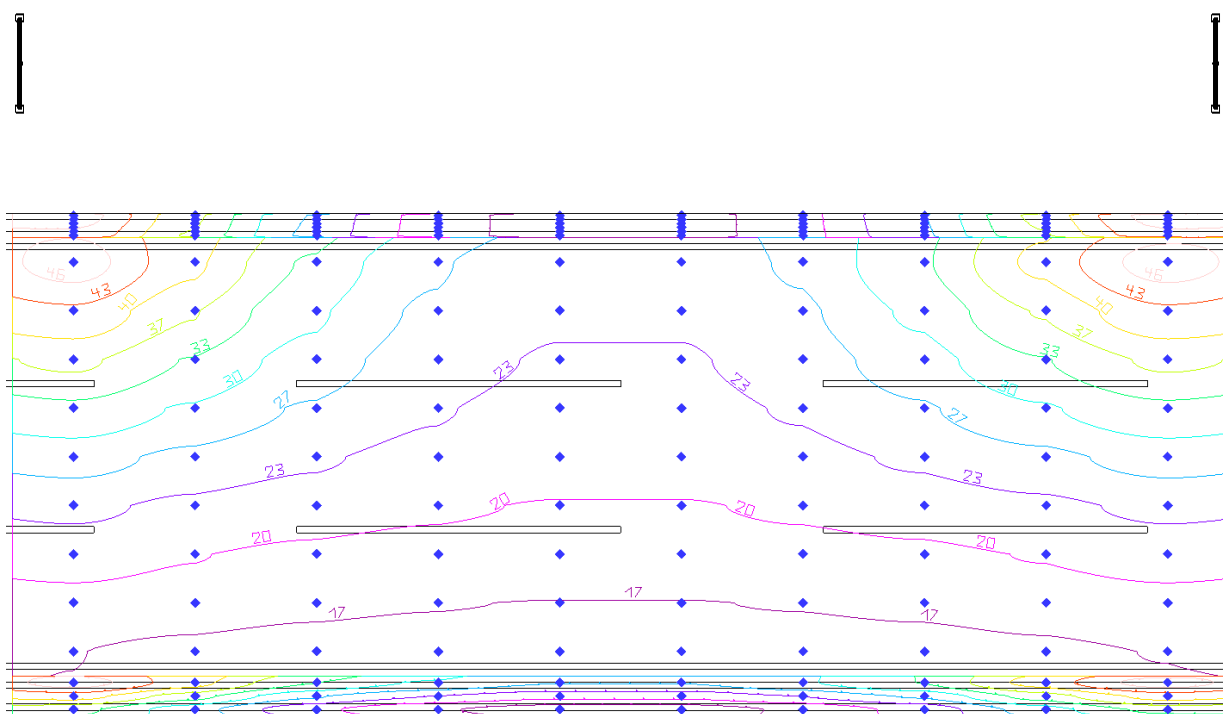
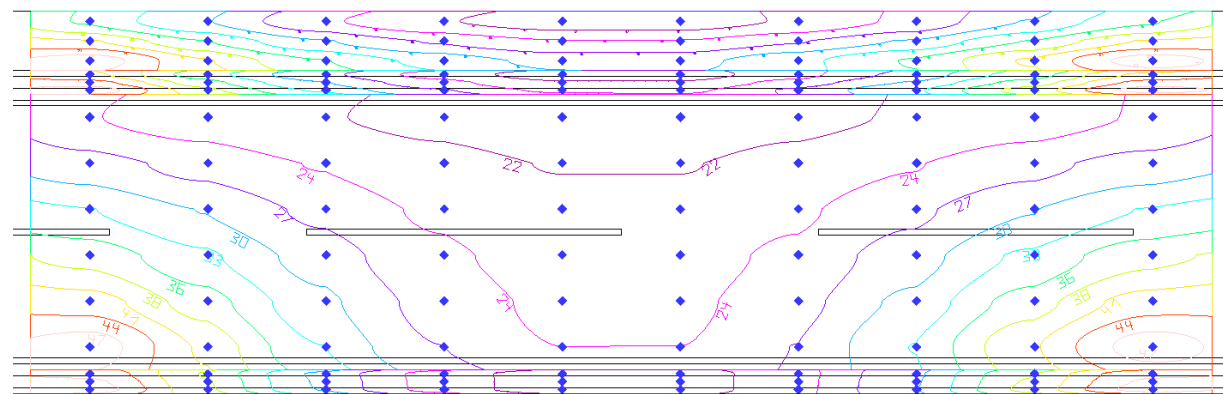


Resultados para os campos de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 3 (P4)	E_{min}	16.88 lx	≥ 1.00 lx	✓
	$E_m^{(1)}$	18.69 lx	-	-
FAIXA SEGURANÇA (C2)	E_m	20.46 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.92	≥ 0.40	✓
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)	E_m	28.33 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.71	≥ 0.40	✓
FAIXA DE SEGURANÇA (C2)	E_m	36.50 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.67	≥ 0.40	✓
FAIXA DE SEGURANÇA (C2)	E_m	36.50 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.67	≥ 0.40	✓
PISTA DE RODAGEM 2 (C2)	E_m	24.65 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.62	≥ 0.40	✓
FAIXA DE SEGURANÇA 2 (C2)	U_o	0.93	≥ 0.40	✓
	$E_m^{(1)}$	14.38 lx	-	-

(1) informativo, não faz parte da avaliação

Foi calculado com um valor de manutenção 0.80 para a instalação.



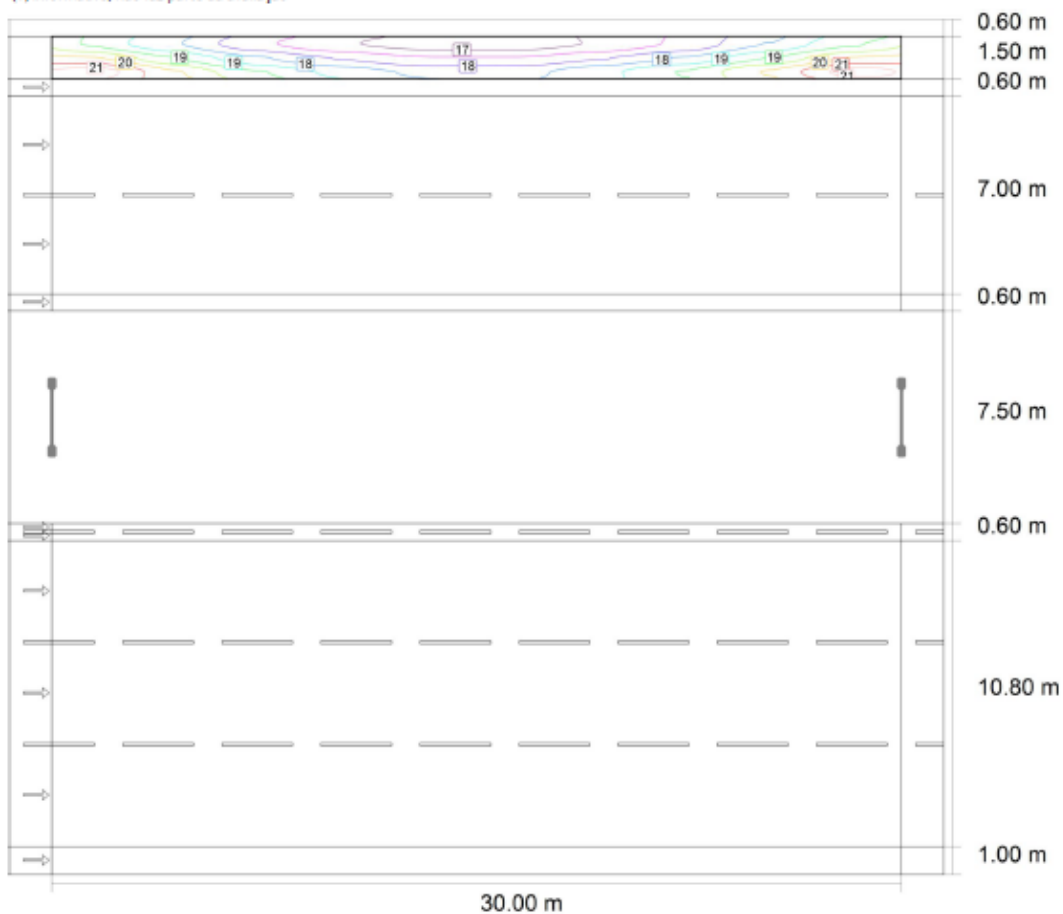
Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)

