



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

5 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

5. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

5.1. Introdução

Para o conhecimento pleno da área afetada pelo estudo em questão, cujas informações planimétricas e altimétricas dos pontos medidos representam o comportamento da topografia local, foram realizados os seguintes serviços topográficos:

- Locação das vias projetadas;
- Nivelamento geométrico das vias projetadas;
- Seccionamento, ambos em relação ao eixo projetado das vias projetadas;
- Levantamento planialtimétrico cadastral da área.

As técnicas aplicadas foram compatíveis com o nível de detalhamento estabelecido para a etapa que se desenvolve e, de forma a conter todos os elementos técnico-qualitativos necessários para a completitude das informações esperadas, sendo perfeitamente exequível para as condições vigentes.

Para o levantamento foram adotadas as definições descritas nas normas brasileiras, NBR 13.133 - "Execução de Levantamento Topográfico" e NBR 14.166 - "Redes de Referência Cadastral".

5.2. Implantação de Marcos Topográficos

Foram instalados três marcos topográficos utilizando como referência o MBASE, já existente. Neste processo, as coordenadas planialtimétricas são fixadas utilizando equipamento por Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS) e método de posicionamento relativo cinemático em tempo real, conhecido como RTK (*Real Time Kinematic*). Os dados são coletados da base e enviados para a estação móvel para realização do processamento em tempo real com a ajuda de um software, com solução quase





PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

instantânea do vetor das ambiguidades (MONICO, 2008). Para tanto, foi necessário um par de receptores de dupla frequência, marca SOKKIA, modelo GRX-2 e software Posição, para pós-processamento dos dados.

A fim de reduzir as deformações (distorções lineares) sofridas no Sistema de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), para a locação das vias, foi adotado o Sistema Topográfico Local (Local Transversa de Mercator). Neste, os pontos de um levantamento topográfico originados a partir de um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas, as distâncias são representadas em verdadeira grandeza, sobre o plano tangente à superfície de referência adotada pelo Sistema Geodésico Brasileiro. O Datum Planimétrico ao qual o levantamento está referenciado é o SIRGAS2000. As coordenadas LTM dos marcos são apresentadas a seguir:

- Marco MBASE (N 6437089.962 e E 389381.242);
- Marco M001 (N 6437030.024 e E 389152.721);
- Marco M002 (N 6436844.802 e E 389326.939);
- Marco M003 (N 6437273.014 e E 389217.058).

Na Figura 2, tem-se a distribuição espacial dos mesmos para o levantamento topográfico, sendo o MBASE em destaque e representado pelo triângulo amarelo. A escolha destes pontos deu-se devido à facilidade de acesso para todas as vias do projeto, como é possível observar.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE



Figura 2 - Localização dos marcos topográficos implantados na área do projeto.

Fonte: Imagem Bing, 2015.

Além destes, foram inseridos pontos de apoio que podem ser planimétricos, altimétricos ou planialtimétricos, e a partir destes são levantados os demais amarrando ao terreno o levantamento topográfico realizado, conforme descreve NBR nº 13.133/1994. O intuito é garantir o suporte à topografia sem que haja grandes deslocamentos com os equipamentos e reduzindo o retrabalho quando ocorrem problemas em determinados trechos do levantamento, restringindo a área de atuação somente para a parte afetada.

O método utilizado para a determinação dos pontos foi a poligonação fechada. Uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas, com os pontos de apoio nas extremidades de cada segmento, onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medição de campo. Na fechada, o



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

processo inicia e finaliza em um mesmo ponto com coordenadas conhecidas e também há verificação dos erros de fechamento angular e linear.

A materialização no terreno foi feita por estacas, pinos de metal ou tinta, dependendo da sua importância e permanência. Para a planimetria, os pontos foram transportados com o uso do equipamento Estação Total. Os marcos são facilmente observados no terreno e seguem o modelo de padronização estabelecido pelo IBGE, sendo eles de concreto em formato tronco-piramidal com uma chapa metálica incrustada em seu topo para identificação do ponto, conforme Figura 3 abaixo.



Figura 3 - Marco de Concreto instalado no local.

Fonte: Bourscheid, 2015.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

5.3. Locação

Para este projeto, foram contempladas seis vias estruturantes, sendo elas, as avenidas Atlântica, Brasil, Parque Cassino e Querência e as ruas G e Stella Maris, localizadas no distrito do Cassino, município de Rio Grande/RS.

Nesta etapa são definidos os eixos projetados e sobre eles é realizado o estaqueamento, utilizando software adequado, com pontos marcados a cada 20 metros. As coordenadas LTM dos mesmos são determinadas e então materializados no terreno, com a utilização de piquetes e pregos de aço.

5.3.1. Locação Vias

- Avenida Atlântica:

Ponto inicial (km 0+000): no eixo da interseção com a Avenida das Bases, coordenadas N 6437153.012, E 389314.667.

Ponto final (km 2+247.10): até o eixo da interseção com a Rua Stella Maris, coordenadas N 6435546.265, E 387743.267. Extensão total: 2.247,10 metros de extensão.

- Avenida Brasil:

Ponto inicial (km 0+000): no eixo da interseção com a Rua Stella Maris, coordenadas N 6435389.373, E 387906.321.

Ponto final (km 2+039.56): até o eixo da interseção com a Avenida Querência, coordenadas N 6436833.772, E 389345.334. Extensão total: 2.039,56 metros.

- Avenida Parque Cassino:

Ponto inicial (km 0+100): no eixo da interseção com a rua G, coordenadas N 6437186.317, E 389212.202.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

Ponto final (km 0+939.18): o ponto final da Avenida Parque Cassino esta coincidindo com o início do pavimento da Avenida Atlântica sentido sul/norte. Extensão total: 839,18 metros de extensão.

- Avenida Querência:

Ponto inicial (km 0+000): no eixo da interseção com a Avenida Brasil, coordenadas N 6436833.772, E 389345.334.

Ponto final (km 0+251.13): na Avenida Atlântica, coordenadas N 6437010.615, E 389167.028. Extensão total: 251,13 metros.

- Rua G:

Ponto inicial (km 0+000): no eixo da interseção com a Avenida Atlântica, coordenadas N 6437109.075, E 389271.697.

Ponto final (km 0+100.00): até o eixo da interseção com a Avenida Parque Cassino, coordenadas N 6437186.317, E 389212.213. Extensão total: 100 metros.

- Rua Stella Maris:

Ponto inicial (km 0+000): na interseção com a Avenida Atlântica, coordenadas N 6435550.329, E 387738.849.

Ponto final (km 0+232.34): até a interseção com o eixo da Avenida Brasil, coordenadas N 6435389.373, E 387906.321. Extensão total: 232,34 metros.

Em destaque na Figura 4, todas as vias contempladas pelo levantamento. Ao todo, foram locados 5709,82 metros de vias.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE



Figura 4 - Vias levantadas para o projeto.
Fonte: Imagem Bing, 2015.

5.4. Nivelamento Geométrico

5.4.1. Metodologia

O método mais indicado e preciso para determinação de um referencial Altimétrico à superfície do projeto é o nivelamento geométrico, utilizando, obrigatoriamente, o equipamento nível. Partindo-se de um ponto de altitude ortométrica conhecida (h), faz-se a leitura na mira, através das visadas horizontais, de ré e vante e assim é calculado o desnível entre elas.

A instalação da mira a distâncias iguais minimiza os erros causados pela curvatura terrestre, refração atmosférica e colimação do nível (quando a linha de visada não é horizontal). Cabe salientar que a superfície de origem para uma altitude Ortométrica é o Geóide, ou seja, referenciada ao nível médio dos mares.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

Após a locação e estaqueamento dos pontos em campo (a cada 20 metros), em todas as vias, realizou-se o nivelamento e contranivelamento (ou renivelamento) de cada uma individualmente, transportando um h conhecido a partir da leitura da visada à ré de um ponto conhecido. As referências de nível foram implantadas no Cassino, preferencialmente, próximas às esquinas das vias projetadas.

