

# DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E MECÂNICOS DOS SOLOS DA FORMAÇÃO PALERMO E RIO BONITO DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA-SC

Rafael Casagrande Rostirolla (1), Adailton Antônio dos Santos (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1)rafael\_4321@hotmail.com, (2)adailton@unesc.net

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo determinar os parâmetros físicos e mecânicos dos solos da Formação Palermo e Rio Bonito, do município de Criciúma-SC. Para isto coletou-se amostras em várias ruas do município, as quais foram submetidas a ensaios de caracterização física (Granulometria por peneiramento, LL e LP) e mecânica (Compactação, ISC e expansão) no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). A análise estatística dos parâmetros físicos e mecânicos obtidos nos ensaios, demonstrou que os solos da Formação Palermo e Rio Bonito são predominantemente finos (A4, A6 e A7). Sendo, os do grupo A7 (40,96%) predominantes na Formação Palermo e o A4 (41,94%) na Formação Rio Bonito. Em termos de comportamento físico e mecânico, constatou-se que os solos finos das Formações objetos de estudo, apresentam comportamentos semelhantes. E verificou-se que os solos das duas Formações atendem as exigências do DNIT (DNER-PRO 277/97, p. 06), para camada de subleito.

*Palavras-Chave: Solo. Formação Geológica. ISC. Expansão. Subleito.*

## 1. INTRODUÇÃO

“A construção de uma rodovia é uma sucessão de cortes, aterros e obras de arte, e o leito estradal resultante será o suporte do futuro pavimento da rodovia ou das superestruturas das ferrovias.” (BAPTISTA, 1980, p. 01). No Brasil os métodos adotados para o dimensionamento de pavimentos encontram-se calcadas na capacidade de suporte do subleito, representados pelo número equivalente de operações de um eixo simples de roda dupla (N) e pelo Índice de Suporte Califórnia (ISC), respectivamente. Dai a importância de estudos específicos dos solos que constituem o subleito, pois o mesmo será a fundação do pavimento o qual deverá suportar a intensidade das cargas oriundas do tráfego ao qual o mesmo estará

sendo submetido. Partindo do pressuposto acima, pretende-se com a presente pesquisa determinar os parâmetros físicos e mecânicos dos solos da Formação Palermo e Rio Bonito do município de Criciúma-SC.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho teve início com a busca na literatura técnica, de informações teóricas relativas às Formações Geológicas objeto de estudo (Palermo e Rio Bonito), bem como, ensaios de caracterização física e mecânica e tratamento estatístico. Em seguida deu-se início aos trabalhos de campo, no qual coletou-se amostras em várias ruas do município de Criciúma. As coletas foram executadas nos bordos das ruas, em poços de visita com 1,50m de profundidade em média e espaçados de 200m em 200m, aproximadamente. As amostras coletadas foram armazenadas em sacos, identificadas, georeferenciadas com o auxílio de um GPS de navegação e encaminhadas ao Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), para caracterização física e mecânica, através dos ensaios constantes na tabela 1.

Tabela 1 - Normas referentes aos ensaios

Ensaio		Norma ABNT
Caracterização Física	Preparação da amostra	NBR 6457/86
	Granulometria por peneiramento simples	NBR 7181/84
	Limite de liquidez (LL)	NBR 6459/84
	Limite de plasticidade (LP)	NBR 7180/84
Caracterização Mecânica	Compactação energia Proctor Normal	NBR 7182/86
	ISC e Expansão	NBR 9895/87

Fonte: O autor

Por fim, determinou-se por meio de tratamento estatístico os valores mínimos ( $X_{MED - K \cdot S}$ ), médios ( $X_{MED}$ ), máximos ( $X_{MED + K \cdot S}$ ), de acordo com a especificação DNER-PRO 277/97, p. 06, e com grau de confiança de 90% ( $GC_{90}$ ), dos parâmetros físicos e mecânicos dos solos coletadas nas áreas representadas pelas Formações Palermo e Rio Bonito.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para atingir o objetivo geral proposto, o estudo contemplou 15 bairros e 29 ruas do município de Criciúma-SC, somando um total de 114 amostras de solo coletadas, as quais pertencem à Formação Palermo (72,80%) e a Formação Rio Bonito (27,20%). A tabela 2 apresenta um resumo das informações citadas.