Passeio 3 (P4)

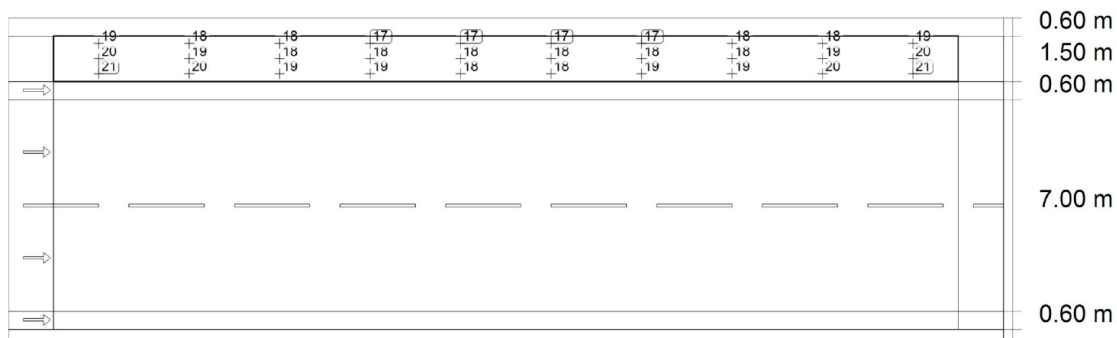
Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 3 (P4)	E_{min}	16.88 lx	≥ 1.00 lx	✓
	$E_m^{(1)}$	18.69 lx	-	-

(1) informativo, não faz parte da avaliação



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Grelha de Valores)

Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
29.350	19.21	18.43	17.63	17.15	16.88	16.88	17.15	17.63	18.43	19.21
28.850	20.18	19.28	18.45	17.92	17.57	17.57	17.92	18.45	19.28	20.18
28.350	21.21	20.17	19.29	18.69	18.27	18.27	18.69	19.29	20.17	21.21

Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	18.7 lx	16.9 lx	21.2 lx	0.903	0.796

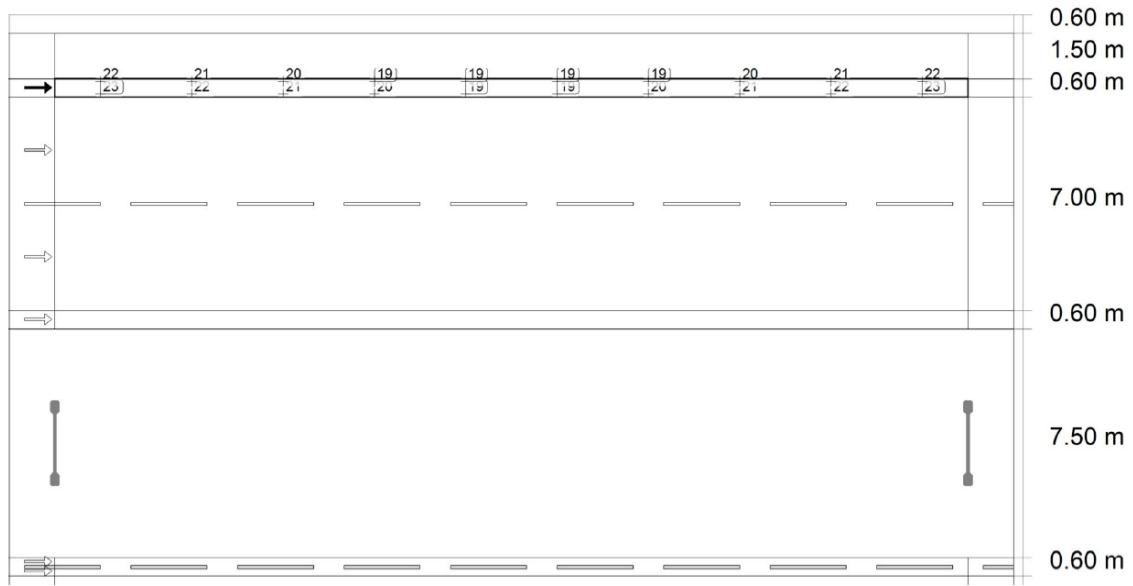
FAIXA SEGURANÇA (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
FAIXA SEGURANÇA (C2)	E_m	20.46 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.92	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
28.000	21.94	20.80	19.90	19.22	18.75	18.75	19.22	19.90	20.80	21.94
27.800	22.38	21.18	20.22	19.52	19.02	19.02	19.52	20.22	21.18	22.38
27.600	22.84	21.56	20.53	19.83	19.28	19.28	19.83	20.53	21.56	22.84

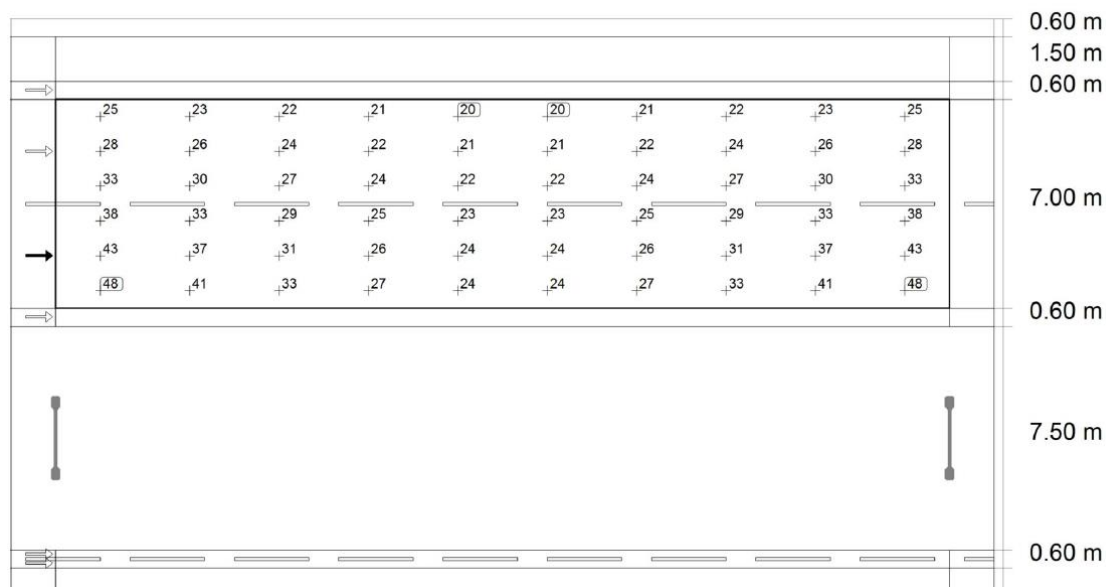
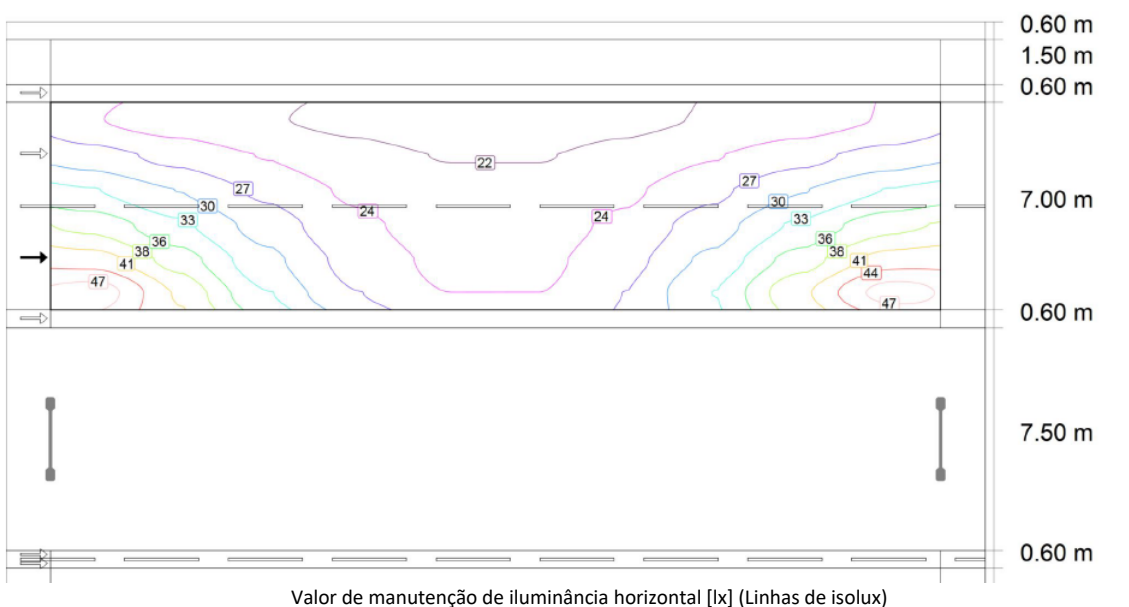
Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminação horizontal	20.5 lx	18.8 lx	22.8 lx	0.916	0.821