As planilhas com os cálculos do nivelamento e contranivelamento para a verificação das cotas altimétricas, encontram-se em Anexo 2 – Cadernetas de Nivelamento e Contranivelamento, a este relatório.

5.5. Levantamento das Seções Transversais

As seções transversais foram levantadas em todas as estacas do eixo projetado, pelo método tradicional, com o uso de uma estação total. Partindo-se em sentido perpendicular ao eixo projetado, são realizadas leituras no prisma de pontos notáveis na via, limitando-se até cercas ou alinhamento predial.

O resultado deste tipo de levantamento é o conhecimento do perfil (seção tipo) de cada via, fundamental para a elaboração do projeto geométrico, entregues junto deste relatório.

5.6. Levantamento Cadastral

O levantamento planialtimétrico topográfico cadastral foi realizado através da irradiação de pontos a partir dos marcos implantados e georreferenciados, nas vias intrínsecas à área de projeto de pavimentação, sinalização, drenagem e ciclovias/ciclofaixa, sendo que os mesmos podem ser acompanhados pelos pontos coletados pela topografia, conforme Anexo 3 – Planilha dos Pontos do Levantamento Cadastral.

Foi executado o trabalho de levantamento em campo com equipamento tipo Estação Total, sendo coletados os pontos notáveis do terreno, edificações,



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

caixas de passagens, elementos de drenagem e esgoto, árvores e demais pontos que foram julgados necessários à boa caracterização do cadastro, seguindo a NBR 14.166. Na Figura 5, observa-se a delimitação da área de abrangência do levantamento topográfico executado.



Figura 5 - Área de abrangência do levantamento topográfico para as vias estruturantes.
Fonte: Imagem Google Earth, 2015.

5.7. Equipamentos

Os serviços foram executados dentro das precisões esperadas para cada tipo de técnica, de forma a garantir a melhor qualidade posicional possível:

- Duas estações totais e dispositivos auxiliares;
- Um GPS de dupla frequência (L1/L2) marca SOKKIA, modelo GRX-2;
- Dois Níveis modelo Pentax AP281 – 2,0mm/km;
- Equipamentos Complementares.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

6.1. Introdução

Os trabalhos dos Estudos Hidrológicos basearam-se no Manual de Hidrologia Básica do DNIT, no Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT, no Caderno de Encargos do Município de Porto Alegre e no Álbum de Projetos Tipo de Dispositivos de Drenagem do DAER/RS.

Os Estudos Hidrológicos têm como finalidade principal a avaliação das precipitações e intensidades máximas de chuva, de forma a fornecer subsídios para a definição da vazão máxima, a qual possibilitará a determinação da seção de vazão das obras hidráulicas necessárias.

Para tornar possível a seleção do tipo de dispositivo a empregar, buscou-se apoio nos levantamentos topográficos, no projeto geométrico, além de consulta a mapas, cartas topográficas e observações *in loco*.

6.2. Climatologia

O estudo da climatologia da área do projeto, o qual avaliou as condições de temperatura, evaporação, insolação, umidade relativa, etc., tem por objetivo basicamente definir as características da região.

Foram coletados dados de meteorologia e pluviometria junto aos órgãos competentes.

A região, localizada na Planície Costeira, tem um clima temperado, com forte influência oceânica. As precipitações são regularmente distribuídas ao longo do ano. A pluviosidade média anual é de aproximadamente 1.250 mm, com uma média de 88 dias de chuvas por ano.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6.2.1. Temperatura

A temperatura média é de 18,2 °C. O mês mais frio é julho e a temperatura mínima média anual é de 15,6°C. A temperatura máxima média anual é de 21,7°C, sendo fevereiro o mês mais quente.

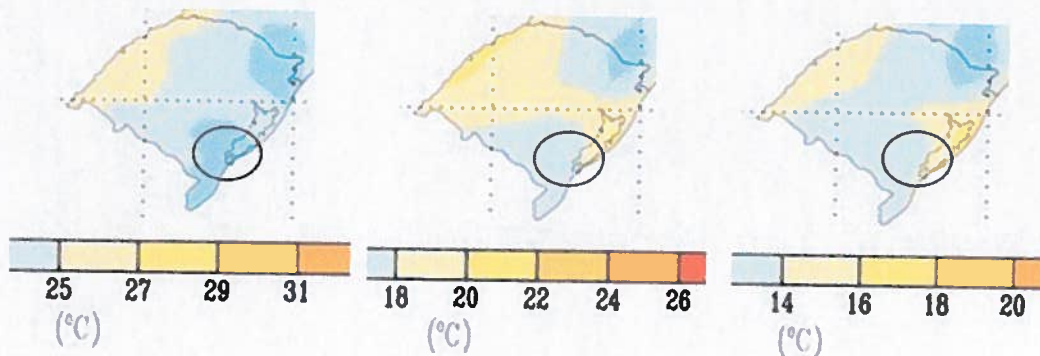


Figura 6 - Temperaturas Máximas, Médias e Mínimas (°C).

Fonte: INMET, dados anuais (1961–1990).

6.2.2. Evaporação

Os valores de evaporação anuais médios obtidos variaram de 800 mm a 1.200 mm.

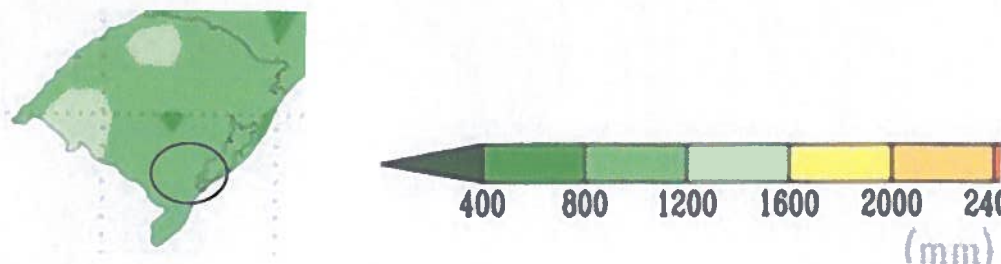


Figura 7 - Os dados climatológicos representam uma média do período entre 1961 e 1990.

6.2.3. Insolação

A insolação é controlada pela variação de nebulosidade, obtendo-se valores médios entre 2.200 a 2.400 horas de sol por ano.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

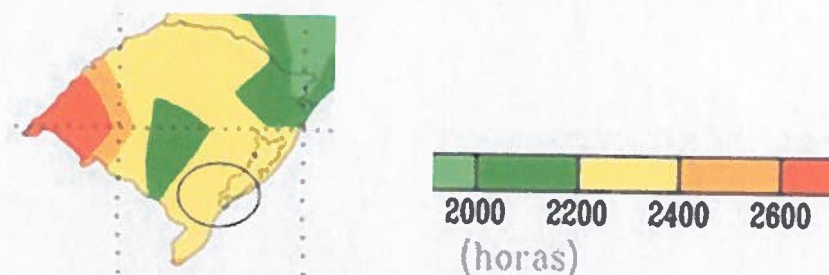


Figura 8 - Os dados climatológicos representam uma média do período entre 1961 e 1990.

6.2.4. Umidade Relativa

Os dados obtidos indicam que a média dos valores da umidade relativa do ar gira em torno de 81%.

