

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
15 a 18 de Setembro de 2020 – Campinas - SP



Correlações entre parâmetros geotécnicos do solo residual de basalto da Formação Serra Geral

Pedro Eugênio Boehl

Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim-RS, Brasil, pedro.boehl@uffs.edu

Mauro Leandro Menegotto

Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó-SC, Brasil, mauro.menegotto@uffs.edu.br

Érika Barp

Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim-RS, Brasil, erikabarp@hotmail.com

Daniel Gral

Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim-RS, Brasil, danielgral@hotmail.com

RESUMO: O objetivo geral deste trabalho, foi estudar o comportamento inter-relacional dos parâmetros geotécnicos, adotando mecanismos de análise gráfico-estatísticas, para os solos residuais de basalto. Buscou-se dados existentes, através de uma revisão atualizada de trabalhos relacionados ao solo residual de basalto. Além disso coletou-se amostra indeformada de solo, do *Campus* UFFS Erechim, destinada ao ensaio de cisalhamento direto, nas condições inundadas. Integraram o banco de dados 45 pontos de amostragem com suas respectivas características geotécnicas. O estudo correlacionou um conjunto de 18 parâmetros, aplicando os coeficientes de correlação e determinação para sua análise estatística. Destacam-se como satisfatórios o ângulo de atrito pela fração de areia, índice de atividade pela coesão, grau de saturação pelo teor de umidade e índice de vazios pelo peso específico seco. Como moderados a fração de argila pela coesão, grau de saturação pelo peso específico seco, peso específico seco pela coesão e ângulo de atrito pelo índice de vazios. Obteve-se para o solo do trabalho: ângulo de atrito interno $23,3^\circ$; intercepto coesivo 10 kPa. Através da investigação promovida, para reta de Coulomb utilizando-se todos os solos da pesquisa, obteve-se para o intercepto coesivo o valor de 18,2 kPa e ângulo de atrito interno de $25,2^\circ$.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Residual de Basalto, Índices Físicos, Parâmetros Geotécnicos.

ABSTRACT: The general aim of this research is to study the inter-relational behavior of geotechnical parameters, adopting mechanisms from graphic-statistic analysis, in basaltic residual soils. Existing data were searched through review of updated researches regarding basaltic residual soil. Additionally, an undisturbed soil sample was collected at UFFS - Campus Erechim for direct shear test, under flooded conditions. The database is comprised of forty-five sampling points and their respective geotechnical characteristics. The study correlated a set of eighteen parameters, applying coefficients of correlation and determination, for statistical analysis. The angle of friction by the sand fraction, cohesion by the activity index, degree of saturation by moisture content and void ratio by dry density stand out as satisfactory. As moderate clay fraction by cohesion, degree of saturation by dry density, dry density by cohesion and angle of friction by the void ratio. The soil of this paper presented an internal friction angle 23.3° and cohesive intercept 10 kPa. Through the research promoted, for Coulomb straight using all soils of the research, it was obtained for the cohesive intercept 18.2 kPa and for the internal friction angle of 25.2° .

KEYWORDS: Basaltic residual soil, Physical Indexes, Geotechnical Parameters.

1 Introdução

Devido aos processos diferenciados, que ocorrem para a formação dos solos residuais, comparados aos sedimentares, se espera que apresentem comportamentos geomecânicos distintos (MACCARINI, 1993). Os



solos residuais de basalto, apresentam como característica boa capacidade de suporte, variando entre baixa e intermediária permeabilidade, bem como granulação fina, podendo apresentar alto risco de erosão. Quando compactados, tendem a diminuir significativamente sua permeabilidade e elevar sua capacidade de suporte (DIEMER, 2008). Boehl (2011) salienta que a cimentação entre partículas é uma componente importante da resistência destes solos. Autores como Braida et al. (2007), Thermann et al. (2006), McKyes et al. (1994), Braga et al. (2014), Hirata et al. (1990) correlacionaram parâmetros geotécnicos, incluindo análises com regressão multivariada.

