



*Infraestrutura
Planejamento
Geomática*



Laboratório de Transportes **LATRAN**

WORKSHOP SOBRE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NAS CONCESSÕES RODOVIÁRIAS FEDERAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE - MS

Pesquisas Resultantes do RDT

- 14 Trabalhos de Conclusão de Curso Finalizados;
- 3 Trabalhos de Conclusão de Curso em Andamento;
- 19 Bolsistas de Iniciação Científica;
- 3 Dissertações de Mestrado em Andamento;
- 13 Publicações de Artigos Científicos;
- 2 Equipes de Pesquisa criadas na área de Infraestrutura de Transportes na UFMS;
- Modernização do Laboratório de Transportes.

Introdução



Estudo do Comportamento Mecânico de Solos Estabilizados Quimicamente no Estado de Mato Grosso do Sul



Estabilização de Solos

- **Parâmetros mecânicos avaliados na estabilização de solos.**

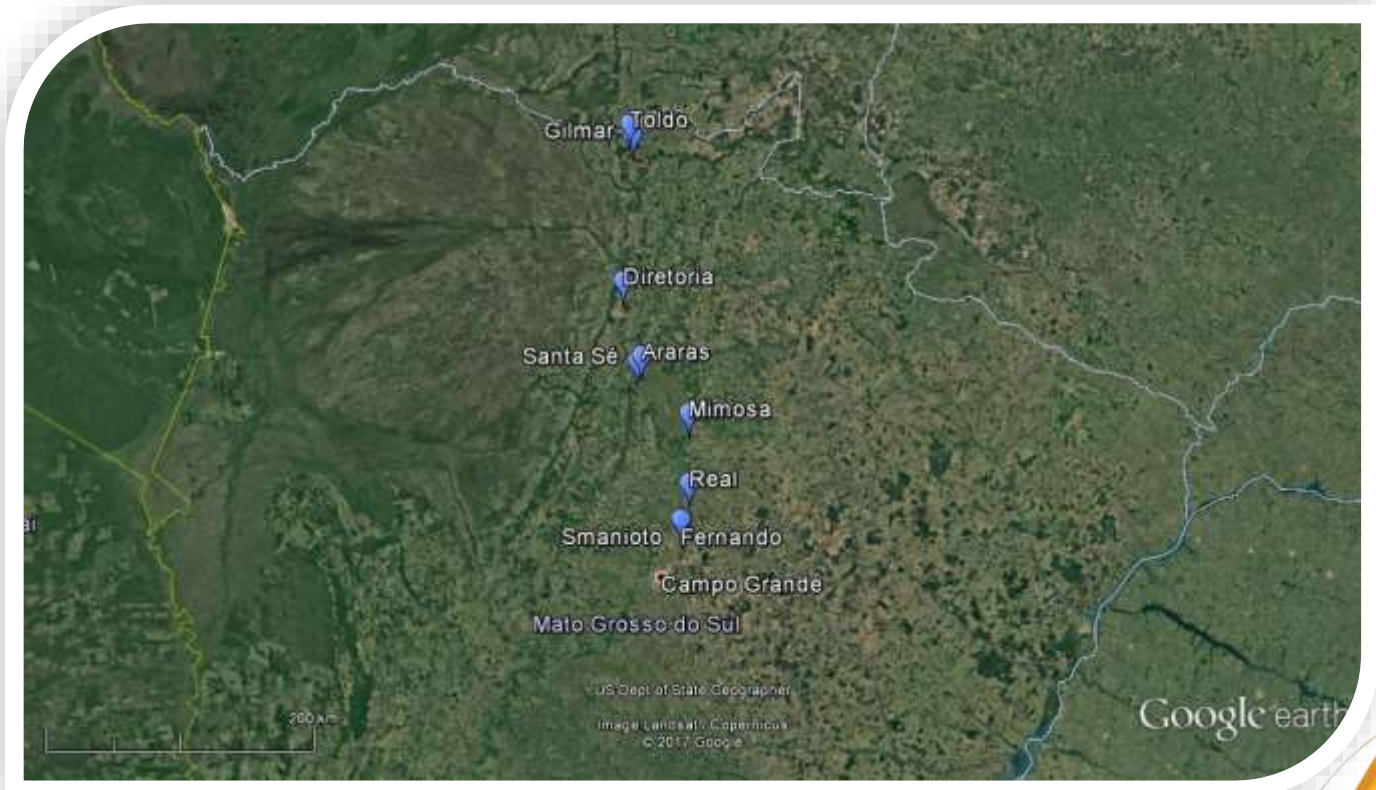


Solo - Cimento

- **Proteção Ambiental;**
- **Economia de energia;**
- **Vantagens técnicas.**



Localização das Jazidas



Materials

Reaproveitamento de materiais



Bases cimentadas

■ Incorporação de

➤ Solos



➤ Resíduos de revestimento



➤ Cimento



Estabilização

■ Aglutinantes hidráulicos

➤ Cimento

➤ 0%

➤ 2%

➤ 4%

➤ Arenosos

➤ Granulares

➤ Argilosos

➤ Agua

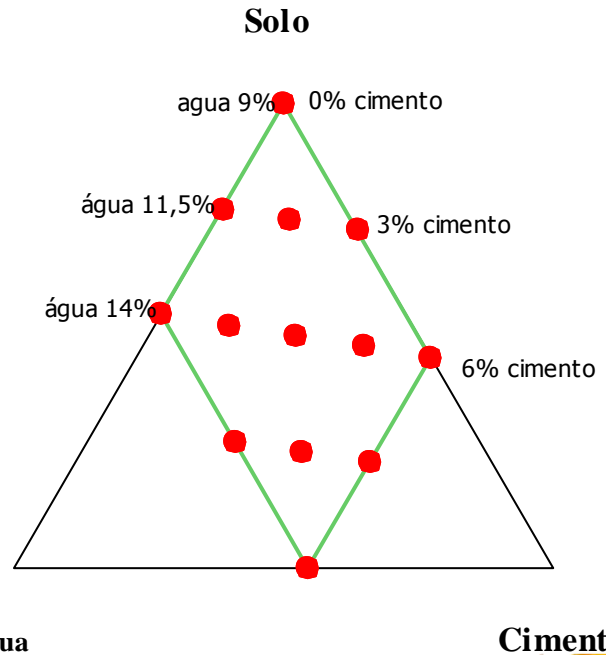
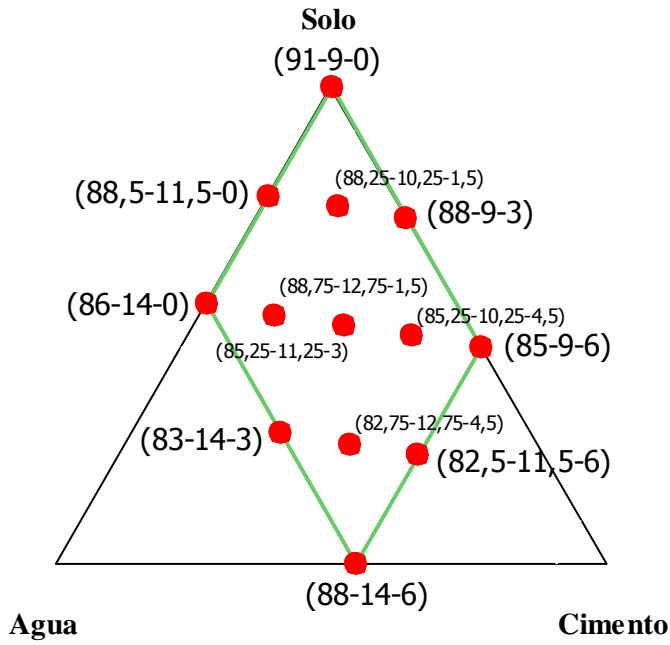
➤ Seco%