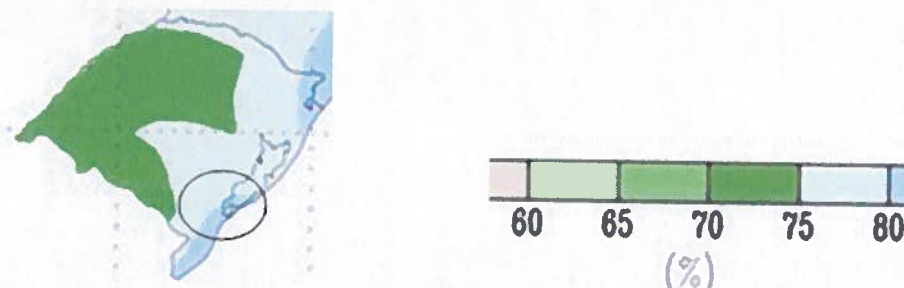


Figura 9 - Os dados climatológicos representam uma média do período entre 1961 e 1990.

6.2.5. Relevo

Quanto ao relevo da região, toda a área se situa em baixa altitude, com no máximo 11 metros acima do nível do mar, plano.

6.2.6. Vegetação

A vegetação de Rio Grande de forma genérica é constituída de campos e herbácea. Dunas e areia são encontrados na costa litorânea.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6.3. Estudos Estatísticos das Chuvas

6.3.1. Pluviometria

Para os estudos de pluviometria, foi selecionado posto localizado na região de interesse, cuja série de dados foi analisada e manipulada, o que foi feito pelo método das médias ponderadas, este através da consistência dos dados mensais de precipitação. O mês mais chuvoso é julho, seguido de setembro e agosto. As chuvas acumuladas situam-se próximo a 1.250 mm.

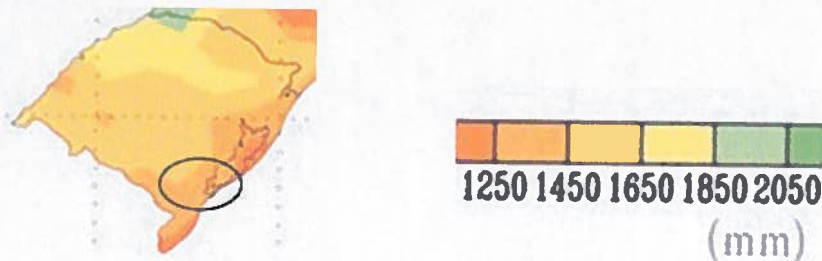


Figura 10 - Os dados climatológicos representam uma média do período entre 1961 e 1990.

Fonte: INMET, dados anuais (1961–1990).

Para a efetiva definição das precipitações máximas determinaram-se as curvas “intensidade x duração x frequência” e “curva de frequência” para durações maiores ou iguais a 1 dia, com a utilização dos dados da estação existente, qual seja:

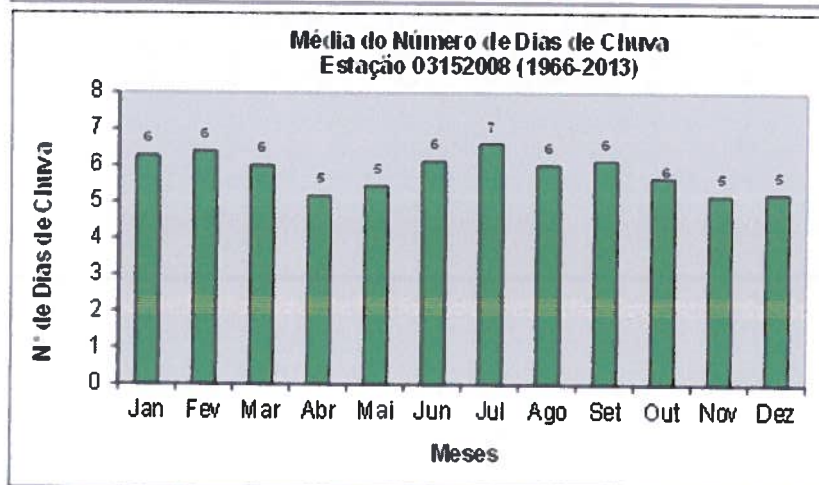
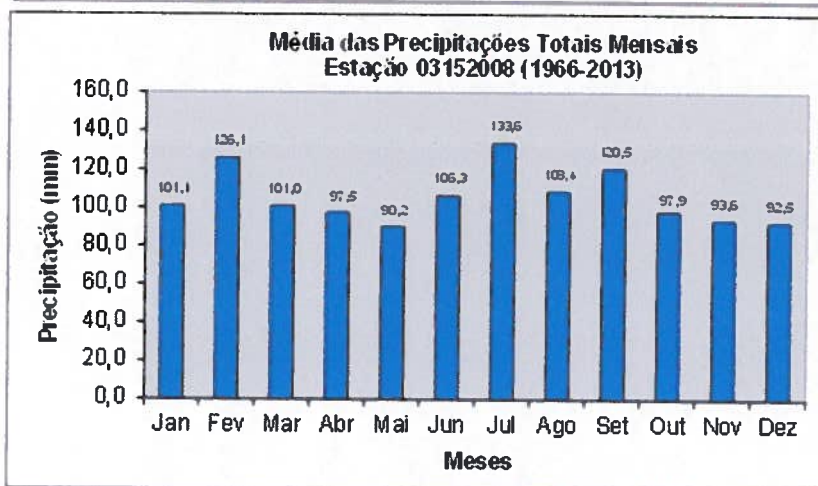
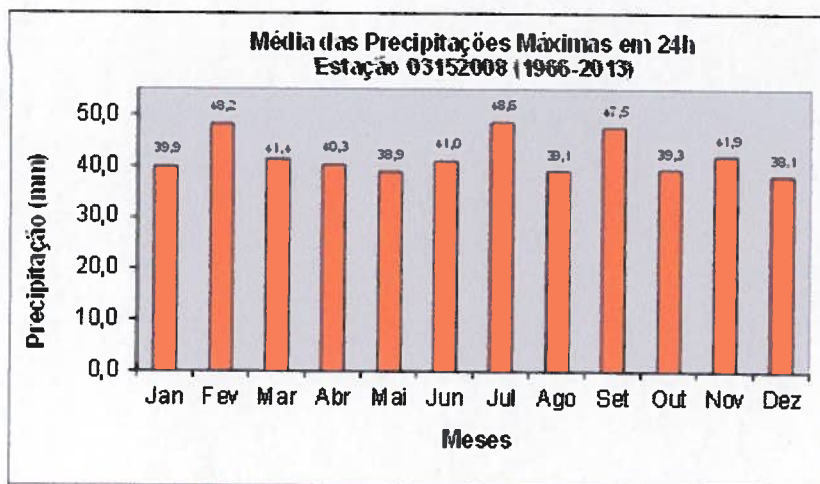
Código	03152008
Nome	GRANJA SÃO PEDRO
Código Adicional	-
Bacia	ATLÂNTICO, TRECHO SUDESTE (8)
Sub-bacia	LAGOA MIRIM (88)
Rio	-
Estado	RIO GRANDE DO SUL
Município	PELOTAS
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-31:40:22
Longitude	-52:10:40
Altitude (m)	3
Área de Drenagem (km2)	-

Figura 11 – Dados da estação.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

Apresenta-se, a seguir, os histogramas, os quadros resultantes dos estudos estatísticos das chuvas, e também as curvas de precipitação em função da duração e tempo de recorrência.





PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

A Estação Pluviométrica Granja São Pedro, esta representada na figura abaixo:

ANO	Precipitação Total Anual
1966	1627,20
1967	1308,10
1968	938,80
1969	860,40
1970	1031,00
1971	1280,10
1972	1519,90
1973	1145,80
1974	1432,10
1975	1258,40
1976	1600,40
1977	1828,40
1978	1138,40
1979	1219,60
1980	1656,30
1981	1217,40
1982	1340,80
1983	1501,20
1984	1571,50
1985	958,90
1986	1383,30
1987	1624,00
1988	825,40
1989	854,60
1990	1234,70
1991	1318,50
1992	1246,70
1993	1226,90
1994	1113,90
1995	1436,40
1996	803,20
1997	1658,10
1998	1436,70
1999	1064,90
2000	1299,70
2001	1385,30
2002	1786,70
2003	1197,40
2004	1133,80
2005	931,00
2006	897,70
2007	1087,90
2008	1109,30
2009	1092,50
2010	766,10
2011	1157,40
2012	1008,40
2013	1079,70

Figura 12 - Precipitações Totais Anuais (mm)



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6.3.2. Determinação da Precipitação Máxima Provável

Das precipitações máximas diárias foi calculada a precipitação média e o desvio padrão da amostra. Utilizando a metodologia das probabilidades extremas de Gumbel, obteve-se o fator de frequência em função do número de observações da amostra e para os tempos de recorrência desejados. Para determinar a precipitação máxima de 1 dia, adotou-se a fórmula geral proposta por Ven Te Chow:

$$P_n = \bar{P} + K_\sigma$$

Sendo,

P_n = precipitação máxima provável de 1 dia para o tempo de recorrência desejado;

\bar{P} = precipitação média das máximas diárias;

σ = desvio padrão das máximas diárias;

K = fator de frequência de Gumbel, conforme tabela anexa.

O fator de frequência (K) é função do tempo de recorrência, do número de observações da amostra e do tipo de distribuição probabilística utilizada. Este valor encontra-se tabelado para cada distribuição probabilística. Entretanto não se pode utilizar a equação isoladamente, pois não se sabe se a série estudada se ajusta a distribuição probabilística da qual foi extraído o fator de frequência. Geralmente o evento chuva e vazão possuem correlação próxima da unidade na distribuição de Gumbel, o que levou a decisão da adoção desta distribuição para o cálculo das precipitações máximas prováveis.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

Local:		Posto Granja São Pedro - Pelotas/RS									
Estação:		Código 03152008									
Período de Observação:		1966-2013									
Valores		n	Tr	Hiperbole			Gumbel				
Observados				Precipitações			Precipitações				
ano	Prec.			obser	calcul	difer	observ	calcul	difer	k	
1966	78,40	1	49,00				195,2	163,7	-31,5	2,58	
1967	67,20	2	24,50				140,0	148,2	8,2	2,03	
1968	77,20	3	16,33				138,0	139,1	1,1	1,70	
1969	72,40	4	12,25				132,2	132,5	0,3	1,47	
1970	90,20	5	9,80				127,0	127,4	0,4	1,29	
1971	71,60	6	8,17				118,3	123,1	4,8	1,14	
1972	67,80	7	7,00				114,4	119,5	5,1	1,01	
1973	83,40	8	6,13				113,0	116,3	3,3	0,89	
1974	99,00	9	5,44				113,0	113,4	0,4	0,79	
1975	98,00	10	4,90				112,0	110,8	-1,2	0,70	
1976	114,40	11	4,45				111,2	108,5	-2,7	0,62	
1977	132,20	12	4,08				110,0	106,3	-3,7	0,54	
1978	94,20	13	3,77				104,0	104,2	0,2	0,47	
1979	80,20	14	3,50				102,7	102,3	-0,4	0,40	
1980	127,00	15	3,27				99,0	100,5	1,5	0,33	
1981	68,20	16	3,06				99,0	98,8	-0,2	0,27	
1982	78,00	17	2,88				98,0	97,1	-0,9	0,22	
1983	195,20	18	2,72				98,0	95,5	-2,5	0,16	
1984	91,60	19	2,58				98,0	94,0	-4,0	0,11	
1985	61,20	20	2,45				94,2	92,5	-1,7	0,05	
1986	104,00	21	2,33				91,6	91,1	-0,5	0,00	
1987	102,70	22	2,23				90,2	89,7	-0,5	-0,05	
1988	59,00	23	2,13				90,0	88,4	-1,6	-0,09	
1989	56,90	24	2,04				90,0	87,1	-2,9	-0,14	
1990	70,80	25	1,96				84,0	85,8	1,8	-0,19	
1991	76,00	26	1,88				83,4	84,5	1,1	-0,23	
1992	118,30	27	1,81				82,9	83,2	0,3	-0,28	
1993	110,00	28	1,75				82,0	82,0	0,0	-0,32	
1994	84,00	29	1,69				81,0	80,8	-0,2	-0,36	
1995	140,00	30	1,63				80,2	79,5	-0,7	-0,41	
1996	67,00	31	1,58				78,4	78,3	-0,1	-0,45	
1997	113,00	32	1,53				78,0	77,1	-0,9	-0,49	
1998	113,00	33	1,48				77,2	75,9	-1,3	-0,54	
1999	15,50	34	1,44				77,0	74,6	-2,4	-0,58	
2000	112,00	35	1,40				76,2	73,4	-2,8	-0,63	
2001	90,00	36	1,36				76,0	72,1	-3,9	-0,67	
2002	90,00	37	1,32				72,4	70,8	-1,6	-0,72	
2003	77,00	38	1,29				71,6	69,5	-2,1	-0,76	
2004	98,00	39	1,26				70,8	68,2	-2,6	-0,81	
2005	111,20	40	1,23				68,2	66,8	-1,4	-0,86	
2006	99,00	41	1,20				67,8	65,3	-2,5	-0,91	
2007	138,00	42	1,17				67,2	63,7	-3,5	-0,97	
2008	82,00	43	1,14				67,0	62,0	-5,0	-1,03	
2009	98,00	44	1,11				61,2	60,2	-1,0	-1,09	
2010	82,90	45	1,09				59,0	58,1	-0,9	-1,17	
2011	57,30	46	1,07				57,3	55,8	-1,5	-1,25	
2012	76,20	47	1,04				56,9	52,8	-4,1	-1,36	
2013	81,00	48	1,02				15,5	48,5	33,0	-1,51	
ANÁLISE ESTATÍSTICA											
r² =	-	-	-	-	-	-	0,970	-	-	-	
n =	48	-	-	-	-	48	-	-	-	-	
máx =	195,2	-	-	-	-	195,2	-	-	-	-	
min =	15,5	-	-	-	-	15,5	-	-	-	-	
med =	91,0	-	-	-	-	91,0	-	-	-	-	
s =	28,2	-	-	-	-	28,2	-	-	-	-	
a =	-	-	-	-	-	0,045469	-	-	-	-	
m =	-	-	-	-	-	78,35	-	-	-	-	
$P_{1dia} = 78,35 - \{[\ln \ln (T_r / (T_r - 1))] / 0,045469\}$											

Figura 13 – Determinação da equação da chuva de projeto com duração de 1 (um) dia.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6.3.3. Relação de Altura – Duração – Recorrência

Na determinação das relações de Altura - Duração - Recorrência, referente ao regime de precipitações intensas das chuvas de pequena duração, utilizou-se a metodologia exposta pelo Engº José Jaime Torga Torrico em "Práticas Hidrológicas". Torga Torrico construiu o mapa de Isozonas no Brasil, relacionando as alturas de precipitação anual de uma hora com a máxima anual de 24 horas, para cada posto estudado no livro "Chuvas Intensas no Brasil" do Engº Otto Pfafstetter.

Conversão de chuvas de 1 (um) dia: a conversão de chuvas de 1 (um) dia das precipitações nas estações pluviométricas, decorreu da relação para o tempo recorrência base de um ano obtida por Torga, cuja:

$$P_{24 h} / P_{1 \text{ dia}} = 1,10$$

No mapa de isozonas apresentado no final do capítulo, identificam-se as isozonas de igual relação. O projeto em estudo situa-se na isozona D.

Neste mesmo mapa foram extraídos os coeficientes K_1 e K_2 , que são utilizados para determinar as precipitações máximas prováveis para reduzidos tempos de duração, já que estamos trabalhando com dados pluviométricos, ou seja, precipitações diárias. As expressões para cálculo destas precipitações estão apresentadas a seguir.

$$P_{6 \text{ min}} = \frac{k_1}{100} P_{24 h}$$

$$P_{1 h} = \frac{k_2}{100} P_{24 h}$$

Para determinar a equação de precipitação é realizado um ajuste matemático através de uma função logarítmica. Utilizando o método das isozonas, obtemos somente 3 (três) pontos para elaborar este ajuste matemático, e por isso é conveniente segmentar em duas equações de precipitação para faixas de tempo de duração de chuva entre 6 min a 1h e 1h a 24h, conforme apresenta-se em seguida.





PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

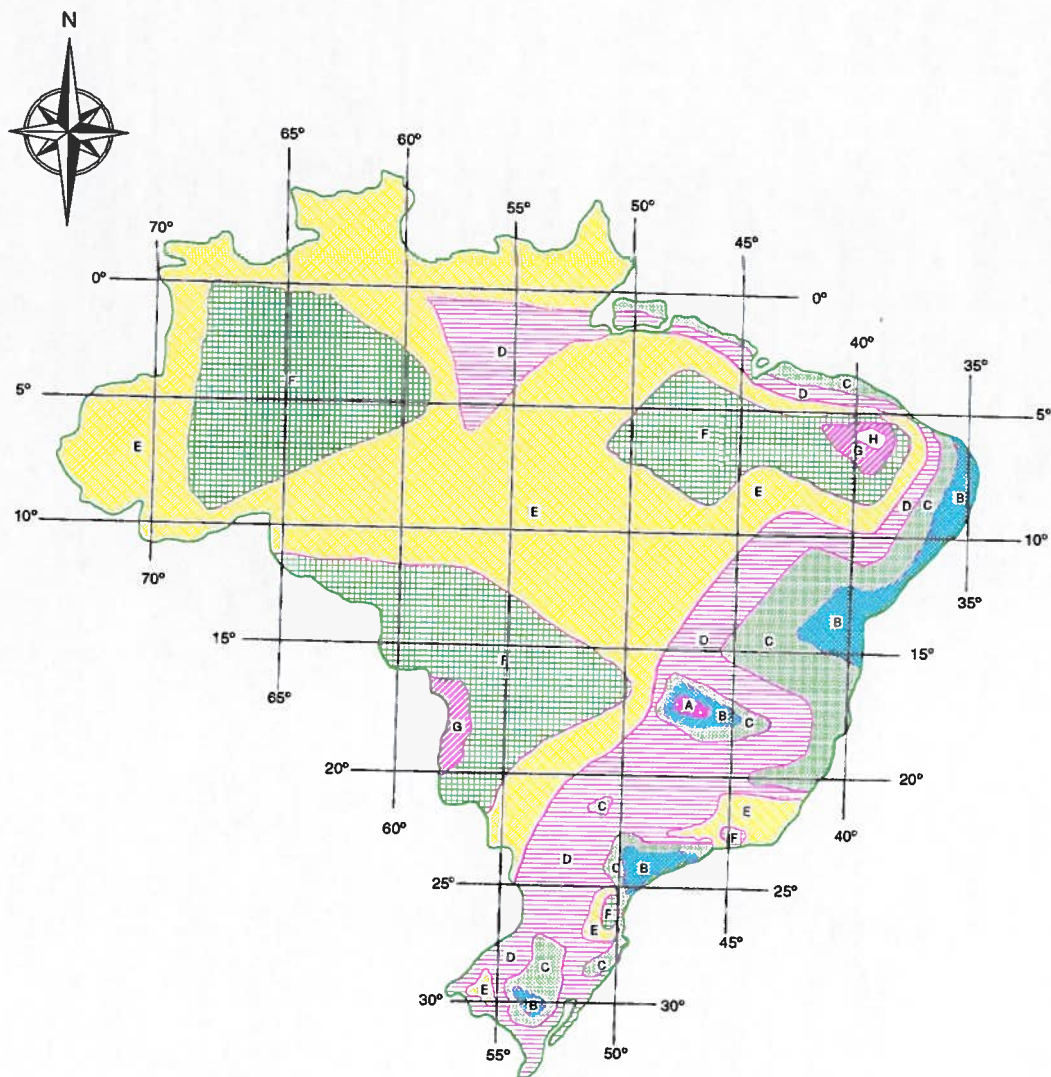


Figura 14 - Isozonas de igual relação: Coeficientes k_1 e k_2
Fonte: Taborga, J. J. T. – Práticas Hidrológicas (1974).

ZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA											
	1 HORA / 24 HORAS CHUVA										6 min - 24h	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 a 50	100
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0

Figura 15 – Tempo de recorrência para as isozonas de Taborga.

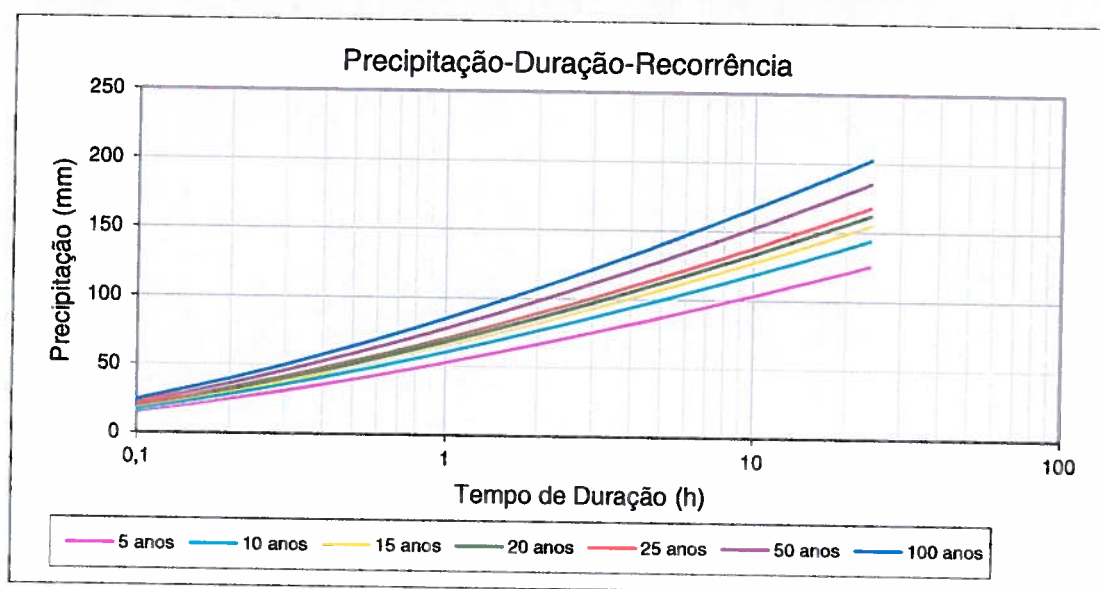
A intensidade de precipitação foi obtida pela relação entre a precipitação definida através da equação e o tempo de concentração. Os gráficos relativos à Precipitação - Intensidade - Duração – Recorrência apresentam-se a seguir.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

Tr	Equação (P em mm; tc em min)
5 anos	$P=6,185 \cdot (\ln tc)^{1,518}$
10 anos	$P=7,102 \cdot (\ln tc)^{1,518}$
15 anos	$P=7,62 \cdot (\ln tc)^{1,518}$
20 anos	$P=7,982 \cdot (\ln tc)^{1,518}$
25 anos	$P=8,261 \cdot (\ln tc)^{1,518}$
50 anos	$P=9,12 \cdot (\ln tc)^{1,518}$
100 anos	$P=9,973 \cdot (\ln tc)^{1,518}$

Figura 16 – Equação de chuva para cada tempo de ocorrência.