Deste modo, o objetivo do trabalho foi estudar o comportamento inter-relacional dos parâmetros geotécnicos, adotando mecanismos de análise gráfico-estatísticas, para os solos residuais de basalto.

2 Metodologia

Os solos analisados são de origem residual de basalto, mais especificamente argilas siltosas e siltes argiloso oriundos de basaltos de coloração cinza clara, com a seguinte especificação geológica: K1 β – Formação Serra Geral (CPRM, 2006). De posse das informações de 45 amostras de solos analisadas e com o auxílio do Software Microsoft Excel, foram realizados os cruzamentos dos parâmetros. Através do gráfico de dispersão apresentam-se as correlações entre variáveis e suas respectivas linhas de tendência. Estas linhas expressam o comportamento dos dados, através de equações, lineares, exponenciais, logarítmicas ou polinomiais de 2º ordem. Sob as funções obtidas, utilizam-se os seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de correlação (R) e coeficiente de determinação (R²), que permitiram a comparação e análise entre os dados estimados e observados. O coeficiente de correlação de Person (R) está associado a linearidade de duas variáveis, a Tabela 1, apresenta uma interpretação de seus valores.

Valor de R (\pm)	Interpretação
0,00 a 0,19	Uma correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Uma correlação fraca
0,40 a 0,69	Uma correlação moderada
0,70 a 0,89	Uma correlação forte
0,90 a 1,00	Uma correlação muito forte

Fonte: Próprio autor.

Com relação ao coeficiente de determinação (R²), pode-se dizer que é uma medida descritiva da qualidade do ajuste, obtido pelo modelo de regressão. Adotou-se como critério de classificação o parâmetro proposto por Karunaprema e Edirisingh (2002), que estabelece como satisfatórias, somente as interações, que geram equações com R² superior a 0,5.

A Tabela 2 apresenta o banco de dados elaborado com base nos autores selecionados.

3 Resultados e análises

Os resultados dos cruzamentos propostos pela Tabela 2 foram apresentados na Tabela 3 e 4. A Tabela 3 apresenta os dados organizados, pelo critério proposto por Karunaprema e Edirisingh (2002). Na Tabela 4 é avaliado o critério do coeficiente de correlação, estar minimamente entre os valores ± 0.4 a ± 0.69 . Esta faixa de valores é considerada como uma correlação moderada.

Cabe ressaltar que as interações apresentadas na Tabela 4 obtiveram resultados inferiores a um R² de 0,5 somente abrangendo as equações do tipo lineares, exponenciais, logarítmicas ou polinomiais de 2º ordem, estando suscetíveis a apresentarem melhores resultados, sobre análise de equações de maior grau.

Tabela 2. Banco de dados de resultados de caracterização geotécnica do solo residual de basalto.