➤ Ótimo%

➤ Úmido%

Delimitação e Dosagem

Dosagem



Bases Flexíveis

Dosagem

N	Materiais		
	Solo	Água	Cimento
1	0,8000	0,1400	0,060
2	0,91	0,09	0
3	0,85	0,09	0,06
4	0,86	0,14	0
5	0,88	0,09	0,03
6	0,885	0,115	0
7	0,83	0,14	0,03
8	0,825	0,115	0,06
9	0,855	0,115	0,03
10	0,8275	0,1275	0,045
11	0,8825	0,1025	0,15
12	0,8525	0,1025	0,045
13	0,8525	0,1275	0,015

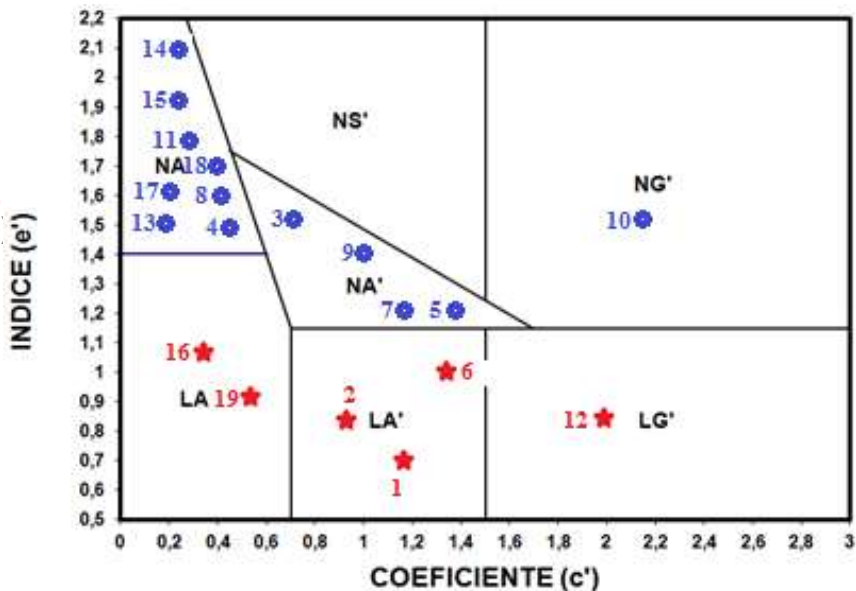
Análise

Jazida	Limites de Atterberg		Classificações			Proctor N		Proctor M	
	LL (%)	IP (%)	HRB	USCS	MCT	W _o (%)	pd (g/cm ³)	W _o (%)	pd (g/cm ³)
Toldo A	26	10	A-2-4	GC	NA	13,76	1.968	11,02	2.102
Toldo B	39	19	A-2-6	GC	NA'	11,32	1.843	14,12	1.996
Gilmar A	43	16	A-2-6	SC	LA	12,54	1.875	8,89	2.187
Gilmar B	40	15	A-2-6	GC	NA	12,76	1.892	9,17	2.049
Diretoria A	24	13	A-2-4	SC	LA	13,36	1.851	11,13	1.975
Diretoria B	31	16	A-2-4	SC	NA	12,43	1.823	10,89	1.988
Araras A	36	17	A-2-6	SC	NA'	14,42	1.723	11,23	1.921
Araras B ↑LS	25	8	A-2-4	SC	LA'	14,12	1.752	11,35	1.966
Araras B ↓LS	35	16	A-2-6	SC	NA'	15,32	1.689	11,00	1.893
Santa Sé	35	14	A-6	SC	NG'	19,68	1.623	16,80	1.712
Mimosa ↑LS	29	10	A-2-6	SC	LA'	12,21	1.963	8,63	2.016
Mimosa LS	24	7	A-2-4	GC	LA'	10,23	1.993	6,28	2.132
Mimosa ↓LS	35	17	A-2-6	SC	NA'	14,76	1.859	9,63	1.982
Real A	35	17	A-2-4	SC	LG'	14,57	1.941	11,40	2.176
Real B	36	18	A-2-6	SC	NA	15,76	1.965	12,00	2.050
Smanioto A	NP	NP	A-1-a	SW	NA	10,24	1.892	6,32	2.196
Smanioto B	NP	NP	A-1-b	GP	NA	9,25	1.921	6,59	2.247
Fernando A	NP	NP	A-1-a	SW	NA	10,15	1.921	7,30	2.236
Fernando B	NP	NP	A-1-a	SW	NA	9,28	1.872	6,68	2.196

Análise

Solos tropicais

1. **Mimosa** (acima da linha de seixos)
2. **Mimosa** (linha de seixos)
3. Mimosa (abaixo da linha de seixos)
4. Diretoria B
5. Araras A
6. **Araras B** (acima da linha de seixos)
7. Araras B (abaixo da linha de seixos)
8. Toldo A
9. Toldo B
10. Santa Sé
11. Real B
12. Real A
13. Fernando B
14. Fernando A
15. Gilmar B
16. **Gilmar A**
17. Smanioto B
18. Smanioto A
19. **Diretoria A**



Classificação de Solos

Jazida	HRB	USCS	MCT
	GRUPO A-1		
Fernando A	A-1-a	SW	NA
Fernando B	A-1-a	SW	NA
Smanioto A	A-1-a	SW	NA
Smanioto B	A-1-b	GP	NA
	GRUPO A-2-4		
Toldo A	A-2-4	GC	NA
Diretoria A	A-2-4	SC	LA
Diretoria B	A-2-4	SC	NA
Araras B ↑LS	A-2-4	SC	LA'
Real A	A-2-4	SC	LG'
Mimosa LS	A-2-4	GC	LA'
	GRUPO A-2-6		
Gilmar A	A-2-6	SC	LA
Gilmar B	A-2-6	GC	NA
Toldo B	A-2-6	GC	NA'
Araras A	A-2-6	SC	NA'
Araras B ↓LS	A-2-6	SC	NA'
Real B	A-2-6	SC	NA
Mimosa ↑LS	A-2-6	SC	LA'
Mimosa ↓LS	A-2-6	SC	NA'
	GRUPO A-6		
Santa Sé	A-6	SC	NG'

Classificação de Solos

Jazida	HRB	USCS	MCT
	GRUPO LA'		
Araras B ↑LS	A-2-4	SC	LA'
Mimosa ↑LS	A-2-6	SC	LA'
Mimosa LS	A-2-4	GC	LA'
	GRUPO LA		
Gilmar A	A-2-6	SC	LA
Diretoria A	A-2-4	SC	LA
	GRUPO LG'		
Real A	A-2-4	SC	LG'
	GRUPO NA		
Gilmar B	A-2-6	GC	NA
Toldo A	A-2-4	GC	NA
Diretoria B	A-2-4	SC	NA
Real B	A-2-6	SC	NA
Fernando A	A-1-a	SW	NA
Fernando B	A-1-a	SW	NA
Smanioto A	A-1-a	SW	NA
Smanioto B	A-1-b	GP	NA
	GRUPO NA'		
Toldo B	A-2-6	GC	NA'
Araras A	A-2-6	SC	NA'
Araras B ↓LS	A-2-6	SC	NA'
Mimosa ↓LS	A-2-6	SC	NA'
	GRUPO NG'		
Santa Sé	A-6	SC	NG'