PISTA DE RODAGEM 1 (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
PISTA DE RODAGEM 1 (C2)	E_m	28.33 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.71	≥ 0.40	✓



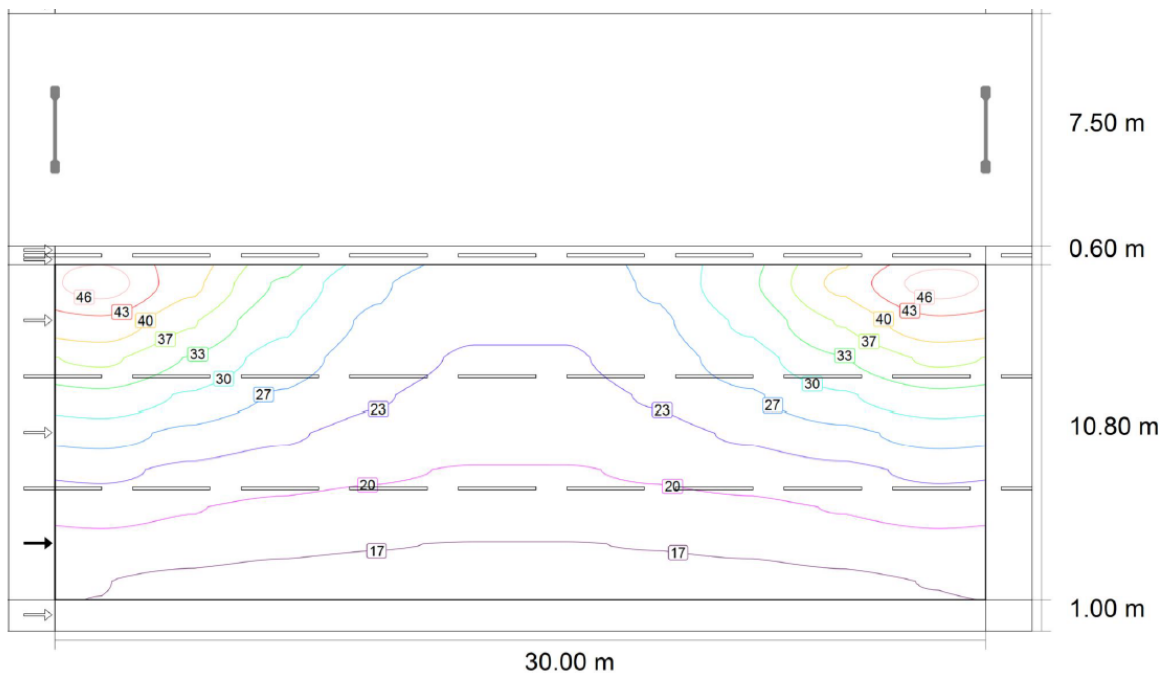
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
26.917	24.57	23.00	21.75	20.83	20.13	20.13	20.83	21.75	23.00	24.57
25.750	28.46	26.22	24.18	22.47	21.43	21.43	22.47	24.18	26.22	28.46
24.583	32.89	29.86	26.51	23.83	22.39	22.39	23.83	26.51	29.86	32.89
23.417	37.57	33.33	28.70	25.00	23.17	23.17	25.00	28.70	33.33	37.57
22.250	42.65	36.96	30.70	26.12	23.77	23.77	26.12	30.70	36.96	42.65
21.083	48.20	40.78	32.82	27.20	24.35	24.35	27.20	32.82	40.78	48.20

Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

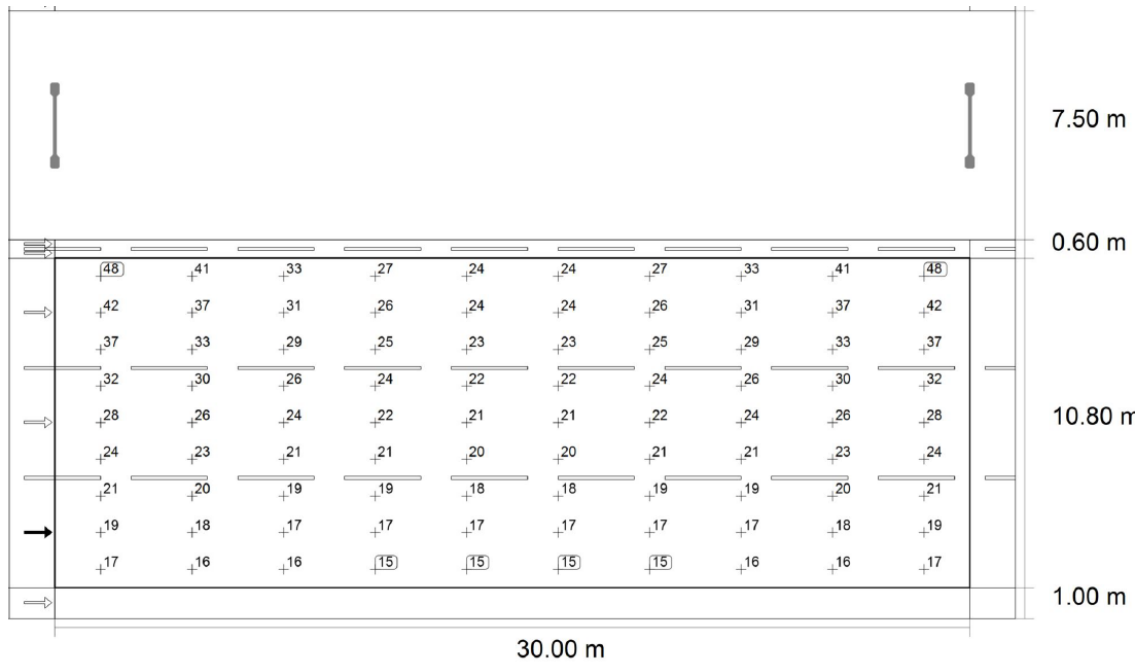
PISTA DE RODAGEM 2 (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
PISTA DE RODAGEM 2 (C2)	E_m	24.65 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o	0.62	≥ 0.40	✓