Tabela 2 – Localização e classificação geológica das amostras coletadas

BAIRROS	RUAS	AMOSTRAS	FORMAÇÕES GEOLÓGICAS		
1ª LINHA	ANGELA UBIALI	F1 - AM1	PALERMO		
		F2 - AM1	PALERMO		
		F3 - AM1	PALERMO		
		F3 - AM2	PALERMO		
		F4 - AM1	PALERMO		
		F5 - AM1	PALERMO		
		F5 - AM2	PALERMO		
		ANA MARIA	ANTONIO PAULO DE SOUZA	F1 - AM1	PALERMO
				F1 - AM2	PALERMO
				F2 - AM1	PALERMO
F2 - AM2	PALERMO				
BERNADINO NUNES BENTO	F1 - AM1			PALERMO	
	F2 - AM1			PALERMO	
	ESTANISLAU MASCHINSK			F1 - AM1	PALERMO
				F2 - AM1	PALERMO
F2 - AM2				PALERMO	
F3 - AM1				PALERMO	
F3 - AM2		PALERMO			
F4 - AM1		PALERMO			
F4 - AM2	PALERMO				
F5 - AM1	PALERMO				
ARGENTINA	TAMOIO	F1- AM1	RIO BONITO		
		JAIRO FRANK	F2 - AM2	RIO BONITO	
	F3 - AM3		RIO BONITO		
	F4 - AM4		RIO BONITO		
	F5 - AM5		PALERMO		
	CAIAPÓ	F6 - AM6	RIO BONITO		
	AIMORÉ	F7 - AM7	RIO BONITO		
	TUPINAMBÁ	F8 - AM8	RIO BONITO		
	FLORIANÓPOLIS	F9 - AM9	RIO BONITO		
	PORTO VELHO	F1 - AM1	PALERMO		
FÁBIO SILVA	EPITÁCIO PESSOA	F1 - AM1	PALERMO		

Fonte: O autor

Tabela 2 – Localização e classificação geológica das amostras coletadas

BAIRROS	RUAS	AMOSTRAS	FORMAÇÕES GEOLÓGICAS
		F3 - AM1	PALERMO
	ZÉLIO PAULO GAILLI	F1 - AM1	PALERMO
		F1 - AM2	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F2 - AM2	PALERMO
COMERCIÁRIO	VEREADOR CYRO BACHA	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
MORRO ESTEVÃO	ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F3 - AM1	PALERMO
		F4 - AM1	PALERMO
		F4 - AM2	PALERMO
		F5 - AM1	PALERMO
		F5 - AM2	PALERMO
	BRUNO NICROSINI	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F2 - AM2	PALERMO
		F3 - AM1	PALERMO
		F3 - AM2	PALERMO
		F4 - AM1	PALERMO
		F5 - AM1	PALERMO
	LUIZ ZANIVAN	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F3 - AM1	PALERMO
		F3 - AM2	PALERMO
		F4 - AM1	PALERMO
		F5 - AM1	PALERMO
PEDRO ZANIVAN	HENRIQUE RONZONI	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
	PEDRO MARGOTTI	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F2 - AM2	PALERMO
SANTA LUZIA / VILLA VITÓRIA	DIVO FERNANDES	F1 - AM1	RIO BONITO
		F2 - AM1	RIO BONITO
SÃO LUIZ	FIORAVANT BENEDET	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F3 - AM1	PALERMO
LARANJINHA	ROSA BONFANTE UGIONE	F1 - AM1	RIO BONITO
		F2 - AM1	RIO BONITO
MARIA CÉU	TRANQUILO PELEGRIN	F1 - AM1	RIO BONITO
		F2 - AM1	RIO BONITO

Fonte: O autor

Tabela 2 – Localização e classificação geológica das amostras coletadas

BAIRROS	RUAS	AMOSTRAS	FORMAÇÕES GEOLÓGICAS
VILA ISABEL	JOSÉ ERACIDES DO AMARAL	F1 - AM1	RIO BONITO
		F2 - AM1	RIO BONITO
WOSOCRIS	GUIDO COLOMBO	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
	IVO FELTRIN	F1 - AM1	RIO BONITO
		F2 - AM1	RIO BONITO
VIDA NOVA	FREI DAMIÃO	F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F3 - AM1	PALERMO
		F3 - AM2	PALERMO
		F4 - AM1	PALERMO
	RAINHA DA PAZ	F5 - AM1	PALERMO
		F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F3 - AM1	PALERMO
		F4 - AM1	PALERMO
	SANTA HORTOLAN MILIOLI	F4 - AM2	PALERMO
		F5 - AM1	PALERMO
		F1 - AM1	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
		F2 - AM2	PALERMO
	SÃO JUDAS TADEU	F3 - AM1	PALERMO
		F4 - AM1	PALERMO
		F4 - AM2	PALERMO
		F5 - AM1	PALERMO
		F1 - AM1	PALERMO
LOTEAMENTO SESMARIA	RUA LOURENÇO ZANETTE	F1 - AM1	PALERMO
		F1 - AM2	PALERMO
		F2 - AM1	PALERMO
	RUA PROJETADA 01	F2 - AM1	RIO BONITO
		F2 - AM2	RIO BONITO
		F3 - AM1	RIO BONITO
	RUA PROJETADA 02	F1 - AM1	RIO BONITO
		F1 - AM2	RIO BONITO
		F2 - AM1	RIO BONITO
	RUA PROJETADA 03	F1 - AM1	RIO BONITO
		F1 - AM2	RIO BONITO
	RUA PROJETADA 04	F1 - AM1	RIO BONITO
		F2 - AM1	RIO BONITO
	RUA PROJETADA 05	F1 - AM1	RIO BONITO

Fonte: O autor

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS SOLOS DA FORMAÇÃO PALERMO

A Formação Palermo é caracterizada pela ocorrência de rochas sedimentares. Nela são encontrados siltitos, siltitos arenosos, predominando folhelhos silticos argilosos, os quais tendem a formar solos residuais dos tipos silto-argilosos e argilas siltosas, com coloração variando entre o cinza, o amarelo e o roxo. A tabela 3 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização física e mecânica, bem como, o Índice de Grupo (IG), e a classificação TRB (Transportation Research Board) dos solos da Formação Palermo.