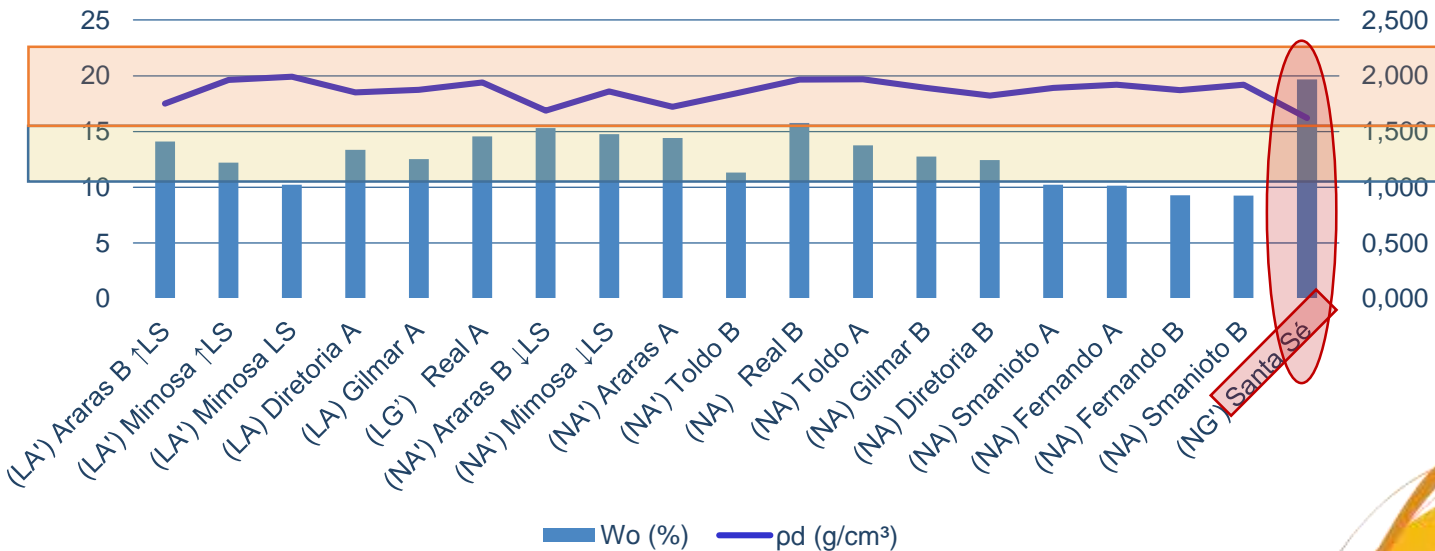
Classificação de Solos

Jazida	HRB	USCS	MCT
GRUPO SC			
Gilmar A	A-2-6	SC	LA
Diretoria A	A-2-4	SC	LA
Diretoria B	A-2-4	SC	NA
Araras A	A-2-6	SC	NA'
Araras B ↑LS	A-2-4	SC	LA'
Araras B ↓LS	A-2-6	SC	NA'
Real A	A-2-4	SC	LG'
Real B	A-2-6	SC	NA
Santa Sé	A-6	SC	NG'
Mimosa ↑LS	A-2-6	SC	LA'
Mimosa ↓LS	A-2-6	SC	NA'
GRUPO GC			
Gilmar B	A-2-6	GC	NA
Toldo A	A-2-4	GC	NA
Toldo B	A-2-6	GC	NA'
Mimosa LS	A-2-4	GC	LA'
GRUPO SW			
Fernando A	A-1-a	SW	NA
Fernando B	A-1-a	SW	NA
Smanioto A	A-1-a	SW	NA
GRUPO GP			
Smanioto B	A-1-b	GP	NA