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
11.200	48.12	40.72	32.79	27.18	24.35	24.35	27.18	32.79	40.72	48.12
10.000	42.42	36.83	30.62	26.07	23.75	23.75	26.07	30.62	36.83	42.42
8.800	37.18	33.08	28.55	24.92	23.12	23.12	24.92	28.55	33.08	37.18
7.600	32.43	29.56	26.28	23.70	22.31	22.31	23.70	26.28	29.56	32.43
6.400	27.91	25.78	23.87	22.27	21.28	21.28	22.27	23.87	25.78	27.91
5.200	24.07	22.59	21.40	20.56	19.91	19.91	20.56	21.40	22.59	24.07
4.000	21.29	20.25	19.38	18.77	18.36	18.36	18.77	19.38	20.25	21.29
2.800	18.93	18.18	17.41	16.96	16.72	16.72	16.96	17.41	18.18	18.93
1.600	16.88	16.29	15.70	15.36	15.16	15.16	15.36	15.70	16.29	16.88

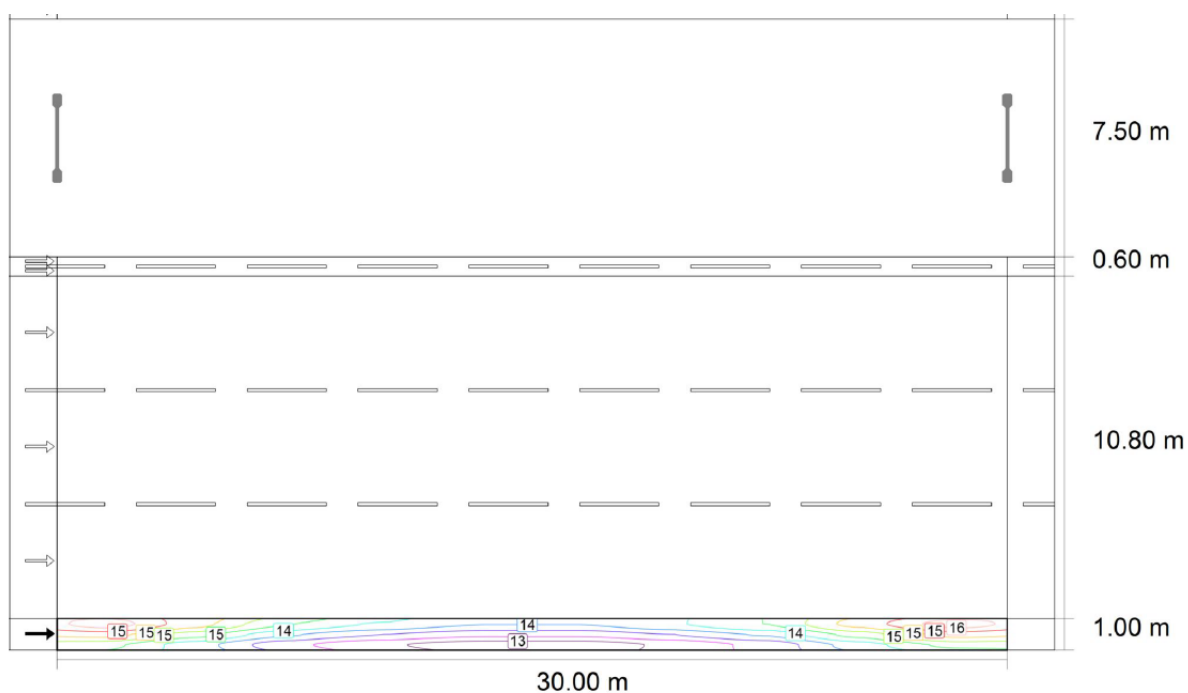
Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminância horizontal	24.7 lx	15.2 lx	48.1 lx	0.615	0.315

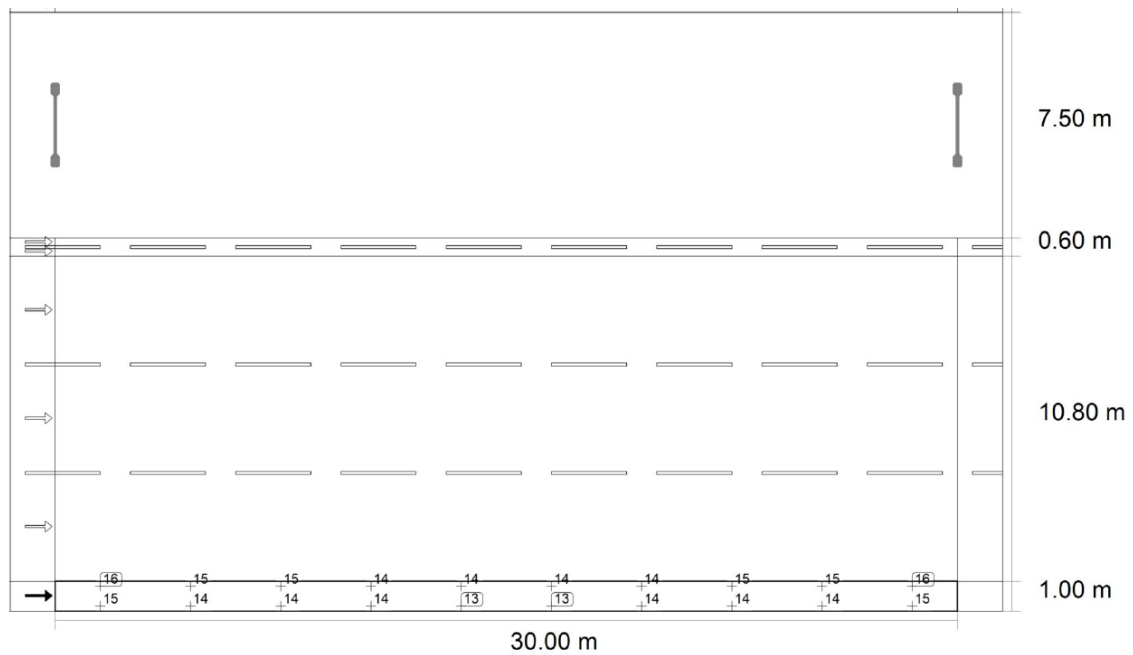
FAIXA DE SEGURANÇA 2 (C2)

Resultados para o campo de avaliação

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
FAIXA DE SEGURANÇA 2 (C2)	U_0	0.93	≥ 0.40	✓
	$E_m^{(1)}$	14.38 lx	-	-



Valor de manutenção de iluminância horizontal [lx] (Linhas de isolux)



Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Grelha de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
0.833	15.69	15.20	14.65	14.38	14.19	14.19	14.38	14.65	15.20	15.69
0.500	15.19	14.75	14.22	13.96	13.78	13.78	13.96	14.22	14.75	15.19
0.167	14.72	14.30	13.80	13.53	13.38	13.38	13.53	13.80	14.30	14.72

Valor de manutenção de iluminação horizontal [lx] (Tabela de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de manutenção de iluminação horizontal	14.4 lx	13.4 lx	15.7 lx	0.930	0.853

4.9.6 Dimensionamento dos Condutores de Distribuição

A metodologia utilizada para o dimensionamento dos cabos e disjuntores obedeceu aos seguintes critérios:

Os disjuntores foram especificados em função das correntes nominais de linha, considerando para os cálculos as cargas instaladas em potência aparente (VA). Para a definição da corrente de proteção dos disjuntores, se adotou a corrente de atuação do dispositivo igual ou superior à corrente de projeto do circuito, porém, inferior à capacidade de condução de corrente dos cabos de alimentação.