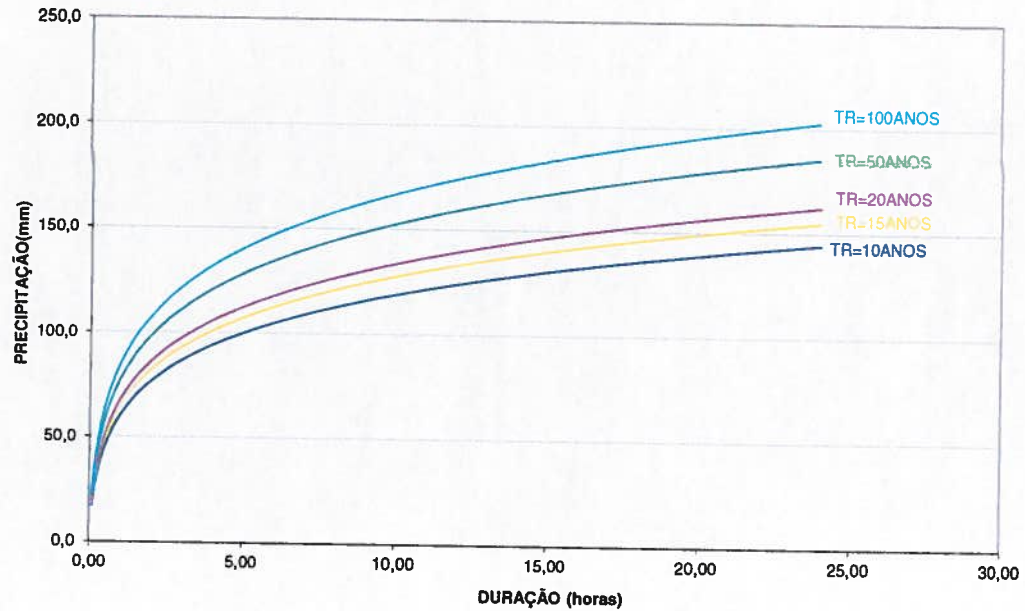
PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

tc (h)	TR=10anos		TR=15anos		TR=20anos		TR=50anos		TR=100anos	
	P(mm)	I(mm/h)	P(mm)	I(mm/h)	P(mm)	I(mm/h)	P(mm)	I(mm/h)	P(mm)	I(mm/h)
0,10	17,2	172,1	18,5	184,7	19,3	193,5	22,1	221,1	24,2	241,7
0,15	23,5	156,4	25,2	167,8	26,4	175,8	30,1	200,9	32,9	219,6
0,20	28,3	141,4	30,3	151,7	31,8	158,9	36,3	181,6	39,7	198,6
0,25	32,2	128,9	34,6	138,3	36,2	144,9	41,4	165,5	45,3	181,0
0,30	35,6	118,6	38,2	127,2	40,0	133,3	45,7	152,3	50,0	166,5
0,35	38,5	110,0	41,3	118,0	43,3	123,6	49,4	141,2	54,1	154,4
0,40	41,1	102,7	44,1	110,2	46,2	115,4	52,8	131,9	57,7	144,2
0,45	43,4	96,5	46,6	103,5	48,8	108,4	55,8	123,9	61,0	135,5
0,50	45,5	91,1	48,9	97,7	51,2	102,4	58,5	117,0	64,0	127,9
0,55	47,5	86,4	51,0	92,6	53,4	97,0	61,0	110,9	66,7	121,3
0,60	49,3	82,2	52,9	88,2	55,4	92,3	63,3	105,5	69,2	115,4
0,65	51,0	78,4	54,7	84,1	57,3	88,1	65,5	100,7	71,6	110,1
0,70	52,6	75,1	56,4	80,5	59,1	84,4	67,5	96,4	73,8	105,4
0,75	54,0	72,0	58,0	77,3	60,7	81,0	69,4	92,5	75,9	101,2
0,80	55,4	69,3	59,5	74,3	62,3	77,9	71,2	89,0	77,8	97,3
0,85	56,8	66,8	60,9	71,6	63,8	75,0	72,9	85,7	79,7	93,8
0,90	58,0	64,5	62,2	69,2	65,2	72,4	74,5	82,8	81,5	90,5
0,95	59,2	62,3	63,5	66,9	66,5	70,0	76,0	80,0	83,1	87,5
1,00	60,4	60,4	64,7	64,7	67,8	67,8	77,5	77,5	84,8	84,8
1,50	69,7	46,4	74,7	49,8	78,3	52,2	89,4	59,6	97,8	65,2
2,00	76,5	38,3	82,1	41,0	86,0	43,0	98,3	49,1	107,5	53,7
2,50	82,0	32,8	88,0	35,2	92,2	36,9	105,3	42,1	115,2	46,1
3,00	86,6	28,9	92,9	31,0	97,3	32,4	111,2	37,1	121,6	40,5
3,50	90,5	25,9	97,1	27,7	101,7	29,1	116,2	33,2	127,1	36,3
4,00	94,0	23,5	100,8	25,2	105,6	26,4	120,7	30,2	131,9	33,0
4,50	97,0	21,6	104,1	23,1	109,1	24,2	124,6	27,7	136,3	30,3
5,00	99,8	20,0	107,1	21,4	112,2	22,4	128,2	25,6	140,2	28,0
5,50	102,4	18,6	109,8	20,0	115,1	20,9	131,5	23,9	143,8	26,1
6,00	104,7	17,5	112,3	18,7	117,7	19,6	134,5	22,4	147,0	24,5
6,50	106,9	16,4	114,7	17,6	120,1	18,5	137,3	21,1	150,1	23,1
7,00	108,9	15,6	116,8	16,7	122,4	17,5	139,8	20,0	152,9	21,8
7,50	110,8	14,8	118,9	15,8	124,5	16,6	142,3	19,0	155,6	20,7
8,00	112,6	14,1	120,8	15,1	126,5	15,8	144,6	18,1	158,1	19,8
8,50	114,3	13,4	122,6	14,4	128,4	15,1	146,7	17,3	160,5	18,9
9,00	115,9	12,9	124,3	13,8	130,2	14,5	148,8	16,5	162,7	18,1
9,50	117,4	12,4	125,9	13,3	131,9	13,9	150,7	15,9	164,8	17,3
10,00	118,8	11,9	127,5	12,7	133,5	13,4	152,6	15,3	166,8	16,7
11,00	121,5	11,0	130,4	11,9	136,6	12,4	156,0	14,2	170,6	15,5
12,00	124,0	10,3	133,0	11,1	139,3	11,6	159,2	13,3	174,1	14,5
13,00	126,3	9,7	135,5	10,4	141,9	10,9	162,2	12,5	177,3	13,6
14,00	128,4	9,2	137,8	9,8	144,3	10,3	164,9	11,8	180,3	12,9
15,00	130,4	8,7	139,9	9,3	146,6	9,8	167,5	11,2	183,2	12,2
16,00	132,3	8,3	142,0	8,9	148,7	9,3	169,9	10,6	185,8	11,6
17,00	134,1	7,9	143,9	8,5	150,7	8,9	172,2	10,1	188,3	11,1
18,00	135,8	7,5	145,7	8,1	152,6	8,5	174,4	9,7	190,7	10,6
19,00	137,4	7,2	147,4	7,8	154,4	8,1	176,4	9,3	192,9	10,2
20,00	138,9	6,9	149,0	7,5	156,1	7,8	178,4	8,9	195,0	9,8
21,00	140,4	6,7	150,6	7,2	157,7	7,5	180,2	8,6	197,1	9,4
22,00	141,7	6,4	152,1	6,9	159,3	7,2	182,0	8,3	199,0	9,0
23,00	143,1	6,2	153,5	6,7	160,8	7,0	183,7	8,0	200,9	8,7
24,00	144,4	6,0	154,9	6,5	162,2	6,8	185,4	7,7	202,7	8,4