Tabela 3 - Características físicas e mecânicas do solo de formação Palermo

RUAS	AMOSTRAS	$\gamma_{sMAX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG	TRB
ANGELA UBIALI	F1 - AM1	1,443	26,40	6,90	1,23	48,7	32,6	16	12	A7-5
ANGELA UBIALI	F2 - AM1	1,480	28,40	6,20	0,24	59,1	40,8	18	15	A7-5
ANGELA UBIALI	F3 - AM1	1,263	38,30	5,30	0,47	42,7	27,9	15	2	A7-6
ANGELA UBIALI	F3 - AM2	1,393	29,70	3,50	2,70	72,2	37,3	35	20	A7-5
ANGELA UBIALI	F4 - AM1	1,426	26,90	4,20	3,49	63,1	39,1	24	18	A7-5
ANGELA UBIALI	F5 - AM1	1,505	25,40	9,30	0,37	36,7	27,8	9	7	A4
ANGELA UBIALI	F5 - AM2	1,583	21,50	8,10	0,95	30,8	26,3	5	8	A4
ANTONIO PAULO DE SOUZA	F1 - AM1	1,597	22,30	3,40	1,35	34,2	21,7	12	7	A6
ANTONIO PAULO DE SOUZA	F1 - AM2	1,723	16,90	7,50	0,40	29,4	10,8	19	5	A6
ANTONIO PAULO DE SOUZA	F2 - AM1	1,568	22,50	3,60	1,35	39,9	26,1	14	10	A6
ANTONIO PAULO DE SOUZA	F2 - AM2	1,789	15,90	17,60	0,04	NL	NP	-	-	A2-4
BERNADINO NUNES BENTO	F1 - AM1	1,785	16,30	10,50	0,30	52,6	29,8	22	10	A7-5
BERNADINO NUNES BENTO	F2 - AM1	1,485	25,10	4,00	2,86	53,5	31	22	10	A7-5
ESTANISLAU MASCHINSK	F1 - AM1	1,498	25,10	8,50	0,88	NL	NP	-	-	A4
ESTANISLAU MASCHINSK	F2 - AM1	1,790	13,70	7,50	0,61	25	18,3	6	0	A2-4
ESTANISLAU MASCHINSK	F2 - AM2	1,732	17,20	6,10	0,37	23,4	19,7	3	0	A2-4
ESTANISLAU MASCHINSK	F3 - AM1	1,914	12,60	2,60	0,00	22	17,7	4	0	A1
ESTANISLAU MASCHINSK	F3 - AM2	1,901	12,60	5,20	1,00	NL	NP	-	-	A2-4
ESTANISLAU MASCHINSK	F4 - AM1	1,671	19,10	3,80	0,36	28,8	19,4	9	1	A4
ESTANISLAU MASCHINSK	F4 - AM2	1,702	19,00	5,30	0,78	26,8	20,1	6	1	A4
ESTANISLAU MASCHINSK	F5 - AM1	1,353	33,30	4,90	1,01	24,3	10,5	13	2	A6
CAIAPÓ	F5 - AM5	1,624	21,20	8,60	0,47	34,5	22,2	12,3	9	A6
EPITÁCIO PESSOA	F1 - AM1	1,353	34,60	3,10	1,77	55,1	34,8	20	15	A7-5