Análise

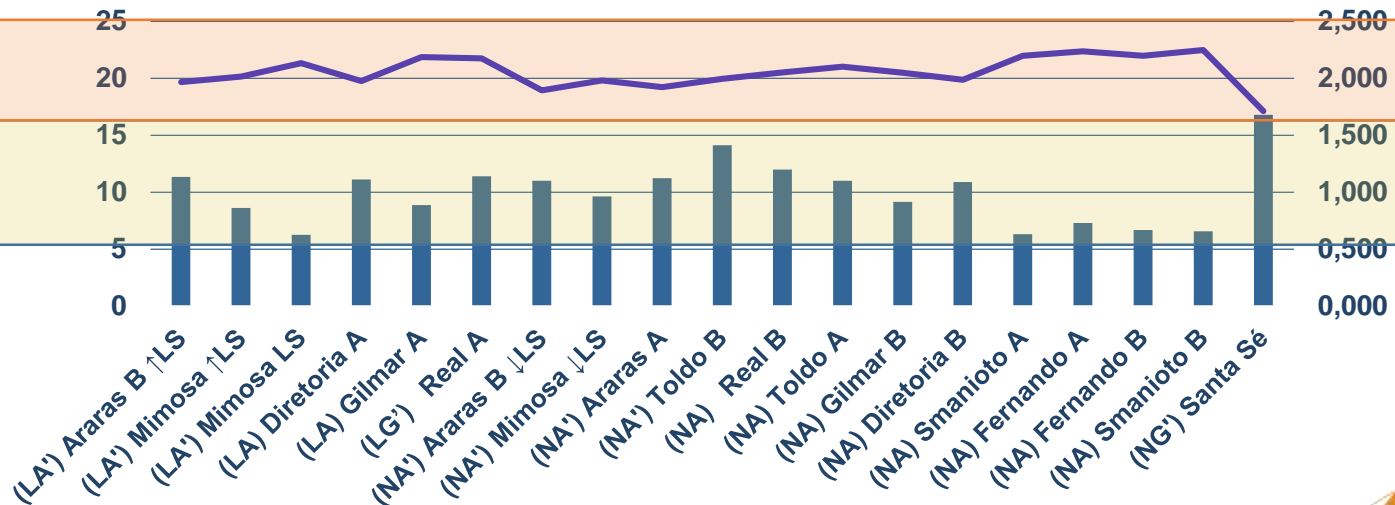
Compactação

Proctor Normal



Compactação

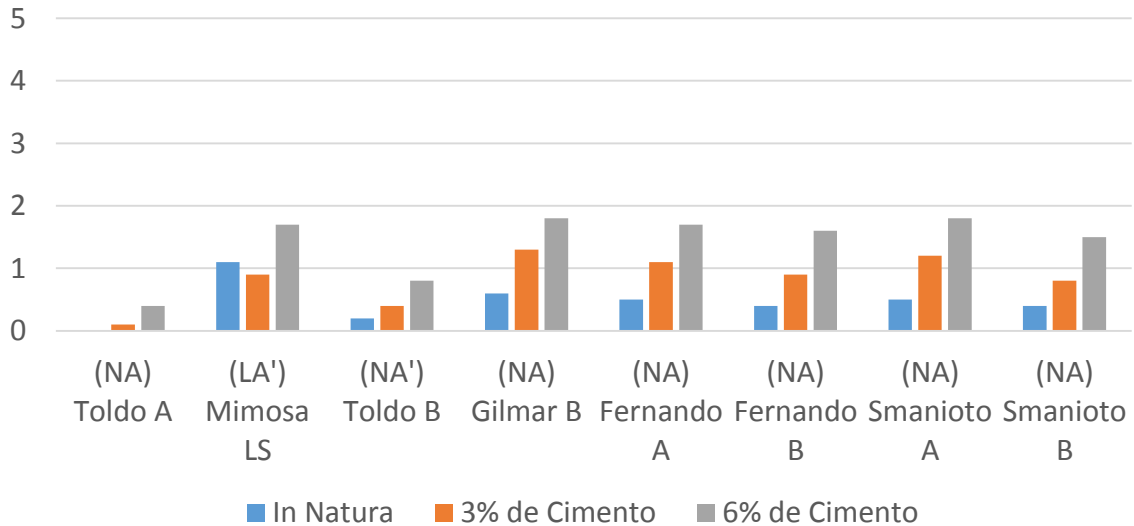
Proctor Modificado



Análise

Compressão Simples

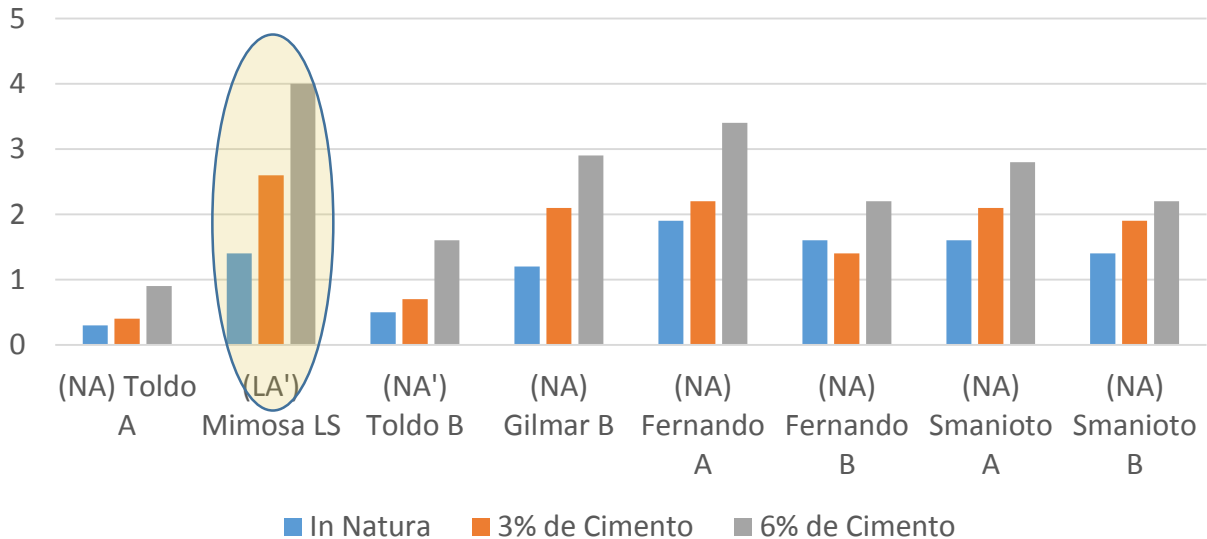
- Solos Granulares (7 Dias)
- Proctor Normal



Análise

Compressão Simples

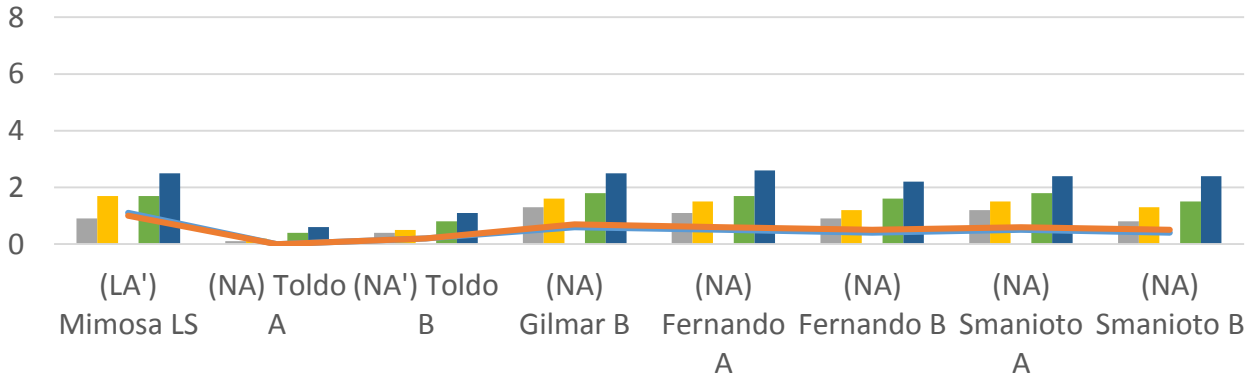
- Solos Granulares (7 Dias)
- Proctor Modificado



Análise

Compressão Simples

- Solos Granulares
- Proctor Normal



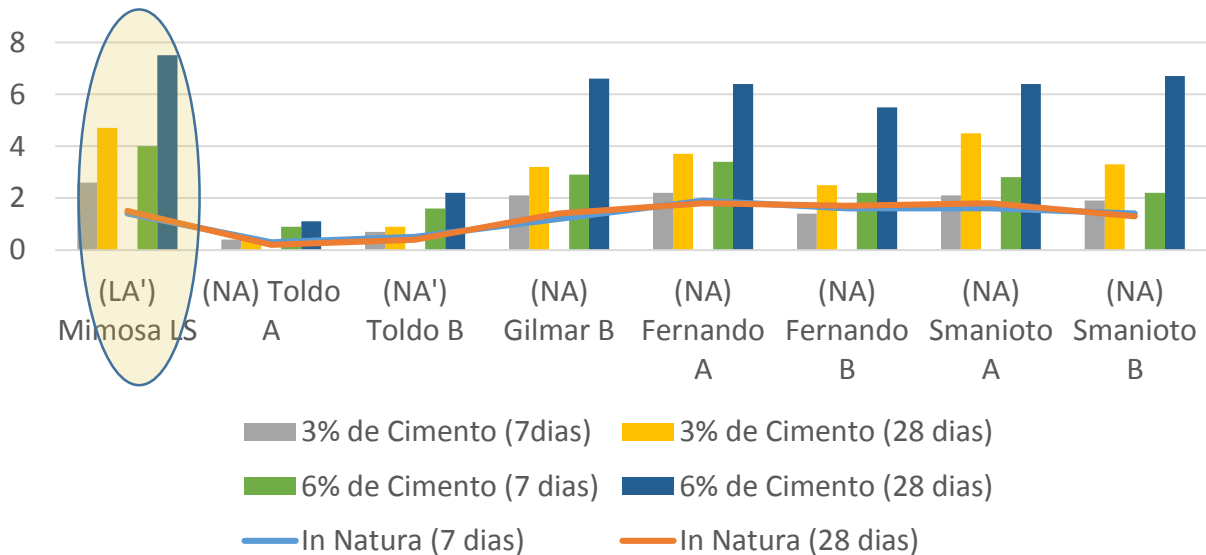
3% de Cimento (7 dias)
 3% de Cimento (28 dias)
 6% de Cimento (7 dias)

6% de Cimento (28 dias)
 In Natura (7 dias)
 In Natura (28 dias)