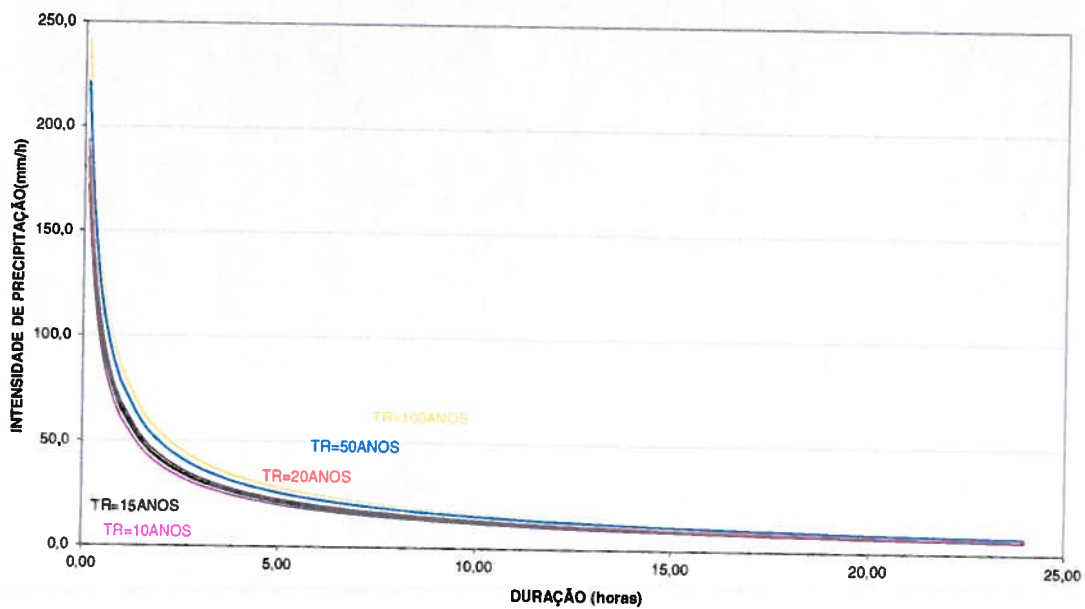


PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

CURVAS DE PRECIPITAÇÃO-DURAÇÃO-RECORRÊNCIA



CURVAS DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-RECORRÊNCIA





PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6.4. Tempo de Recorrência

Foram utilizados os seguintes tempos de recorrência:

- Para as redes pluviais: $Tr = 5$ anos;
- Para bueiros celulares: $Tr = 20$ anos.

6.5. Tempo de Concentração

O tempo de concentração (t_c) de bacias foi calculado pela fórmula abaixo, proposta em 1976 pelo extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento:

$$t_c = \frac{A^{0.3} \times L^{0.2}}{2,4 \times K \times i^{0.4}}$$

Onde,

t_c = tempo de concentração (h);

A = área da bacia contribuinte (km²), sendo que, devido a inexistência de plantas com curvas de níveis, adotou-se larguras em torno de 100,00 m.;

L = comprimento do talvegue principal (km);

i = declividade do talvegue principal da bacia (m/m);

K = coeficiente característico do solo-cobertura vegetal (adimensional). Definiu-se igual a 4,0, seguindo o Manual de Serviços de Consultoria para Estudos e Projetos Rodoviários do extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento.

O tempo de concentração mínimo adotado é igual a:

a) 15 minutos, no caso de bueiros celulares;

b) 5 minutos, no caso de rede pluvial. No trecho subsequente será adicionado o tempo de percurso (t_p), calculado da seguinte forma:

$$t_p = L/60 \times v$$

Onde,

L = extensão do trecho (m);

v = velocidade do trecho (m/s).



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

6.6. Determinação das Vazões

Para a determinação da descarga de projeto utilizou-se o Método Racional aplicado às bacias hidrográficas com áreas de até 4,00 km², que é o caso em questão. Para este método, aplica-se a fórmula:

$$Q = 2,78 \times C \times I_{\text{máx}} \times A$$

Onde,

Q = vazão de contribuição (l/s);

I_{máx} = intensidade máxima de precipitação (mm/h);

A = área da bacia de contribuição (ha);

C = coeficiente de escoamento superficial. Adotado C = 0,60.

Tal método determina o pico da vazão a partir da fisiografia da bacia hidrográfica e da intensidade da chuva – cuja duração é suposta como sendo igual ao tempo de concentração da bacia estudada.

As planilhas com os cálculos das vazões, que aqui poderiam estar inseridas, estão apresentadas no capítulo referente ao Projeto de Drenagem, pois nas mesmas já constam, por segmento, o tipo de dispositivo adotado.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

7 ESTUDOS GEOTÉCNICOS



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

7. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

7.1. Introdução

Os Estudos Geotécnicos foram elaborados com a finalidade de identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente os solos constituintes do subleito, bem como os materiais ocorrentes na região, de maneira a fornecerem os subsídios para o desenvolvimento dos projetos a eles inter-relacionados. Os estudos foram realizados em função do traçado definido pelo Projeto Geométrico e são fundamentais no desenvolvimento dos projetos de Terraplenagem e de Pavimentação.

7.2. Estudo do Subleito

Os estudos do subleito foram elaborados com a finalidade de identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente os solos constituintes do subleito junto à área da variante Giruá, bem, como os materiais ocorrentes na região, de maneira a fornecer os subsídios para o desenvolvimento dos projetos a ele inter-relacionados.

7.2.1. Plano de Sondagem

O plano de sondagem foi elaborado levando-se em consideração os elementos fornecidos pelo Projeto Geométrico. Para o estudo do subleito, considerando tratar-se de um trecho homogêneo, foi previsto um espaçamento máximo de 200,00m entre os furos, locados no eixo de projeto. A profundidade mínima prevista em cada furo de cortes foi de 1,5 m em relação ao greide de pavimentação. Para determinação do Índice de Suporte Califórnia de Projeto (ISCp) de cada uma das ruas, foi considerado, conforme projeto geométrico, um greide colante ao terreno natural existente com escavação do material até a cota de reposição da camada de base a ser projetada.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

7.2.2. Execução das Sondagens

As sondagens foram executadas com trado e/ou pá e picareta. Após a abertura dos furos os solos ocorrentes foram classificados, expeditamente, quanto à textura e à cor, horizonte por horizonte, sendo os dados anotados nos boletins de sondagem juntamente com a profundidade das diversas camadas. De cada furo foi coletado material em quantidade suficiente para a realização dos ensaios de caracterização previstos nas Instruções de Serviço. Há ocorrência de lençol freático em todos os pontos sondados de modo que o registro é apresentado no quadro resumo dos ensaios em Anexo 4 – Ensaios Geotécnicos.

7.2.3. Ensaios de Laboratório

A partir das amostras coletadas, foram realizados em laboratório ensaios de caracterização física dos materiais e ensaios que possibilitaram a determinação do ISC (CBR), além dos ensaios de análise granulométrica por lavagem (Método de Ensaio DNIT ME-51-94), limite de liquidez (Método de Ensaio DNIT ME-122-94), limite de plasticidade (Método de Ensaio DNIT ME-82-94), compactação na energia do proctor normal (Método de Ensaio DNIT ME-162-94), Índice de Suporte Califórnia (Método de Ensaio DNIT ME-49-94).

Com base nos resultados obtidos, foi definida a classificação dos materiais de acordo com a metodologia proposta pela AASHTO. Esta metodologia consiste basicamente na classificação do material a partir dos resultados dos ensaios de granulometria e limites de consistência. Os ensaios são apresentados no Anexo 4 – Ensaios Geotécnicos.

7.2.4. Determinação do ISC de Projeto

O principal parâmetro envolvido no dimensionamento do pavimento é o Índice Suporte Califórnia (ISC), o qual é determinado através de ensaios. A determinação do ISC de projeto leva em consideração os valores de ISC obtidos através dos



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

ensaios aliado aos resultados de caracterização física e classificação dos materiais de acordo com a AASHTO, baseado na IS-206 (IPR-726, DNIT 2006).