Fonte: O autor

Tabela 3 - Características físicas e mecânicas do solo de formação Palermo

RUAS	AMOSTRAS	$\gamma_{S\text{MÁX}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{\text{ótima}}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG	TRB
EPITÁCIO PESSOA	F2 - AM1	1,227	40,80	2,70	0,60	60,3	33,5	27	19	A7-5
EPITÁCIO PESSOA	F3 - AM1	1,440	28,70	2,10	1,53	63	35	28	12	A7-5
ZÉLIO PAULO GAILLI	F1 - AM1	1,304	34,60	5,00	1,41	64,2	36,2	28	19	A7-5
ZÉLIO PAULO GAILLI	F1 - AM2	1,359	33,30	4,50	0,63	50,5	24,2	26	17	A7-6
ZÉLIO PAULO GAILLI	F2 - AM1	1,581	19,50	4,50	1,11	51,3	34	17	13	A7-5
ZÉLIO PAULO GAILLI	F2 - AM2	1,699	16,90	6,20	1,05	23,8	11,8	12	9	A6
VEREADOR CYRO BACHA	F1 - AM1	1,661	18,40	3,60	2,11	36,8	NP	-	-	A6
VEREADOR CYRO BACHA	F2 - AM1	1,584	23,20	3,10	0,84	41,2	27,1	14	10	A7-6
ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F1 - AM1	1,656	19,00	6,90	0,00	28,8	17	12	9	A6
ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F2 - AM1	1,618	21,50	6,50	0,88	39	23,3	16	10	A6
ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F3 - AM1	1,412	31,80	3,40	2,23	63,2	34,9	28	19	A7-5
ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F4 - AM1	1,838	13,10	9,30	0,17	37,2	NP	-	-	A6
ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F4 - AM2	1,520	24,70	5,10	1,43	41,3	27,7	14	10	A7-6
ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F5 - AM1	1,413	31,70	4,70	1,67	47,8	32,6	15	12	A7-5
ADELINA DAGOSTIN GIASSI	F5 - AM2	1,415	28,60	4,60	2,61	59,3	35,1	24	17	A7-5
BRUNO NICROSINI	F1 - AM1	1,400	28,80	3,40	2,19	59,8	39,9	20	16	A7-5
BRUNO NICROSINI	F2 - AM1	1,998	10,80	7,30	0,59	27,4	17,9	10	0	A2-4
BRUNO NICROSINI	F2 - AM2	1,662	17,90	5,60	1,34	28,5	20,6	8	8	A4
BRUNO NICROSINI	F3 - AM1	1,502	26,30	15,00	0,52	39,4	27,8	12	8	A6
BRUNO NICROSINI	F3 - AM2	1,640	20,50	7,30	0,59	34,5	27,5	7	8	A4
BRUNO NICROSINI	F4 - AM1	1,447	26,60	4,10	2,45	54,1	32,7	21	15	A7-5
BRUNO NICROSINI	F5 - AM1	1,549	20,20	4,90	1,81	49,7	31,1	19	14	A7-5
LUIZ ZANIVAN	F1 - AM1	1,636	20,20	5,30	0,65	43,8	30,7	13	10	A7-5
LUIZ ZANIVAN	F2 - AM1	1,459	26,50	12,80	0,86	36,8	22,6	14	7	A6
LUIZ ZANIVAN	F3 - AM1	1,983	12,10	25,40	0,02	NL	NP	-	-	A2-4
LUIZ ZANIVAN	F3 - AM2	1,454	28,90	8,60	0,03	NL	NP	-	-	A2-4
LUIZ ZANIVAN	F4 - AM1	1,507	24,60	3,80	2,10	39,9	27,4	12	7	A6
LUIZ ZANIVAN	F5 - AM1	1,562	20,30	5,80	1,74	47	39,6	7	8	A5
HENRIQUE RONZONI	F1 - AM1	1,415	30,70	8,40	1,28	61	42,8	18	15	A7-5
PEDRO MARGOTTI	F2 - AM1	1,970	12,10	7,40	0,69	NL	NP	-	-	A1
PEDRO MARGOTTI	F2 - AM2	1,392	29,00	3,90	2,10	47,2	28,4	19	13	A7-6
FIORAVANT BENEDET	F1 - AM1	1,636	19,50	10,70	0,93	33,3	NP	-	-	A6
FIORAVANT BENEDET	F2 - AM1	1,575	23,20	3,50	1,98	46,5	29,4	17	12	A7-6
FIORAVANT BENEDET	F3 - AM1	1,629	21,40	3,90	0,45	39,5	21,9	18	11	A6
FREI DAMIÃO	F1 - AM1	1,854	13,30	14,20	0,61	NL	NP	-	-	A4
FREI DAMIÃO	F2 - AM1	1,686	17,80	7,80	0,97	28,2	17,9	10	8	A4
FREI DAMIÃO	F3 - AM1	1,726	15,40	11,50	0,81	NL	NP	-	-	A4
FREI DAMIÃO	F3 - AM2	1,567	14,30	11,30	0,78	29,4	22,7	7	8	A4
FREI DAMIÃO	F4 - AM1	1,514	25,40	5,20	0,82	38,4	-	-	-	A6

Fonte: O autor

Tabela 3 - Características físicas e mecânicas do solo de formação Palermo

RUAS	AMOSTRAS	$\gamma_s^{MÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG	TRB
FREI DAMIÃO	F5 - AM1	1,685	16,10	7,40	0,77	NL	NP	-	-	A4
RAINHA DA PAZ	F1 - AM1	1,475	27,40	3,80	0,75	60,8	36,1	25	18	A7-5
RAINHA DA PAZ	F2 - AM1	1,421	27,00	8,50	1,48	48	31,4	17	12	A7-5
SANTA HORTOLAN MILIOLI	F1 - AM1	1,448	27,70	5,60	0,50	57,1	35,7	21	16	A7-5
SANTA HORTOLAN MILIOLI	F2 - AM1	1,607	20,20	4,30	1,60	36	24,7	11	8	A6
SANTA HORTOLAN MILIOLI	F2 - AM2	1,783	11,90	8,30	0,34	27,5	18,1	9,4	8	A4
SANTA HORTOLAN MILIOLI	F3 - AM1	1,767	12,50	8,60	0,40	32,4	21	11,4	9	A6
SANTA HORTOLAN MILIOLI	F4 - AM1	1,691	18,50	5,00	0,43	29,3	18,4	11	8	A6
SANTA HORTOLAN MILIOLI	F4 - AM2	1,779	13,70	3,70	0,25	33,7	23,5	10,2	8	A4
SANTA HORTOLAN MILIOLI	F5 - AM1	1,511	25,00	8,20	0,57	38,7	26,7	12	9	A6
SÃO JUDAS TADEU	F2 - AM1	1,76	16,20	7,10	0,43	21,1	-	-	-	A6
HENRIQUE RONZONI	F2 - AM1	1,436	29,00	6,50	1,42	60,5	38,9	22	17	A7-5
PEDRO MARGOTTI	F1 - AM1	1,269	39,90	2,00	2,54	89	54,8	34	20	A7-5
RAINHA DA PAZ	F5 - AM1	1,476	27,20	10,80	0,90	45	30,6	14	11	A7-5
RAINHA DA PAZ	F4 - AM1	1,31	34,80	5,00	0,91	71,9	49,1	23	17	A7-5
RAINHA DA PAZ	F4 - AM2	1,365	32,40	4,30	1,22	62,9	37,3	26	18	A7-5
SÃO JUDAS TADEU	F1 - AM1	1,432	27,80	4,40	0,66	46	30,1	16	12	A7-6
SÃO JUDAS TADEU	F1 - AM2	1,608	21,40	7,20	0,40	33,4	24,8	9	8	A4
GUIDO COLOMBO	F1 - AM1	1,777	13,50	13,60	0,64	NL	NP	-	-	A1
GUIDO COLOMBO	F2 - AM1	1,812	13,70	17,20	0,29	NL	NP	-	-	A1
RAINHA DA PAZ	F3 - AM1	1,958	10,80	13,70	0,04	NL	NP	-	-	A4