Autor	Ponto	Local	IP (%)	LL (%)	IA	c (kPa)		ϕ (°)		w (%)	γ_d (kN/m ³)	γ_m (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	Sr (%)	e	Granulometria			
						Natural	Imundado	Natural	Imundado							Argila	Silte	Areia	Pedregulho
	B	Ijuí - RS	27,84	66,00	0,38	-	19,63	-	31,87	37,91	13,61	18,77	28,34	-	-	78,80	10,30	10,43	0,47
A	C	Ijuí - RS	24,36	60,50	0,38	-	21,70	-	31,20	34,25	14,30	19,20	28,25	-	-	71,43	12,17	16,40	0,00
	D	Augusto Pestana - RS	25,58	51,70	0,45	-	23,58	-	31,89	26,94	15,29	19,40	28,72	-	-	66,51	9,99	23,49	0,01
B	Único*	Erechim - RS	15,00	71,00	0,19	29,50	17,50	22,15	18,26	43,00	10,60	15,15	28,90	71,95	1,72	79,02	11,17	9,72	0,09
	AL1	Rod SP318 - Km 261	-	-	-	-	-	-	-	21,50	12,85	15,70	28,45	52,10	1,20	-	-	-	-
C	AL2	Rod SP318 - Km 262	-	-	-	-	-	-	-	16,90	15,11	17,66	28,45	53,50	0,88	-	-	-	-
	AL3	Rod SP318 - Km 263	-	-	-	-	-	-	-	21,00	12,95	15,70	28,45	50,90	1,20	-	-	-	-
D	1.2 m	Passo Fundo - RS	1,00	43,00	-	-	-	-	-	34,00	-	-	26,70	75,70	1,23	68,00	5,00	27,00	0,00
E	A	Ijuí - RS	11,00	59,00	-	15,80	-	24,27	34,52	-	-	-	28,52	54,96	1,79	-	-	-	-
	73.12	Vargem - SC	26,00	74,00	-	-	-	-	-	39,80	12,40	17,30	-	-	-	64,30	30,00	5,30	0,40
	74.12	Vargem - SC	29,00	70,00	-	-	-	-	-	32,10	13,40	17,70	-	-	-	63,50	31,00	5,30	0,20
F	75.12	Vargem - SC	18,00	52,00	-	-	-	-	-	27,20	15,70	19,90	-	-	-	44,50	42,20	7,50	1,70
	78.12	Vargem - SC	-	-	-	17,60	-	26,20	36,20	11,60	15,80	-	75,00	1,43	-	-	-	-	-
	351	São Vendelino - RS	18,00	60,00	-	-	-	-	-	32,50	-	-	29,50	-	-	41,00	41,00	16,00	2,00
G	360	São Vendelino - RS	16,00	56,00	-	-	-	-	-	26,60	11,90	15,00	28,90	53,70	1,44	40,00	45,00	13,00	2,00
	365	São Vendelino - RS	20,00	54,00	-	-	-	-	-	26,90	13,00	16,50	29,00	63,30	1,23	35,00	48,00	16,00	1,00
H	Único*	Erechim - RS	6,00	56,00	0,10	10,40	-	17,74	36,90	10,60	14,55	27,50	65,00	1,55	61,82	29,82	8,41	0,12	
	0,5	Chapecó - SC	13,40	53,30	0,17	-	-	-	-	29,30	-	-	27,05	-	-	79,00	13,00	8,00	0,00
	1	Chapecó - SC	18,10	55,20	0,24	-	-	-	-	30,20	-	-	27,06	-	-	77,00	16,00	7,00	0,00
	1	Chapecó - SC	21,00	58,50	0,25	-	-	-	-	31,50	-	-	27,03	-	-	83,00	10,00	7,00	0,00
I	2	Chapecó - SC	16,40	54,60	0,20	-	-	-	-	30,60	-	-	26,95	-	-	84,00	13,00	3,00	0,00
	2,5	Chapecó - SC	20,90	64,10	0,25	-	-	-	-	30,80	-	-	27,09	-	-	84,00	11,00	5,00	0,00
	3	Chapecó - SC	16,00	67,30	0,20	-	-	-	-	30,80	-	-	27,37	-	-	79,00	14,00	7,00	0,00
	3,5	Chapecó - SC	22,60	67,70	0,32	-	-	-	-	28,20	-	-	27,37	-	-	70,00	24,00	6,00	0,00
	4	Chapecó - SC	21,60	61,30	0,38	-	-	-	-	29,10	-	-	27,49	-	-	57,00	32,00	11,00	0,00
	Nat 1	Chapecó - SC	-	-	-	17,00	-	28,40	-	42,30	10,35	-	-	72,20	1,62	-	-	-	-
	Nat 2	Chapecó - SC	-	-	-	-	-	-	-	41,40	10,68	-	-	74,40	1,53	-	-	-	-
	Nat 3	Chapecó - SC	-	-	-	-	-	-	-	41,30	10,21	-	-	69,00	1,65	-	-	-	-
J	Ins 1	Chapecó - SC	-	-	-	-	-	-	-	41,60	9,66	-	-	63,70	1,80	-	-	-	-
	Ins 2	Chapecó - SC	-	-	-	9,00	-	34,50	-	41,10	10,60	-	-	73,10	1,55	-	-	-	-
	Ins 3	Chapecó - SC	-	-	-	-	-	-	-	39,00	11,17	-	-	75,50	1,42	-	-	-	-
	Ins 4	Chapecó - SC	-	-	-	-	-	-	-	39,00	10,82	-	-	71,70	1,50	-	-	-	-
K	Único*	Páhal - SC	32,00	65,00	-	-	-	-	-	-	-	-	28,46	-	-	-	-	-	-
L	PF	Passo Fundo - RS	19,00	40,00	0,36	-	-	-	-	-	-	-	27,57	-	-	53,00	21,00	26,00	0,00
	Ere	Erechim - RS	15,00	62,00	0,24	-	-	-	-	-	-	-	27,27	-	-	62,00	22,00	16,00	0,00
	C	Ijuí - RS	31,85	75,00	0,52	-	1,22	-	21,30	44,71	10,39	15,04	27,65	73,80	1,68	61,14	21,54	1,01	0,00
M	D	Ijuí - RS	14,37	61,00	0,17	-	6,68	-	23,60	30,93	11,40	14,39	28,11	55,62	1,56	82,67	8,72	8,61	0,00
	E	Ijuí - RS	31,81	56,60	0,52	-	1,63	-	20,50	30,16	11,25	14,53	28,63	54,06	1,57	61,14	25,31	11,56	0,17
N	CB	Coronel Barros - RS	31,00	56,00	-	-	48,85	-	34,80	28,70	14,71	-	28,54	-	-	-	-	-	-
O	A1	Erechim - RS	19,00	78,00	-	38,00	22,50	18,78	15,00	42,20	10,89	15,49	29,10	74,13	1,67	81,79	13,49	4,43	0,29
	A2	Erechim - RS	16,00	74,00	-	16,50	16,00	18,42	14,00	49,34	10,00	14,92	28,90	75,31	1,90	79,67	15,60	4,46	0,27
P	Único*	Erechim - RS	6,00	56,20	0,10	-	-	-	-	42,00	11,56	16,42	26,98	83,69	1,38	61,82	29,65	8,41	0,00
Q	Único*	Passo Fundo - RS	11,00	53,00	-	-	-	-	-	34,00	-	-	16,30	26,70	1,20	68,00	5,00	27,00	-
R	A	Ijuí - RS	11,97	59,00	0,14	47,00	15,80	19,90	24,14	34,53	10,21	13,74	28,52	55,50	1,79	85,00	10,00	5,00	0,00
	B	Ijuí - RS	20,63	81,00	0,25	56,50	38,90	22,58	23,17	37,30	10,74	14,75	29,04	64,00	1,71	82,25	11,50	6,25	0,00