A Tabela 5 abaixo resume os parâmetros de Índice Suporte Califórnia para cada um dos pontos sondados; na Figura 17 está ilustrado a distribuição normal dos resultados encontrados para todos os segmentos. Na Tabela 6 estão resumidos os parâmetros de projeto para cada uma das ruas separadamente considerando a determinação do ISCp para um intervalo de confiabilidade de 90%, seguindo as recomendações da IS-101/94.

Tabela 5 - Valores do Índice de Suporte Califórnia de Projeto (ISCp)

	Profundidade (m)		ISC (%)	ISC subleito (%)
Av. Querência				
0+000	0,00	0,35	16,7	
0+000	0,35	1,50	8,5	8,5
0+200	0,00	0,20	27,3	
0+200	0,20	1,50	8,0	8,0
Rua G e Av. Parque Cassino				
0+200	0,00	1,50	8,2	8,2
0+400	0,00	1,10	7,1	
0+400	1,10	1,50	6,9	6,9
0+600	0,00	0,90	7,8	
0+600	0,90	1,50	7,2	7,2
0+800	0,00	1,50	7,7	7,7
0+939	0,00	0,60	6,8	6,8
0+939	0,60	1,50	11,7	
0+940	0,00	0,08		
0+940	0,08	0,50	7,7	7,7
0+940	0,50	1,50	8,1	
Av. Atlântica				
0+000	0,00	0,08		
0+000	0,08	1,50	8,6	8,6
0+200	0,00	0,15		
0+200	0,15	1,50	11	11,0
0+400	0,00	0,15		
0+400	0,15	1,50	9,4	9,4
0+600	0,00	0,13		
0+600	0,13	1,50	10,3	10,3
0+800	0,00	0,10		
0+800	0,10	1,50	8,6	8,6
1+000	0,00	0,30	27,7	
1+000	0,30	1,50	10,3	10,3
1+200	0,00	0,20	25,7	
1+200	0,20	1,50	10,6	10,6





PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

	Profundidade (m)		ISC (%)	ISC subleito (%)
1+400	0,00	0,10		
1+400	0,10	1,50	7,8	7,8
1+600	0,00	0,60	18,1	
1+600	0,60	1,50	8,5	8,5
1+800	0,00	0,10		
1+800	0,10	1,50	7,8	7,8
2+000	0,00	0,10		
2+000	0,10	1,50	7,3	7,3
Av. Brasil				
0+000	0,00	1,50	11,2	11,2
0+200	0,00	0,60	9,8	9,8
0+200	0,60	1,50	11,4	
0+400	0,00	1,50	11,3	11,3
0+600	0,00	1,50	8,9	8,9
0+800	0,00	1,50	8,9	8,9
1+000	0,00	1,00	11,5	
1+000	1,00	1,50	8,6	8,6
1+200	0,00	0,60	16,2	
1+200	0,60	1,50	9,1	9,1
1+400	0,00	0,25	8,5	8,5
1+400	0,25	1,50	9,1	
1+600	0,00	0,30	10,6	
1+600	0,30	1,50	8,7	8,7
1+800	0,00	0,40	33,7	
1+800	0,40	1,50	9,4	9,4
2+000	0,00	0,12		
2+000	0,12	1,50	10	10,0
Stella Maris				
0+000	0,00	1,50	7,7	7,7
0+200	0,00	0,30	24,6	
0+200	0,30	1,50	7,8	7,8



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

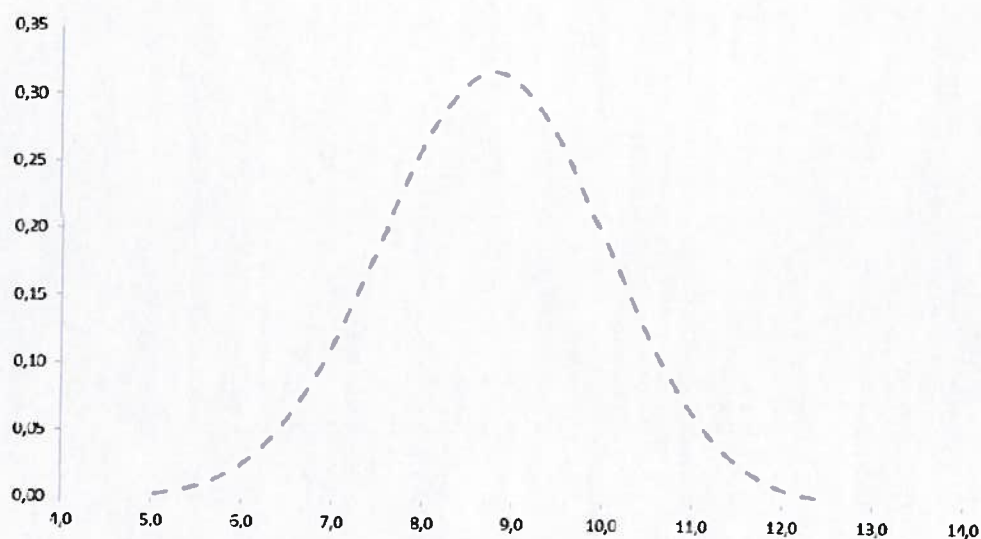


Figura 17 - Distribuição normal dos resultados de Índice de Suporte Califórnia para todos os segmentos do Projeto.

Tabela 6 - Parâmetros de Projeto – ISCp.

Av. Querência	
Média	8,25
desvpad	0,35
n	2
t0,90	3,08
ISCp	7,20
Rua G e Av. Parque Cassino	
Média	7,42
desvpad	0,54
n	6
t0,90	1,48
ISCp	7,10
Av. Atlântica	
Média	9,11
desvpad	1,28
n	11
t0,90	1,37
ISCp	8,60
Av. Brasil	
Média	9,49
desvpad	0,99
n	11
t0,90	1,37



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

ISCp	9,10
Média	7,75
desvpad	0,07
n	2
t0,90	3,08
ISCp	7,60

7.2.5. Índice de Suporte Califórnia de Projeto

Com base no tratamento estatístico dos dados de ISC, obtidos a partir da classificação da AASHTO, os valores de ISC foram determinados para cada arruamento. A Tabela 7 apresenta os valores atribuídos para cada via.

Tabela 7 – Resumo dos valores de ISCp

VIA	ISCp
Avenida Atlântica	8,60
Rua Stella Maris	7,60
Avenida Brasil	9,10
Avenida Querência	7,20
Rua G	7,10
Avenida Parque Cassino	7,10

7.2.6. Solos Moles

Quando das inspeções realizadas não foi verificada a presença de solos moles.

7.2.7. Empréstimos Concentrados

Não há necessidade de empréstimos concentrados.



PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE ENGENHARIA PARA CASSINO EM RIO GRANDE

7.2.8. Rebaixamentos do Subleito

Nos segmentos onde o ISC local for menor que o valor adotado como sendo o de projeto, deverá ser procedido o rebaixamento do subleito. A reposição dos volumes dos rebaixamentos deverá ser feita com materiais com ISC maior ou igual ao ISC de Projeto. Os materiais com ISC menor que o ISC_p poderão ser utilizados na construção dos aterros de passeios, faixas de acesso e serviço. Somente na Avenida Atlântica foi indicado rebaixamento. A localização do rebaixamento é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Rebaixamento nas Vias.

REBAIXAMENTO – AVENIDA ATLÂNTICA					
Nº	Localização (Km)	Ext. (m)	Espes. (m)	Isc. (%)	Exp. (%)
RB - 01	1+900 ao 2+100	200	0,60	7,3	0,03

7.2.9. Solos Inadequados do Subleito

Caso ocorram, solos considerados expurgos, com expansão $\geq 2\%$ e/ou ISC $\leq 2\%$, também deverão ser removidos por solos de ISC maior ou igual ao valor de projeto. Não foram detectados trechos para remoção de solos inadequados.

7.3. Estudo de Pedreira

Não serão realizados estudos de pedreira. O material indicado deverá ser obtido comercialmente.