Fonte: O autor

A avaliação da tabela 3 mostra que 100% das amostras apresentam  $ISC \geq 2\%$  e que 86,75% das mesmas possuem uma expansão  $< 2\%$ . O que nos mostra que 86,75% dos solos desta Formação Geológica, atendem as especificações do DNIT para camada subleito, isto é, apresentam  $ISC \geq 2\%$  e expansão  $\leq 2\%$ . (DNIT 299/97 p. 03). A tabela 4 apresenta os valores máximo, médio, mínimo e com  $GC_{90}$ , de cada parâmetro físico e mecânico do solo de acordo com o tratamento estatístico dado as amostras (DNER-PRO 277/97, p. 06).



Tabela 4 - Tratamento estatístico dos parâmetros físico e mecânicos

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Nº AMOSTRAS:</b>	83	83	83	83	83	83	83	83
<b>MÉDIA (<math>X_{MED}</math>):</b>	1,584	22,68	6,87	1,01	43,50	28,31	15,90	11
<b>DESVIO PADRÃO (S):</b>	0,180	7,28	3,93	0,75	14,25	8,66	7,16	5
<b>FATOR DE RISCO (K):</b>	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
<b>RESULTADO EST. (<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</b>	1,765	30,03	10,84	1,77	57,89	37,05	23,13	16
<b><math>t_{0,90}</math> de Student</b>	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
<b>GC 0,90</b>	1,558	21,63	6,31	0,91	41,45	27,07	14,87	10
<b>RESULTADO EST. (<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</b>	1,402	15,33	2,90	0,26	29,10	19,57	8,66	5

Fonte: O autor

As tabelas 5 e 6 apresentam um resumo do tratamento estatístico.

Tabela 5 - Resumo características físicas

	LL	LP	IP	Pp#200	IG	TRB
<b>MÁX</b>	57,89	37,05	23,13	99,24	16	A7-6
<b>MÉD</b>	43,50	28,30	15,90	72,18	11	A5
<b>MÍN</b>	29,10	19,57	8,66	45,11	5	A4
<b>G.C. 90%</b>	41,45	27,07	14,87	67,68	10	A7-6

Fonte: O autor

Tabela 6 - Resumo características mecânicas

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ÓTIMA}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)
<b>MÁX</b>	1,765	30,03	10,83	1,77
<b>MÉD</b>	1,584	22,68	6,87	1,01
<b>MÍN</b>	1,402	15,33	2,90	0,26
<b>G.C. 90%</b>	1,558	21,63	6,31	0,91

Fonte: O autor

A análise da tabela 6 permite concluir que estatisticamente os solos da Formação Palermo atendem as especificações do DNIT para camada de subleito.

### 3.1.1 Caracterização do solo de acordo com a classificação TRB

A análise da tabela 3, no que se refere à classificação TRB, apresenta para Formação Palermo sete tipos de solos, cujo percentual de ocorrência dos mesmos encontra-se na tabela 7.

Tabela 7 - Classificação TRB

PALERMO (%)	
A1	4,82
A2-4	8,43
A4	18,07
A5	2,41
A6	25,30
A7-5	32,53
A7-6	8,43
Total:	100,00%

Fonte: O autor

Conforme mostrado na tabela 7, o solo que apresenta maior ocorrência na Formação Palermo é o A7, com 40,96% (A7-5: 32,53% e A7-6: 8,43%) e com menor ocorrência o solo A5, com 2,41%. As tabelas 8 a 13 apresentam para cada solo da classificação TRB, com quantidade de amostras superior a três, os valores máximo, médio e mínimo, para cada característica física e mecânica dos mesmos, de acordo com o tratamento estatístico.