Para o dimensionamento dos cabos, conforme NBR 5410, item 6.2, uma vez encontrada a corrente de projeto do circuito (IB) que se trata do valor eficaz em corrente alternada que percorrerá o condutor em serviço normal, foram aplicados os fatores correspondentes ao tipo de material e a maneira como o condutor será instalado, e assim, se define a corrente fictícia de projeto (IB').

A partir das correntes fictícias de projeto (IB') foram calculadas as bitolas dos condutores elétricos (o dimensionamento foi determinado em atendimento ao item 6.2.6.1.2 da NBR 5410).

Coordenação entre cabos e disjuntores (Conforme NBR 5410, item 5.3.4.1) respeitou-se a seguinte condição:

$$IB \leq I_n \leq I_z$$

Onde:

IB = corrente de projeto do circuito;

I_n = corrente nominal do disjuntor e;

I_z = capacidade de condução de corrente dos condutores nas condições de instalação.

4.9.6.1 Determinação das quedas de tensão

Para a determinação da queda de tensão nos circuitos, realizamos os cálculos trecho-a-trecho, verificando toda a extensão do trecho iluminado.

Abaixo, segue o roteiro e as informações utilizadas no dimensionamento dos condutores, respeitando-se o critério do limite de queda de tensão admissível.

Classe do condutor – 0,6/1kV;

Método de instalação – Ao ar livre (condutor de alumínio); (F)

Tipo do circuito - Trifásico;

Temperatura ambiente – 30°;

Corrente de projeto (IB) e potência (S);

ΔV_{unit} . (Tabela 1 – Queda de Tensão) – Método “b” de Instalação, para FP 0,95;

Queda de tensão total;

Escolha do condutor;

Fórmulas utilizadas nos cálculos:

$$In = \frac{P_{total}}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos}$$

$$\Delta V_{unit} = \frac{e\% \cdot V \text{ (em V/A * Km)}}{In \cdot L}$$

$$\Delta e_{trecho} = \frac{\Delta V_{unit} \cdot In \cdot L \cdot 100 \text{ (em \%)}}{V}$$

Tabela 5 - Queda de tensão em v/a.km (condutores de alumínio)

Formação seção nominal (mm ²)	Condutor fase				Queda de tensão			
	Nº de fios	Diâmetro Condutor (mm)	Resistência elétrica CC (Ohm/km)	Espessura Isolação (mm)	Fator de potência 0,80		Fator de potência 0,95	
					PE V/A.km	XLPE V/A.km	PE V/A.km	XLPE V/A.km
1 x 10 + 10	1	3,57	3,020	1,2	5,94	6,33	6,96	7,43
2 x 10 + 10	1	3,57	3,020	1,2	5,14	5,48	6,03	6,43
3 x 10 + 10	1	3,57	3,020	1,2	5,14	5,48	6,03	6,43
1 x 10 + 10	7	4,05	3,080	1,2	6,05	6,45	7,10	7,57
2 x 10 + 10	7	4,05	3,080	1,2	5,24	5,58	6,15	6,56
3 x 10 + 10	7	4,05	3,080	1,2	5,24	5,58	6,15	6,56
1 x 16 + 16	7	4,70	1,910	1,2	3,80	4,04	4,43	4,72
2 x 16 + 16	7	4,70	1,910	1,2	3,29	3,50	3,83	4,09
3 x 16 + 16	7	4,70	1,910	1,2	3,29	3,50	3,83	4,09
2 x 25 + 25	7	5,92	1,200	1,4	2,10	2,24	2,43	2,59
3 x 25 + 25	7	5,92	1,200	1,4	2,10	2,24	2,43	2,59
3 x 35 + 35	7	6,97	0,868	1,6	1,55	1,65	1,77	1,89
3 x 50 + 50	7	8,20	0,641	1,8	1,17	1,24	1,32	1,41
3 x 70 + 70	19	9,75	0,443	1,8	0,84	0,89	0,93	0,99
3 x 120 + 70	19	12,8	0,253	2,0	0,52	0,55	0,55	0,58

Tabela 6 – Legenda do método de instalação de cabos em condutos

LEGENDA - Método de Instalação	
1	Instalação ao ar livre, circuito monofásico, cabo unipolar e distanciamento entre cabos de 10cm
2	Instalação ao ar livre, circuito monofásico, cabo unipolar e distanciamento entre cabos de 20cm
3	Instalação ao ar livre, circuito monofásico, cabo unipolar e distanciamento entre cabos de 2xØ
4	Instalação ao ar livre, circuito trifásico, cabo unipolar e distanciamento entre cabos de 10cm
5	Instalação ao ar livre, circuito trifásico, cabo unipolar e distanciamento entre cabos de 20cm
6	Instalação ao ar livre, circuito trifásico, cabo unipolar e distanciamento entre cabos de 2xØ
7	Instalação em eletroduto plástico enterrado, circuito trifásico e cabo unipolar
8	Instalação em eletroduto plástico enterrado, circuito monofásico e cabo uni ou bipolar
9	Instalação ao ar livre, circuito trifásico em cabo multiplex tri ou tetrapolar

Tabela 7 – Tabela de cálculo para entrada de energia E1

QUEDA DE TENSÃO POR TRECHO - ENTRADA DE ENERGIA E1													
POSTE	Potência (W)	Corrente Nominal (A)	Potência Acumulada (W)	Corrente Nominal Acumulada (A)	Tensão (V)	Fator de Potência	Método de instalação	Distância (km)	Distância Acumulada (km)	Seção do Condutor (mm²)	Δe (V/A.km)	Δe (trecho) (%)	Δe (acumulado) (%)
1	146	0,66	146	0,66	220	0,95	9	0,035	0,035	16	4,09	0,04	0,04
2	146	0,66	292	0,77	220	0,95	9	0,035	0,07	16	4,09	0,02	0,07
3	146	0,66	438	1,15	220	0,95	9	0,035	0,105	16	4,09	0,02	0,09
4	146	0,66	584	1,53	220	0,95	9	0,035	0,14	16	4,09	0,02	0,12
5	146	0,66	730	1,92	220	0,95	9	0,035	0,175	16	4,09	0,02	0,14
6	146	0,66	876	2,30	220	0,95	9	0,035	0,21	16	4,09	0,02	0,17
7	146	0,66	1022	2,68	220	0,95	9	0,025	0,235	16	4,09	0,02	0,19
8	146	0,66	1168	3,07	220	0,95	9	0,035	0,27	16	4,09	0,02	0,21
9	146	0,66	1314	3,45	220	0,95	9	0,035	0,305	16	4,09	0,02	0,24
10	146	0,66	1460	3,83	220	0,95	9	0,035	0,34	16	4,09	0,02	0,26
11	146	0,66	1606	4,21	220	0,95	9	0,035	0,375	16	4,09	0,02	0,29
12	146	0,66	1752	4,60	220	0,95	9	0,035	0,41	16	4,09	0,02	0,31
13	146	0,66	1898	4,98	220	0,95	9	0,025	0,435	16	4,09	0,02	0,33
14	146	0,66	2044	5,36	220	0,95	9	0,032	0,467	16	4,09	0,02	0,35
15	146	0,66	2190	5,75	220	0,95	9	0,025	0,492	16	4,09	0,02	0,37
16	146	0,66	2336	6,13	220	0,95	9	0,024	0,516	16	4,09	0,02	0,39
17	146	0,66	2482	6,51	220	0,95	9	0,041	0,557	16	4,09	0,03	0,42
18	146	0,66	2628	6,90	220	0,95	9	0,024	0,581	16	4,09	0,02	0,43
19	146	0,66	2774	7,28	220	0,95	9	0,018	0,599	16	4,09	0,01	0,45
20	146	0,66	2920	7,66	220	0,95	9	0,019	0,618	16	4,09	0,01	0,46
21	146	0,66	3066	8,05	220	0,95	9	0,024	0,642	16	4,09	0,02	0,48
22	146	0,66	3212	8,43	220	0,95	9	0,025	0,667	16	4,09	0,02	0,49
23	146	0,66	3358	8,81	220	0,95	9	0,035	0,702	16	4,09	0,02	0,52
24	146	0,66	3504	9,20	220	0,95	9	0,035	0,737	16	4,09	0,02	0,54
25	146	0,66	3650	9,58	220	0,95	9	0,035	0,772	16	4,09	0,02	0,57
26	146	0,66	3796	9,96	220	0,95	9	0,035	0,807	16	4,09	0,02	0,59
27	146	0,66	3942	10,35	220	0,95	9	0,035	0,842	16	4,09	0,02	0,62
28	146	0,66	4088	10,73	220	0,95	9	0,035	0,877	16	4,09	0,02	0,64
29	146	0,66	4234	11,11	220	0,95	9	0,035	0,912	16	4,09	0,02	0,67
30	146	0,66	4380	11,49	220	0,95	9	0,035	0,947	16	4,09	0,02	0,69
31	146	0,66	4526	11,88	220	0,95	9	0,035	0,982	16	4,09	0,02	0,72
32	146	0,66	4672	12,26	220	0,95	9	0,035	1,017	16	4,09	0,02	0,74
33	146	0,66	4818	12,64	220	0,95	9	0,035	1,052	16	4,09	0,02	0,77
34	146	0,66	4964	13,03	220	0,95	9	0,035	1,087	16	4,09	0,02	0,79
35	146	0,66	5110	13,41	220	0,95	9	0,035	1,122	16	4,09	0,02	0,82
QUEDA DE TENSÃO TOTAL ACUMULADA PARA O CIRCUITO													0,82