Análise

Compressão Simples

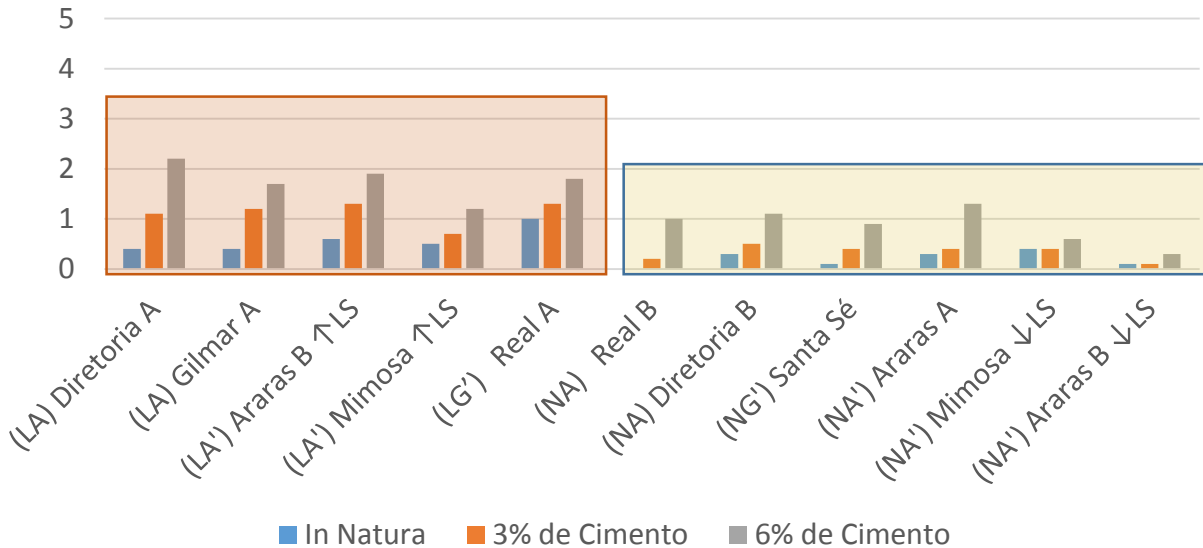
- Solos Granulares
- Proctor Modificado



Análise

Compressão Simples

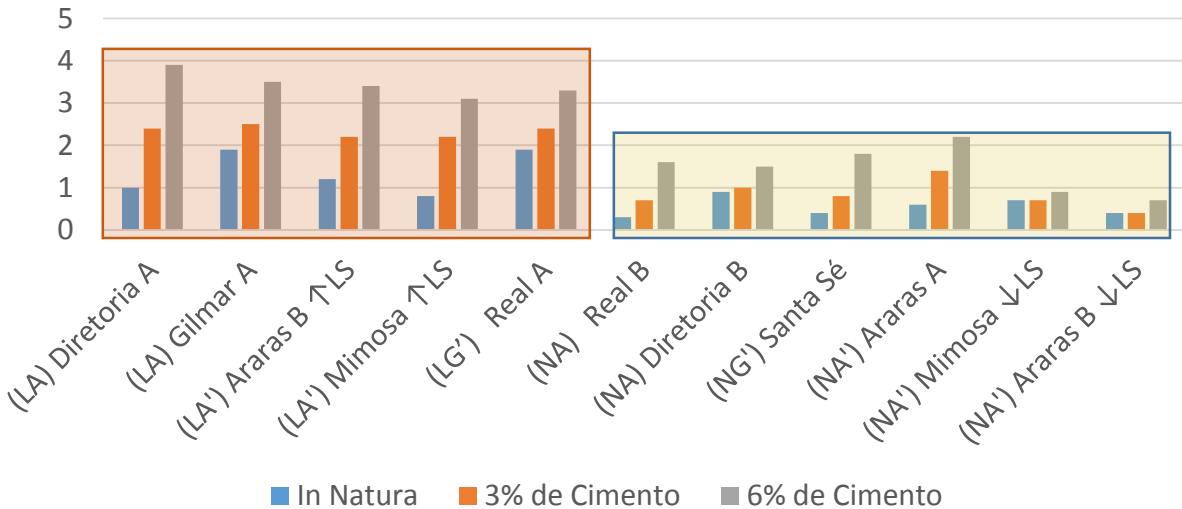
- Solos Finos (7 Dias)
- Proctor Normal



Análise

Compressão Simples

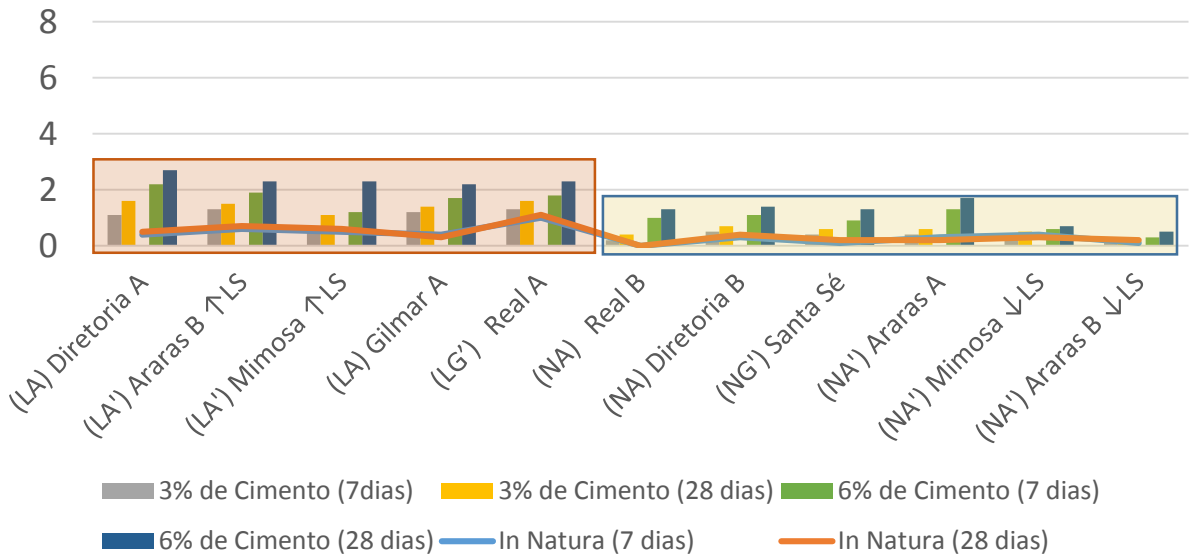
- Solos Finos (7 Dias)
- Proctor Modificado