Tabela 8 - Formação Palermo – Solo A1

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,929	15,31	17,69	0,99	22	17,7	4	0
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,818	13,70	10,48	0,52	0	0	0	0
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,706	12,09	3,26	0,04	0	0	0	0

Fonte: O autor

Tabela 9 - Formação Palermo - Solo A2-4

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	2,041	23,63	20,58	0,85	27,90	20,55	7,68	0
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,807	15,89	11,10	0,38	10,83	7,99	2,71	0
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,573	8,14	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Fonte: O autor

Tabela 10 - Formação Palermo - Solo A4

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,851	22,15	12,11	1,00	36,39	26,97	9,81	9
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,700	17,26	8,31	0,63	20,33	14,93	5,37	4
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,549	12,37	4,51	0,26	4,26	2,88	0,93	0

Fonte: O autor

Tabela 11 - Formação Palermo - Solo A6

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,728	25,81	10,02	1,42	39,62	26,47	15,60	10
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,615	21,01	6,91	0,85	33,94	20,87	13,23	8
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,502	16,21	3,80	0,28	28,26	15,27	10,86	6

Fonte: O autor

As tabelas 8 a 11 apresentam para o solo A1, A2-4, A4 e A6, valores mínimo, médio e máximo que se enquadram dentro do estabelecido pelo DNIT, para camada de Subleito.

Tabela 12 - Formação Palermo - Solo A7-5

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,548	34,31	7,36	2,39	67,88	41,86	27,65	18
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,437	28,70	5,11	1,55	58,41	36,21	22,11	15
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,326	23,09	2,86	0,71	48,93	30,57	16,58	12

Fonte: O autor

Tabela 13 - Formação Palermo - Solo A7-6

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,602	35,85	5,31	2,04	49,57	30,31	22,81	17
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,446	28,50	4,26	1,16	45,06	27,83	17,29	11
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,291	21,15	3,20	0,28	40,54	25,35	11,76	5

Fonte: O autor

As tabelas 12 e 13 apresentam para os solos do grupo A7 (A7-5 e A7-6), valores de ISC mínimo, médio e máximo que se enquadram dentro do estabelecido pelo DNIT para camada de subleito. No entanto, o valor máximo de expansão esperado para este solo (2,39%) apresenta-se acima do especificado. Pode-se afirmar com 90% de confiança conforme a tabela 14, que os valores de ISC e expansão dos solos da Formação Palermo segundo sua classificação TRB, atendem as exigências para a referida camada objeto de estudo.

Tabela 14 – Parâmetros físicos e mecânicos com  $GC_{90}$  dos solos da Formação Palermo

	TRB	OCORRÊNCIA (%)	$\gamma_{S_{MÁX}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC(%)	EXP.(%)	LL	LP	IP
	A1	4,82	1,754	12,78	6,36	0,24	0	0	0
	A2-4	8,43	1,706	12,54	7,00	0,18	3,45	2,56	0,57
$GC_{0,90}$	A4	18,07	1,651	15,67	7,08	0,51	15,10	11,00	3,93
	A6	25,3	1,582	19,61	6,00	0,69	32,28	19,23	12,54
	A7-5	32,53	1,409	27,27	4,54	1,33	55,98	34,77	20,69
	A7-6	8,43	1,382	25,43	3,82	0,79	43,18	26,79	14,98

Fonte: O autor

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS SOLOS DA FORMAÇÃO RIO BONITO

A Formação Rio Bonito é caracterizada pela ocorrência de rochas sedimentares, representadas por arenitos, conglomerados, predominando os siltitos e folheiros sílticos. Estas rochas ocorrem de forma intercalada e tendem a formar solos residuais arenosos, siltosos, silto-arenosos, silto argilosos e argilas siltosas, com coloração cinza claro, cinza escuro a cinza esverdeado. Para caracterização física e mecânica da Formação Rio Bonito a quantidade de amostras analisadas foi de 31 (trinta e um), um número menos representativo que as 83 (oitenta e três) amostras analisadas na Formação Palermo, mas o suficiente para nos mostrar uma tendência comportamental dos solos desta Formação. A tabela 15 apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização física e mecânica, bem como, o IG e a classificação TRB dos solos desta Formação.