Tabela 8 – Tabela de cálculo para entrada de energia E2

QUEDA DE TENSÃO POR TRECHO - ENTRADA DE ENERGIA E2													
POSTE	Potência (W)	Corrente Nominal (A)	Potência Acumulada (W)	Corrente Nominal Acumulada (A)	Tensão (V)	Fator de Potência	Método de instalação	Distância (km)	Distância Acumulada (km)	Seção do Condutor (mm²)	Δe (V/A.km)	Δe (trecho) (%)	Δe (acumulado) (%)
36	146	0,66	146	0,66	220	0,95	9	0,03	0,03	16	4,09	0,04	0,04
37	146	0,66	292	0,77	220	0,95	9	0,03	0,06	16	4,09	0,02	0,06
38	146	0,66	438	1,15	220	0,95	9	0,03	0,09	16	4,09	0,02	0,08
39	146	0,66	584	1,53	220	0,95	9	0,03	0,12	16	4,09	0,02	0,10
40	146	0,66	730	1,92	220	0,95	9	0,03	0,15	16	4,09	0,02	0,12
41	146	0,66	876	2,30	220	0,95	9	0,03	0,18	16	4,09	0,02	0,14
42	146	0,66	1022	2,68	220	0,95	9	0,03	0,21	16	4,09	0,02	0,17
43	146	0,66	1168	3,07	220	0,95	9	0,03	0,24	16	4,09	0,02	0,19
44	146	0,66	1314	3,45	220	0,95	9	0,03	0,27	16	4,09	0,02	0,21
45	146	0,66	1460	3,83	220	0,95	9	0,03	0,3	16	4,09	0,02	0,23
46	146	0,66	1606	4,21	220	0,95	9	0,019	0,319	16	4,09	0,01	0,24
47	146	0,66	1752	4,60	220	0,95	9	0,02	0,339	16	4,09	0,01	0,26
48	146	0,66	1898	4,98	220	0,95	9	0,035	0,374	16	4,09	0,02	0,28
49	146	0,66	2044	5,36	220	0,95	9	0,035	0,409	16	4,09	0,02	0,31
50	146	0,66	2190	5,75	220	0,95	9	0,035	0,444	16	4,09	0,02	0,33
51	146	0,66	2336	6,13	220	0,95	9	0,035	0,479	16	4,09	0,02	0,36
52	146	0,66	2482	6,51	220	0,95	9	0,035	0,514	16	4,09	0,02	0,38
53	146	0,66	2628	6,90	220	0,95	9	0,035	0,549	16	4,09	0,02	0,41
54	146	0,66	2774	7,28	220	0,95	9	0,035	0,584	16	4,09	0,02	0,43
55	146	0,66	2920	7,66	220	0,95	9	0,035	0,619	16	4,09	0,02	0,46
56	146	0,66	3066	8,05	220	0,95	9	0,035	0,654	16	4,09	0,02	0,48
57	146	0,66	3212	8,43	220	0,95	9	0,035	0,689	16	4,09	0,02	0,51
58	146	0,66	3358	8,81	220	0,95	9	0,035	0,724	16	4,09	0,02	0,53
59	146	0,66	3504	9,20	220	0,95	9	0,035	0,759	16	4,09	0,02	0,56
60	146	0,66	3650	9,58	220	0,95	9	0,035	0,794	16	4,09	0,02	0,58
61	146	0,66	3796	9,96	220	0,95	9	0,035	0,829	16	4,09	0,02	0,61
62	146	0,66	3942	10,35	220	0,95	9	0,035	0,864	16	4,09	0,02	0,63
63	146	0,66	4088	10,73	220	0,95	9	0,035	0,899	16	4,09	0,02	0,66
64	146	0,66	4234	11,11	220	0,95	9	0,035	0,934	16	4,09	0,02	0,68
65	146	0,66	4380	11,49	220	0,95	9	0,035	0,969	16	4,09	0,02	0,71
66	146	0,66	4526	11,88	220	0,95	9	0,035	1,004	16	4,09	0,02	0,73
67	146	0,66	4672	12,26	220	0,95	9	0,035	1,039	16	4,09	0,02	0,76
68	146	0,66	4818	12,64	220	0,95	9	0,035	1,074	16	4,09	0,02	0,78
69	146	0,66	4964	13,03	220	0,95	9	0,035	1,109	16	4,09	0,02	0,81
70	146	0,66	5110	13,41	220	0,95	9	0,035	1,144	16	4,09	0,02	0,83
71	146	0,66	5256	13,79	220	0,95	9	0,035	1,179	16	4,09	0,02	0,86
72	146	0,66	5402	14,18	220	0,95	9	0,035	1,214	16	4,09	0,02	0,88
73	146	0,66	5548	14,56	220	0,95	9	0,035	1,249	16	4,09	0,02	0,91
74	146	0,66	5694	14,94	220	0,95	9	0,035	1,284	16	4,09	0,02	0,93
75	146	0,66	5840	15,33	220	0,95	9	0,035	1,319	16	4,09	0,02	0,96
76	146	0,66	5986	15,71	220	0,95	9	0,035	1,354	16	4,09	0,02	0,98
77	146	0,66	6132	16,09	220	0,95	9	0,035	1,389	16	4,09	0,02	1,01
78	146	0,66	6278	16,48	220	0,95	9	0,035	1,424	16	4,09	0,02	1,03
QUEDA DE TENSÃO TOTAL ACUMULADA PARA O CIRCUITO													1,03