Análise

Compressão Simples

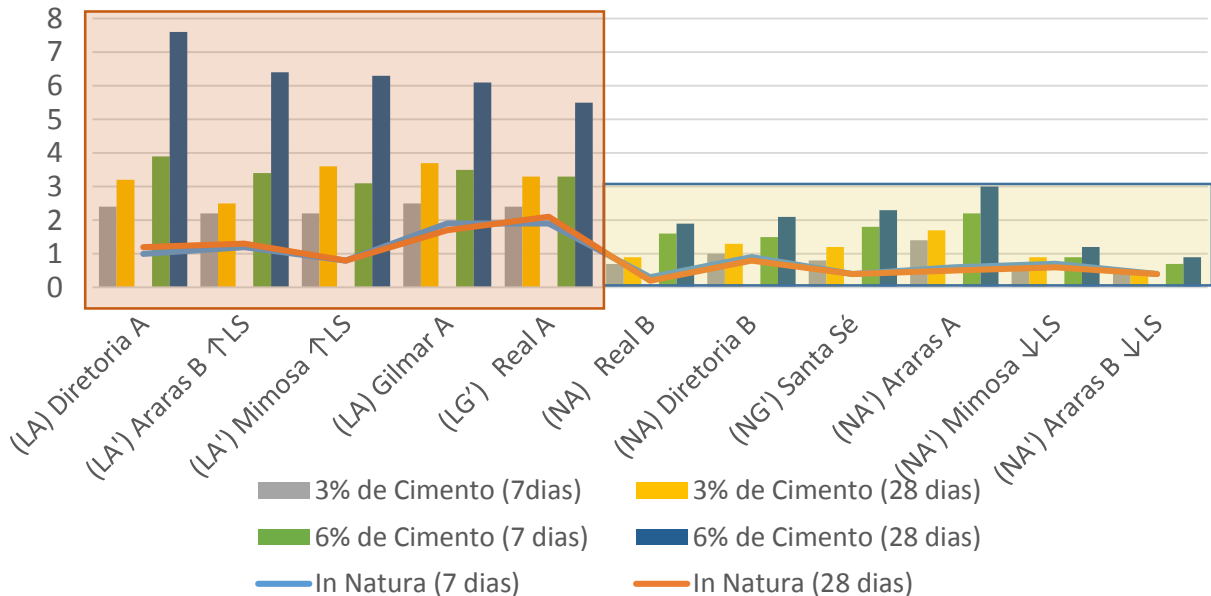
- Solos Finos
- Proctor Normal



Análise

Compressão Simples

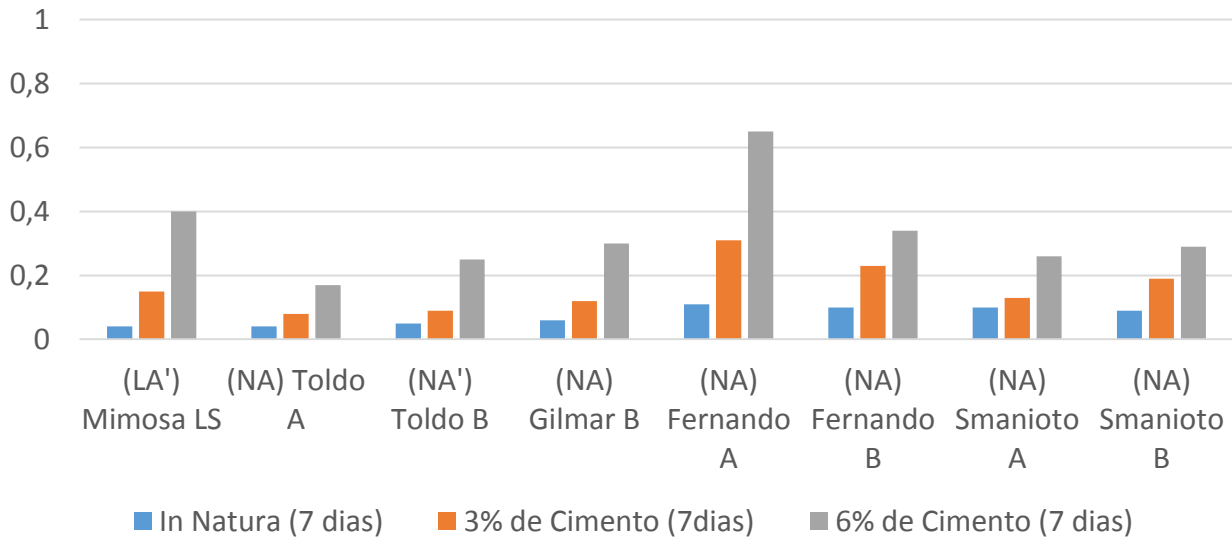
- Solos Finos
- Proctor Modificado



Análise

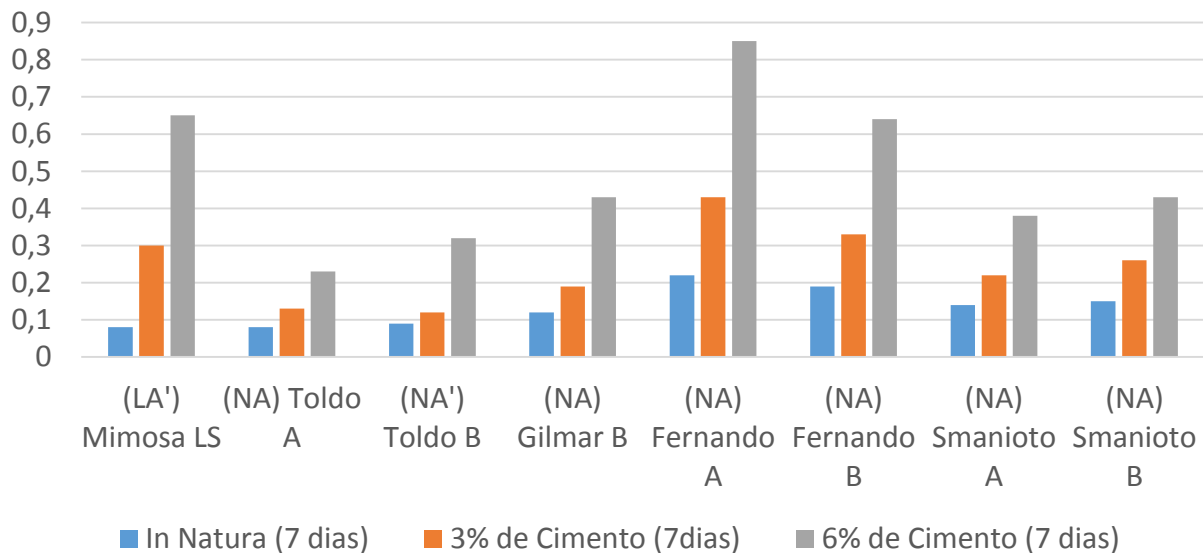
Compressão Diametral (Mpa)

- Solos Granulares
- Proctor Normal



Compressão Diametral (Mpa)

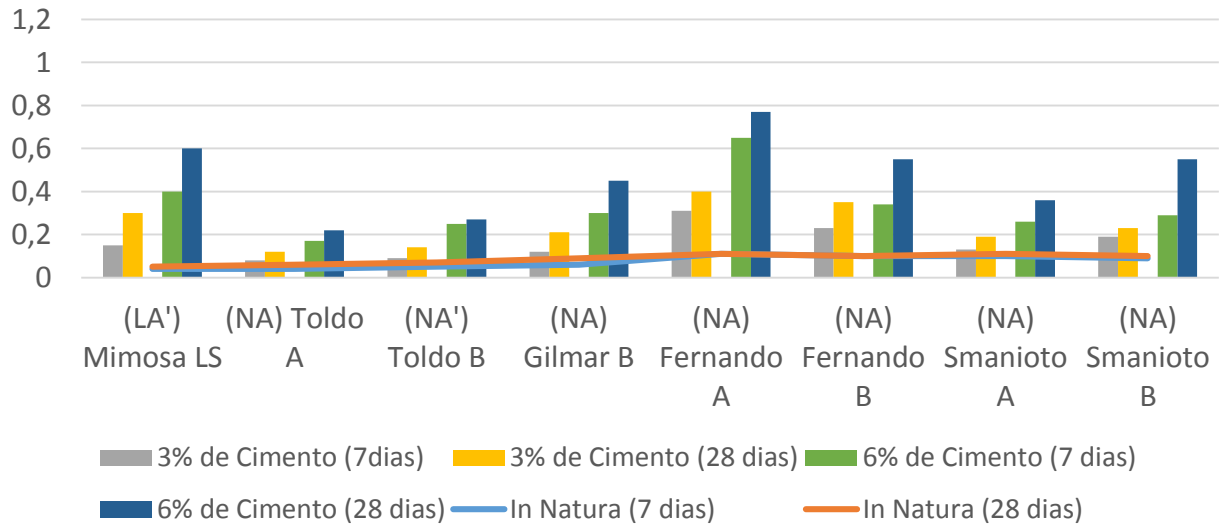
- Solos Granulares
- Proctor Modificado



Análise

Compressão Diametral (Mpa)

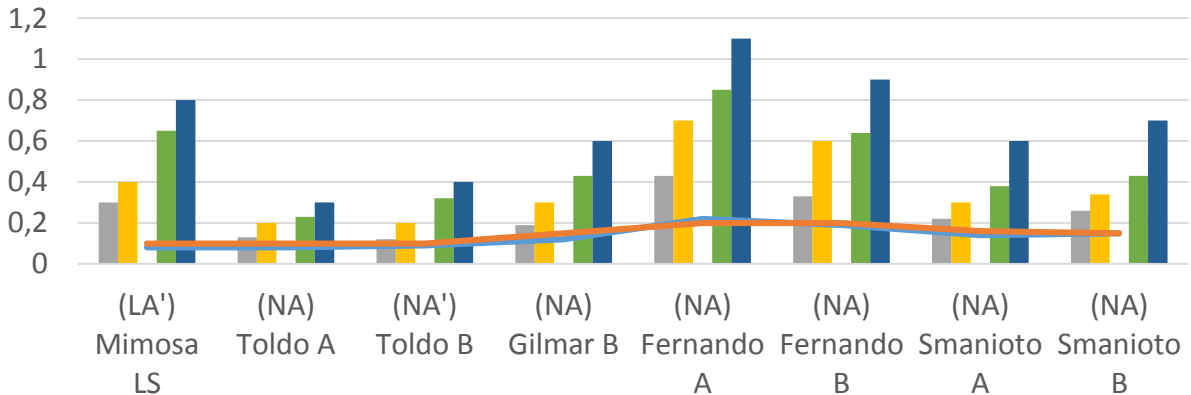
- Solos Granulares
- Proctor Normal



Análise

Compressão Diametral (Mpa)