Tabela 15 - Características físicas e mecânicas do solo de Formação Rio Bonito

RUAS	AMOSTRAS	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG	TRB
JAIRO FRANK	F4 - AM4	1,720	18,70	7,20	0,26	21,7	13,4	8,3	5	A4
FLORIANÓPOLIS	F8 - AM8	1,670	17,20	4,90	0,20	NL	NP	0	0	A4
ROSA BONFANTE UGIONE	F2 - AM1	1,855	14,40	6,90	0,55	25,5	17,7	8	8	A4
TRANQUILO PELEGRIN	F1 - AM1	1,735	16,70	3,70	0,36	26,9	19	8	8	A4
TAMOIO	F1 - AM1	1,445	30,00	3,80	1,74	51,3	30,2	21,1	15	A7-6
JAIRO FRANK	F2 - AM2	1,616	22,10	9,20	0,83	41,5	23,4	18,1	11	A7-6
JAIRO FRANK	F3 - AM3	1,445	28,70	3,40	1,33	59,1	29,4	29,7	20	A7-6
AIMORÉ	F6 - AM6	1,403	29,80	5,00	1,79	62,1	29,9	32,2	20	A7-6
RUA LOURENÇO ZANETTE	F1 - AM1	1,777	14,80	13,40	0,17	NL	NP	0	0	A4
RUA LOURENÇO ZANETTE	F2 - AM1	1,542	23,00	7,30	1,36	37,3	22,2	15	10	A6
RUA LOURENÇO ZANETTE	F2 - AM2	1,559	20,70	4,80	1,53	34,9	25,6	9	8	A4
RUA LOURENÇO ZANETTE	F3 - AM1	1,669	17,70	10,40	0,98	NL	NP	0	0	A4
RUA PROJETADA 01	F1 - AM1	1,533	23,10	6,80	0,62	39,5	24,2	15	10	A6
RUA PROJETADA 01	F1 - AM2	1,568	20,30	10,60	0,47	38,8	22,4	16	10	A6
RUA PROJETADA 01	F2 - AM1	1,549	22,80	5,70	0,43	43,6	23,6	20	13	A7-6
RUA PROJETADA 02	F1 - AM1	1,585	22,40	6,50	0,27	37,8	24,9	13	9	A6
RUA PROJETADA 02	F1 - AM2	1,597	22,00	5,50	0,31	40,4	24,5	16	10	A6
RUA PROJETADA 03	F1 - AM1	1,642	19,50	5,90	1,00	NL	NP	0	0	A4
RUA PROJETADA 04	F1 - AM1	1,733	16,20	14,00	0,22	NL	NP	0	0	A4
RUA PROJETADA 04	F2 - AM1	1,583	20,60	7,70	0,72	31,5	NP	-	-	A6
RUA PROJETADA 05	F1 - AM1	1,653	14,20	6,80	0,02	NL	NP	0	0	A4
TUPINAMBÁ	F7 - AM7	1,554	23,20	3,60	1,64	51,3	23,4	27,9	17	A7-6
DIVO FERNANDES	F1 - AM1	1,455	27,40	5,40	0,34	51,5	26,6	25	16	A7-6
DIVO FERNANDES	F2 - AM1	1,456	26,40	10,70	0,84	51,3	28	23	15	A7-6
IVO FELTRIN	F1 - AM1	1,327	31,20	6,90	0,76	41,2	26,1	15	10	A7-6
IVO FELTRIN	F2 - AM1	1,474	26,80	9,70	0,35	44,8	28,5	16	11	A7-6
ROSA BONFANTE UGIONE	F1 - AM1	1,685	19,40	5,60	0,78	NL	NP	0	0	A4
JOSÉ ERACIDES DO AMARAL	F2 - AM1	1,624	20,10	6,80	0,60	NL	NP	0	0	A4
PORTO VELHO	F9 - AM9	1,873	12,10	10,60	0,12	NL	NP	0	0	A4
TRANQUILO PELEGRIN	F2 - AM1	1,827	14,20	7,30	0,00	24,7	NP	0	0	A6
JOSÉ ERACIDES DO AMARAL	F1 - AM1	1,774	17,00	5,50	0,28	35,1	20,1	15	10	A6

Fonte: O autor

A avaliação da tabela 15 mostra que 100% das amostras apresentam  $ISC \geq 2\%$  e uma expansão  $< 2\%$ . O que nos mostra que o solo desta Formação Geológica atende as especificações do DNIT, para camada de subleito. A tabela 16 apresenta

os valores máximo, médio, mínimo e  $GC_{90}$ , para as características físicas e mecânicas dos solos de acordo com o tratamento estatístico dado aos mesmos.

Tabela 16 - Tratamento estatístico das amostras

	$\gamma_{S_{MÁX}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Nº AMOSTRAS:</b>	31	31	31	31	31	31	31	31
<b>MÉDIA (<math>X_{MED}</math>):</b>	1,611	21,05	7,15	0,67	40,54	24,16	11,71	8
<b>DESVIO PADRÃO (S):</b>	0,134	5,06	2,69	0,51	10,64	4,19	10,04	6
<b>FATOR DE RISCO (K):</b>	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
<b>RESULTADO EST. (<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</b>	1,746	26,17	9,87	1,19	51,28	28,39	21,85	14
<b><math>t_{0,90}</math> de Student</b>	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
<b><math>GC_{0,90}</math></b>	1,579	19,85	6,51	0,55	38,01	23,16	9,33	6
<b>RESULTADO EST. (<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</b>	1,475	15,94	4,43	0,16	29,79	19,92	1,57	1

Fonte: O autor

As tabelas 17 e 18 apresentam um resumo do tratamento estatístico.

Tabela 17 - Resumo das características físicas

	LL	LP	IP	Pp#200	IG	TRB
<b>MÁX</b>	51,28	28,39	21,85	97,15	15	A7-6
<b>MÉD</b>	40,54	24,16	11,71	71,50	8	A7-6
<b>MÍN</b>	29,79	19,92	1,57	45,85	2	A4
<b><math>GC_{90}</math></b>	38,01	23,16	9,33	61,01	7	A4

Fonte: O autor

Tabela 18 - Resumo das características mecânicas

	$\gamma_{S_{MÁX}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)
<b>MÁX</b>	1,746	26,17	9,87	1,19
<b>MÉD</b>	1,611	21,05	7,15	0,67
<b>MÍN</b>	1,475	15,94	4,43	0,16
<b><math>GC_{90}</math></b>	1,579	19,85	6,51	0,55

Fonte: O autor

### 3.2.1 Caracterização do solo de acordo com a classificação TRB

A tabela 19 mostra as três classificações de solos encontradas para esta Formação geológica juntamente com seu percentual.