Tabela 9 – Tabela de cálculo para entrada de energia E3

QUEDA DE TENSÃO POR TRECHO - ENTRADA DE ENERGIA E3													
POSTE	Potência (W)	Corrente Nominal (A)	Potência Acumulada (W)	Corrente Nominal Acumulada (A)	Tensão (V)	Fator de Potência	Método de instalação	Distância (km)	Distância Acumulada (km)	Seção do Condutor (mm²)	Δe (V/A.km)	Δe (trecho) (%)	Δe (acumulado) (%)
79	146	0,66	146	0,66	220	0,95	9	0,035	0,035	16	4,09	0,04	0,04
80	146	0,66	292	0,77	220	0,95	9	0,035	0,07	16	4,09	0,02	0,07
81	146	0,66	438	1,15	220	0,95	9	0,035	0,105	16	4,09	0,02	0,09
82	146	0,66	584	1,53	220	0,95	9	0,035	0,14	16	4,09	0,02	0,12
83	146	0,66	730	1,92	220	0,95	9	0,035	0,175	16	4,09	0,02	0,14
84	146	0,66	876	2,30	220	0,95	9	0,035	0,21	16	4,09	0,02	0,17
85	146	0,66	1022	2,68	220	0,95	9	0,025	0,235	16	4,09	0,02	0,19
86	146	0,66	1168	3,07	220	0,95	9	0,035	0,27	16	4,09	0,02	0,21
87	146	0,66	1314	3,45	220	0,95	9	0,035	0,305	16	4,09	0,02	0,24
88	146	0,66	1460	3,83	220	0,95	9	0,035	0,34	16	4,09	0,02	0,26
89	146	0,66	1606	4,21	220	0,95	9	0,035	0,375	16	4,09	0,02	0,29
90	146	0,66	1752	4,60	220	0,95	9	0,035	0,41	16	4,09	0,02	0,31
91	146	0,66	1898	4,98	220	0,95	9	0,025	0,435	16	4,09	0,02	0,33
92	146	0,66	2044	5,36	220	0,95	9	0,032	0,467	16	4,09	0,02	0,35
93	146	0,66	2190	5,75	220	0,95	9	0,025	0,492	16	4,09	0,02	0,37
94	146	0,66	2336	6,13	220	0,95	9	0,024	0,516	16	4,09	0,02	0,39
95	146	0,66	2482	6,51	220	0,95	9	0,041	0,557	16	4,09	0,03	0,42
96	146	0,66	2628	6,90	220	0,95	9	0,024	0,581	16	4,09	0,02	0,43
97	146	0,66	2774	7,28	220	0,95	9	0,018	0,599	16	4,09	0,01	0,45
98	146	0,66	2920	7,66	220	0,95	9	0,019	0,618	16	4,09	0,01	0,46
99	146	0,66	3066	8,05	220	0,95	9	0,024	0,642	16	4,09	0,02	0,48
100	146	0,66	3212	8,43	220	0,95	9	0,025	0,667	16	4,09	0,02	0,49
101	146	0,66	3358	8,81	220	0,95	9	0,035	0,702	16	4,09	0,02	0,52
102	146	0,66	3504	9,20	220	0,95	9	0,035	0,737	16	4,09	0,02	0,54
103	146	0,66	3650	9,58	220	0,95	9	0,035	0,772	16	4,09	0,02	0,57
104	146	0,66	3796	9,96	220	0,95	9	0,035	0,807	16	4,09	0,02	0,59
105	146	0,66	3942	10,35	220	0,95	9	0,035	0,842	16	4,09	0,02	0,62
106	146	0,66	4088	10,73	220	0,95	9	0,035	0,877	16	4,09	0,02	0,64
107	146	0,66	4234	11,11	220	0,95	9	0,035	0,912	16	4,09	0,02	0,67
108	146	0,66	4380	11,49	220	0,95	9	0,035	0,947	16	4,09	0,02	0,69
109	146	0,66	4526	11,88	220	0,95	9	0,035	0,982	16	4,09	0,02	0,72
110	146	0,66	4672	12,26	220	0,95	9	0,035	1,017	16	4,09	0,02	0,74
111	146	0,66	4818	12,64	220	0,95	9	0,035	1,052	16	4,09	0,02	0,77
112	146	0,66	4964	13,03	220	0,95	9	0,035	1,087	16	4,09	0,02	0,79
QUEDA DE TENSÃO TOTAL ACUMULADA PARA O CIRCUITO													0,79

Tabela 10 – Tabela de cálculo para entrada de energia E4

QUEDA DE TENSÃO POR TRECHO - ENTRADA DE ENERGIA E4													
POSTE	Potência (W)	Corrente Nominal (A)	Potência Acumulada (W)	Corrente Nominal Acumulada (A)	Tensão (V)	Fator de Potência	Método de instalação	Distância (km)	Distância Acumulada (km)	Seção do Condutor (mm²)	Δe (V/A.km)	Δe (trecho) (%)	Δe (acumulado) (%)
113	146	0,66	146	0,66	220	0,95	9	0,035	0,035	16	4,09	0,04	0,04
114	146	0,66	292	0,77	220	0,95	9	0,035	0,07	16	4,09	0,02	0,07
115	146	0,66	438	1,15	220	0,95	9	0,035	0,105	16	4,09	0,02	0,09
116	146	0,66	584	1,53	220	0,95	9	0,035	0,14	16	4,09	0,02	0,12
117	146	0,66	730	1,92	220	0,95	9	0,035	0,175	16	4,09	0,02	0,14
118	146	0,66	876	2,30	220	0,95	9	0,035	0,21	16	4,09	0,02	0,17
119	146	0,66	1022	2,68	220	0,95	9	0,025	0,235	16	4,09	0,02	0,19
120	146	0,66	1168	3,07	220	0,95	9	0,035	0,27	16	4,09	0,02	0,21
121	146	0,66	1314	3,45	220	0,95	9	0,035	0,305	16	4,09	0,02	0,24
122	146	0,66	1460	3,83	220	0,95	9	0,035	0,34	16	4,09	0,02	0,26
123	146	0,66	1606	4,21	220	0,95	9	0,035	0,375	16	4,09	0,02	0,29
124	146	0,66	1752	4,60	220	0,95	9	0,035	0,41	16	4,09	0,02	0,31
125	146	0,66	1898	4,98	220	0,95	9	0,025	0,435	16	4,09	0,02	0,33
126	146	0,66	2044	5,36	220	0,95	9	0,032	0,467	16	4,09	0,02	0,35
127	146	0,66	2190	5,75	220	0,95	9	0,025	0,492	16	4,09	0,02	0,37
128	146	0,66	2336	6,13	220	0,95	9	0,024	0,516	16	4,09	0,02	0,39
129	146	0,66	2482	6,51	220	0,95	9	0,041	0,557	16	4,09	0,03	0,42
130	146	0,66	2628	6,90	220	0,95	9	0,024	0,581	16	4,09	0,02	0,43
131	146	0,66	2774	7,28	220	0,95	9	0,018	0,599	16	4,09	0,01	0,45
132	146	0,66	2920	7,66	220	0,95	9	0,019	0,618	16	4,09	0,01	0,46
133	146	0,66	3066	8,05	220	0,95	9	0,024	0,642	16	4,09	0,02	0,48
134	146	0,66	3212	8,43	220	0,95	9	0,025	0,667	16	4,09	0,02	0,49
135	146	0,66	3358	8,81	220	0,95	9	0,035	0,702	16	4,09	0,02	0,52
136	146	0,66	3504	9,20	220	0,95	9	0,035	0,737	16	4,09	0,02	0,54
137	146	0,66	3650	9,58	220	0,95	9	0,035	0,772	16	4,09	0,02	0,57
138	146	0,66	3796	9,96	220	0,95	9	0,035	0,807	16	4,09	0,02	0,59
139	146	0,66	3942	10,35	220	0,95	9	0,035	0,842	16	4,09	0,02	0,62
140	146	0,66	4088	10,73	220	0,95	9	0,035	0,877	16	4,09	0,02	0,64
141	146	0,66	4234	11,11	220	0,95	9	0,035	0,912	16	4,09	0,02	0,67
142	146	0,66	4380	11,49	220	0,95	9	0,035	0,947	16	4,09	0,02	0,69
143	146	0,66	4526	11,88	220	0,95	9	0,035	0,982	16	4,09	0,02	0,72
144	146	0,66	4672	12,26	220	0,95	9	0,035	1,017	16	4,09	0,02	0,74
QUEDA DE TENSÃO TOTAL ACUMULADA PARA O CIRCUITO													0,74

Tabela 11 – valores para flechas - tabela retirada da norma copel para regulagem da cabos de distribuição.