- Solos Granulares
- Proctor Modificado

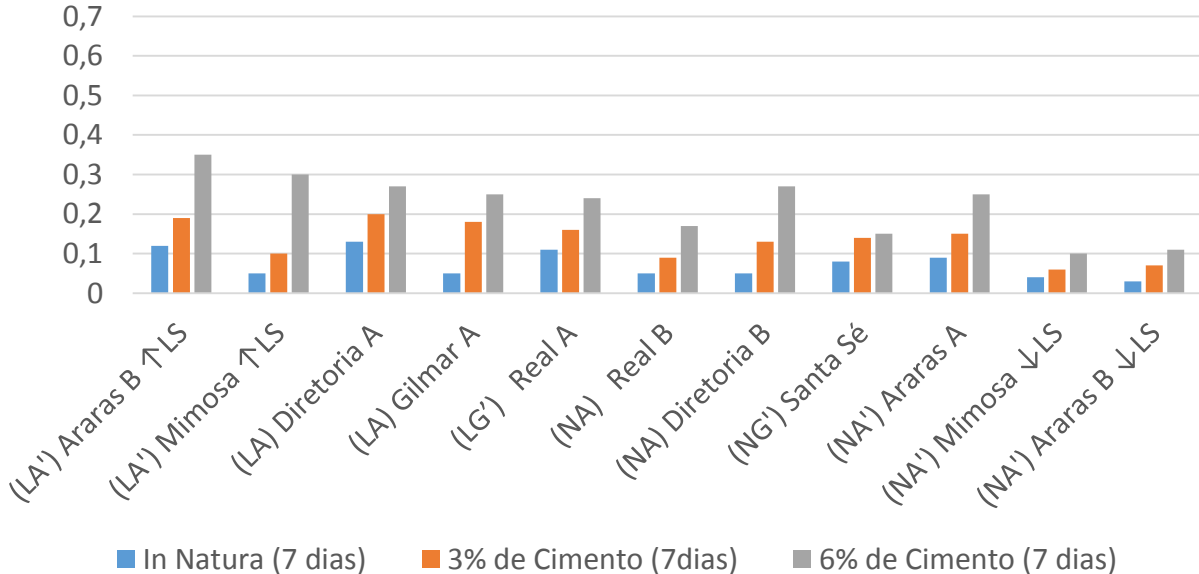


- 3% de Cimento (7dias)
- 3% de Cimento (28 dias)
- 6% de Cimento (7 dias)
- 6% de Cimento (28 dias)
- In Natura (7 dias)
- In Natura (28 dias)

Análise

Compressão Diametral (Mpa)

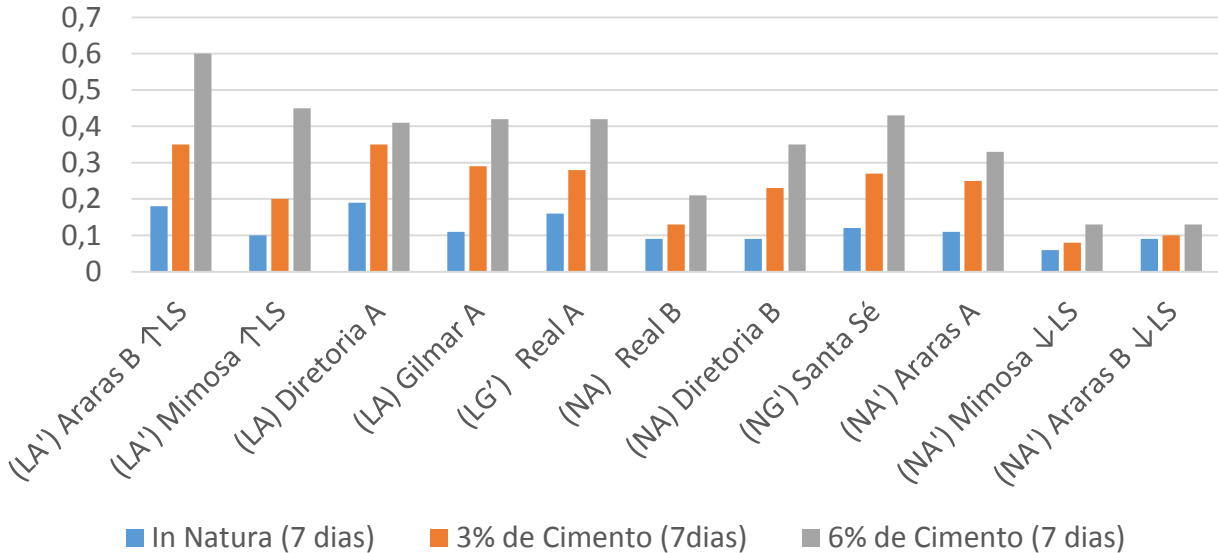
- Solos Finos
- Proctor Normal



Análise

Compressão Diametral (Mpa)

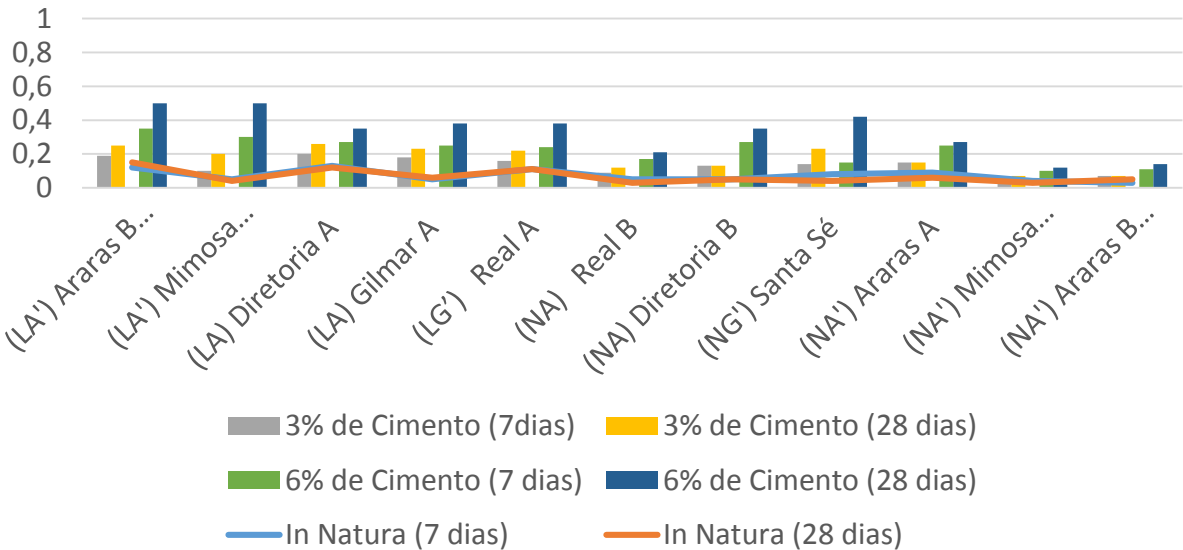
- Solos Finos
- Proctor Modificado



Análise

Compressão Diametral (Mpa)