Tabela 19 - Classificação TRB

RIO BONITO (%)	
A4	41,94
A6	25,81
A7-6	32,26
Total	100%

Fonte: O autor

Conforme mostrado na tabela 19, o solo que apresenta maior ocorrência na Formação Rio Bonito é o A4, com 41,94% e com menor ocorrência o solo A6, com 25,81%, e nesta Formação ao contrário da Formação Palermo, observa-se uma distribuição percentual mais homogênea dos tipos de solo. As tabelas 20 a 22 apresentam para cada solo da classificação TRB, com quantidade de amostras superior a três, os valores máximo, médio e mínimo, para cada característica física e mecânica do solo de acordo com o tratamento estatístico.

Tabela 20 - Formação Rio Bonito – Solo A4

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,804	19,91	11,35	1,00	17,52	11,91	5,73	5
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,707	17,05	7,77	0,52	5,70	3,85	1,87	2
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,611	14,20	4,19	0,04	0,00	0,00	0,00	0

Fonte: O autor

Tabela 21 - Formação Rio Bonito - Solo A6

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,762	24,22	9,13	1,01	42,06	25,24	19,84	13
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,626	20,33	7,15	0,50	35,64	23,05	12,86	8
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,491	16,43	5,17	0,00	29,22	20,86	5,87	4

Fonte: O autor

Tabela 22 - Formação Rio Bonito - Solo A7-6

	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP	IG
<b>Valor Máx</b> <small>(<math>X_{MED} + K \cdot S</math>)</small>	1,567	30,55	9,41	1,67	57,92	30,02	29,50	19
<b>Valor Médio</b> <small>(<math>X_{MED}</math>)</small>	1,472	26,84	6,34	1,01	49,77	26,91	22,80	15
<b>Valor Mín</b> <small>(<math>X_{MED} - K \cdot S</math>)</small>	1,378	23,13	3,27	0,34	41,62	23,80	16,10	11

Fonte: O autor

Pode-se afirmar com 90% de confiança conforme a tabela 23, que os valores de ISC e expansão dos solos da Formação Rio Bonito segundo sua classificação TRB, atendem as exigências para a referida camada objeto de estudo.

Tabela 23 – Parâmetros físicos e mecânicos com  $GC_{90}$  dos solos da Formação Rio Bonito

	TRB	OCORRÊNCIA (%)	$\gamma_{sMÁX}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{ótima}$ (%)	ISC (%)	EXP. (%)	LL	LP	IP
	A4	41,94	1,674	16,06	6,53	0,36	1,59	1,05	0,53
$GC_{90}$	A6	25,81	1,571	18,73	6,34	0,30	33,01	22,15	10,00
	A7-6	32,26	1,436	25,43	5,17	0,75	46,67	25,73	20,25

Fonte: O autor

No que se refere ao ISC e a expansão, todos os três solos atendem aos valores solicitados pelo DNIT para uma camada de subleito, sendo que o solo A4 apresenta valores de ISC mais elevados que os demais.

#### 4. CONCLUSÕES

A Formação Palermo é constituída predominantemente por solos finos, dos grupos A7 (40,96%), A6 (25,30%) e A4 (18,07%). Estes solos são plásticos e compressíveis. Em menor proporção temos os solos granulares dos grupos A1 (4,82%) e A2-4 (8,43%), de baixa plasticidade e compressibilidade. Pode-se afirmar com 90% de confiança, que os valores de ISC e expansão dos solos desta Formação, atendem as exigências do DNIT (DNER-PRO 277/97, p. 06), para camada de subleito. A Formação Rio Bonito é constituída predominantemente por solos finos, plásticos e compressíveis, dos grupos A4 (41,94%), A7-6 (32,26%) e A6





(25,81%). Pode-se afirmar com 90% de confiança, que os valores de ISC e expansão dos solos desta Formação, atendem as exigências do DNIT para camada de subleito. Em suma os comportamentos físicos e mecânicos, dos solos finos das Formações objetos de estudo, apresentam comportamentos semelhantes.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT):

\_\_\_ **NBR-6457** – Preparação da Amostra. Rio de Janeiro, 1986.'

\_\_\_ **NBR 6459** – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.'

\_\_\_ **NBR-7180** – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_ **NBR-7181** – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_ **NBR-7182** – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_ **NBR-9895** – Índice de suporte Califórnia - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.'

POPP, José Henrique. **Geologia geral**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1981

Baptista, Cyro Nogueira. Tomo I: **Ensaio Fundamentais para a Pavimentação - Dimensionamento dos Pavimentos Flexíveis**. Porto Alegre: Globo S. A., 1980. 4.ed. 253 p. il.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 6. ed. 234 p. il.

DAS, Braja M.. **Fundamentos da Engenharia de Geotecnia**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 560 p. il.

MACIEL FILHO, Carlos Leite. **Introdução a Geologia de Engenharia**. Rio Grande do Sul: ufsm, 1997. 2. ed. 284 p. il.