FLECHAS DE MONTAGEM - (m) - 16mm² - QUADRIplex/TRIPLEX - AL												
Temp. (°C)	Vãos médios (m)											
	15	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
5	0,13	0,23	0,27	0,32	0,37	0,43	0,49	0,56	0,63	0,70	0,78	0,86
10	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,59	0,66	0,73	0,81	0,89
15	0,17	0,27	0,32	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	0,69	0,76	0,84	0,92
20	0,18	0,29	0,34	0,39	0,45	0,51	0,58	0,64	0,72	0,79	0,87	0,95
25	0,20	0,31	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,67	0,74	0,82	0,90	0,98
30	0,22	0,33	0,39	0,44	0,50	0,56	0,63	0,70	0,77	0,85	0,93	1,01
35	0,24	0,35	0,41	0,46	0,52	0,59	0,65	0,73	0,80	0,88	0,96	1,04
40	0,25	0,37	0,43	0,49	0,52	0,61	0,68	0,75	0,83	0,90	0,99	1,07
45	0,27	0,39	0,45	0,51	0,55	0,64	0,70	0,78	0,85	0,93	1,01	1,10
50	0,28	0,41	0,47	0,53	0,57	0,66	0,73	0,80	0,88	0,96	1,04	1,13

4.9.6.2 Esforços Mecânicos nas Estruturas

A avaliação dos esforços nas estruturas ficou restrito ao caso mais crítico do poste em final de linha com dois braços de sustentação de luminárias.

Os esforços nos postes são basicamente devido ao vento e peso dos componentes instalados nos postes (luminárias e braços) e tração dos cabos.

As premissas adotadas foram de temperatura de 5°C e velocidade do vento de 31m/s.

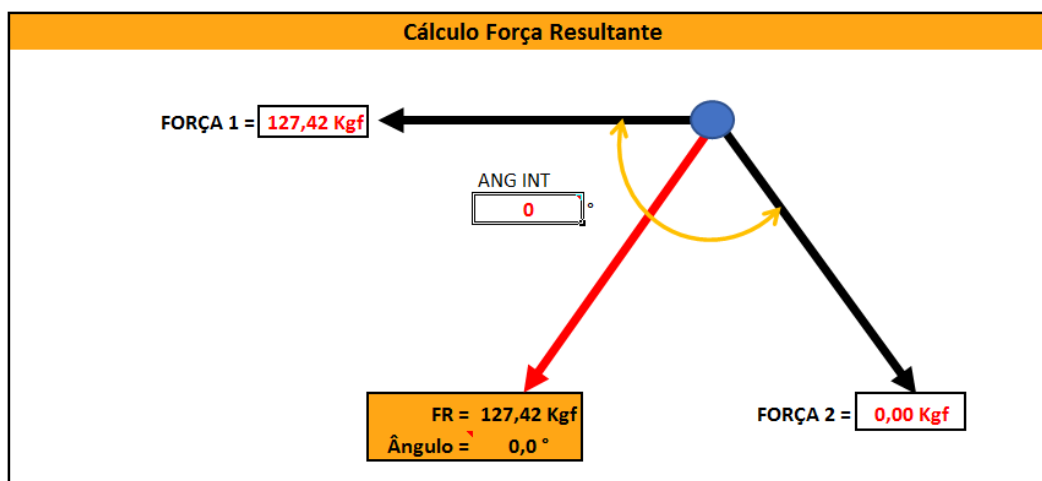
Os cálculos apresentados a seguir foram feitos considerando cabo multiplexado 3x16mm²+16mm² (Quadruplex) em alumínio, isolação 0,6/1kV - XLPE

4.9.6.2.1 Cálculo da força resultante de tração do cabo

Parâmetros	
Velocidade (m/s)	32
Diametro do Cabo (mm)	22,5
Peso do Cabo (kg/km)	290
Flecha (%)	1
Altura do Poste	11

Vão Regulador	
Vão 1 (m)	35
Vão 2 (m)	
Vão 3 (m)	
Vão 4 (m)	
Vão 5 (m)	
Vão 6 (m)	
35,00 metros	

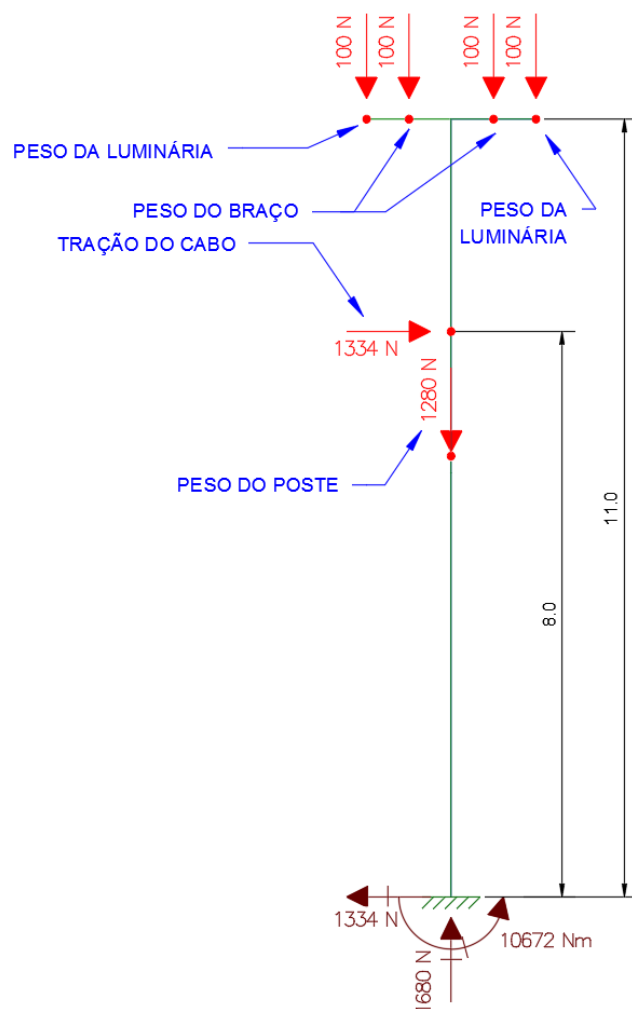
Tração	127,42 Kgf
--------	------------



4.9.6.2.2 Cálculo do momento fletor do poste

PARAMETROS	
PESO LUMINÁRIA	100N
QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS	2
COMPRIMENTO DO BRAÇO	1,20m
ALTURA DO POSTE	11,0m
PESO DO POSTE	1280N

Abaixo é apresentada a simulação feita no software FTOOL para determinação do momento fletor na base do poste, considerando os parâmetros acima apresentados.



O máximo de esforço suportado pelo poste é de 1.456 kgf.m (14.560Nm) - Poste Reto Cônico em aço, modelo Conic 1000.112.B – Fabricante FONINI.

O esforço total crítico foi determinado em 1.067,2 kgf.m (10.672Nm), portanto o poste dimensionado para esta aplicação suportará a tração à que estará submetido.

5 TERMO DE ENCERRAMENTO

Este **Volume 3 – Memória Justificativa**, composta por VIII tomos, referente ao Projeto de Duplicação e Restauração da rodovia PR-445, no trecho compreendido entre o km 0,00 e o km 26,8 possui 837 páginas.



Eng. Daniel M Pereira - CREA PR - 75078/D