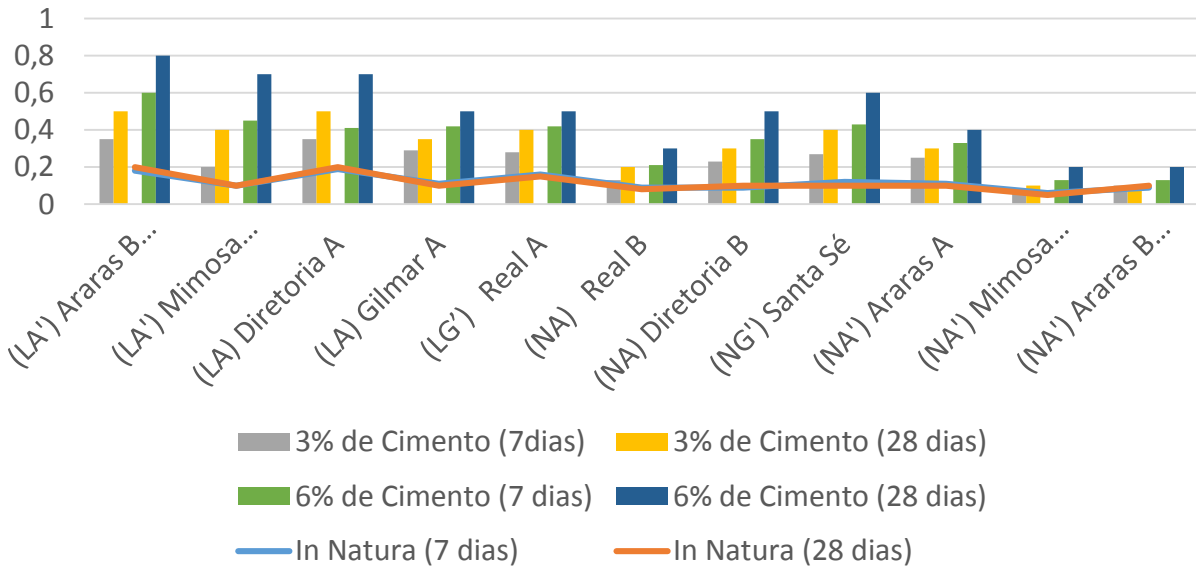
- Solos Finos
- Proctor Normal



Análise

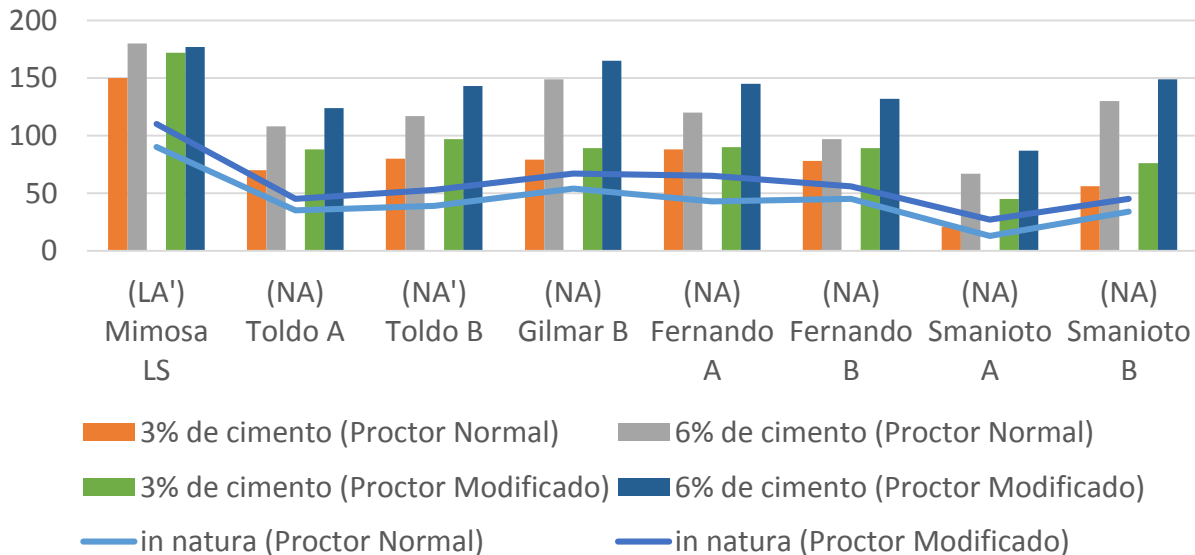
Compressão Diametral (Mpa)

- Solos Finos
- Proctor Modificado



Compressão Diametral (Mpa)

CBR - Proctor Normal e Modificado



Conclusões

- Foi verificado que comparando os solos de diferentes classificações, os solos de comportamento laterítico mesmo não sendo recomendado seu uso, apresentaram melhor desempenho na maioria dos ensaios de resistência.
- Analisando-se os parâmetros de compactação, constatou-se que o aumento da energia do Proctor normal para o modificado produz um aumento da massa específica seca máxima e conseqüentemente a diminuição da umidade ótima. Este efeito é ligeiramente maior para os solos de comportamento laterítico que dos não lateríticos.
- Observou-se que a cura de 7 para 28 dias não favoreceu o ganho de resistência na maioria dos solos in natura estudados e constatou-se que a condição de cura é mais favorável, quando há o incremento do cimento Portland nos corpos de prova.

Conclusões

- Os valores de resistência à compressão simples, resistência tração por compressão diametral e módulo de resiliência tiveram um incremento com o aumento do teor de cimento para todas as amostras estudadas. Para os ensaios com os solos lateríticos, verificou-se o crescimento mais significativo desses valores comparado aos valores obtidos pelos solos não lateríticos.
- Considerando-se os ensaios com a energia de compactação do Proctor modificado como a situação real do pavimento, devido ao volume de tráfego da rodovia, observa-se que para todos os solos, ocorre uma ação positiva decorrente do uso do cimento Portland. Considerando esta situação, para os solos finos seria melhor utilizar um teor entre 3 e 6%, dando preferência ao valor ótimo encontrado e devido ao critério econômico, utilizar a menor quantidade de cimento possível.

Bibliografia de Consulta

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: solo –determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: solo – ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7183: determinação do limite e relação de contração dos solos. Rio de Janeiro, 1982.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211 – agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12253: solo-cimento – dosagem para emprego como camada de pavimento. Rio de Janeiro, 1992.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12270: ensaio de compressão simples. Rio de Janeiro, 1992.
9. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 135: pavimentação asfáltica – misturas asfálticas – determinação do módulo de resiliência – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

Bibliografia de Consulta

10. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 138: pavimentos flexíveis – misturas betuminosas – determinação da resistência à tração por compressão diametral – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

11. CORNELL, J.A. Experiments with Mixtures: Design, Models, and the Analysis of Mixture Data. John Wiley & Sons, New York, 2002.

12. GUIMARÃES, J.E.P. Cal: fundamentos e aplicações na engenharia civil. PINI, São Paulo/SP, 1997.

13. LITTLE, D.N. Stabilization of Pavement Subgrades and Base Courses with Lime. Published by Kendall/Hunt Publishing Company. 1995.

14. MONTGOMERY D. C.; E. A. PECK: Introduction to Linear Regression Analysis. John Wiley & Sons, New York, 1992. Experiments. John Wiley & Sons, New York, 1995.

15. PILATI F.; FAXINA A. L.; FABBRI G. T. P.; GIGANTE A. C.; SÓRIA M. H. A.; LEITE L. F. M. Procedimento para formulação de asfaltos-borracha com vistas a atender os requisitos da dosagem Marshall. Revista Transportes, v.XVI, 2008.

Obrigado pela Atenção

16. SENÇO, W. Pavimentação. São Paulo: Grêmio politécnico, 1979.
17. SUÁREZ, D.A.A.; PARREIRA A.B.; JUNIOR J. L. F. Estudo de dois solos lateríticos do Estado de São Paulo com a adição de emulsão asfáltica. 39ª. Reunião Anual de Pavimentação, Recife, 2008.
18. THOMPSON, M.R. Lime Reactivity of Illinois Soils. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE. 1966.
19. FAXINA A. L. Estudo da viabilidade técnica do uso do resíduo de óleo de xisto como óleo extensor em ligantes asfalto-borracha. EESC/USP, São Carlos, 2006.



SONORA - Dispositivo
11/08/2015



SONORA