*Obs.: Ponto único sem nomenclatura específica.

Fonte: Próprio autor

Tabela 3. Critério $R^2 > 0,5$.

(x, y)	R	Função	Equação	R^2
ϕ x % Areia	0,677	Poli. 2° Ord.	$y = 0,0512x^2 - 1,7681x + 21,036$	0,541
IA x c	-0,211	Poli. 2° Ord.	$y = -532,53x^2 + 322,28x - 20,873$	0,639
		Linear	$y = 0,6101x - 4,5371$	0,554
Sr x w		Exponencial	$y = 9,5499e^{0,0195x}$	0,526
		Logarítmico	$y = 40,229\ln(x) - 132,4$	0,579
	0,744	Poli. 2° Ord.	$y = -0,0337x^2 + 5,0191x - 145,49$	0,652
		Linear	$y = 0,908x + 34,087$	0,554
w x Sr		Exponencial	$y = 39,34e^{0,0144x}$	0,579
		Logarítmico	$y = 26,931\ln(x) - 28,901$	0,526
		Poli. 2° Ord.	$y = 0,0045x^2 + 0,6145x + 38,54$	0,555
		Linear	$y = -5,0386x + 18,904$	0,893
e x γ_d		Exponencial	$y = 21,227e^{-0,421x}$	0,898
		Logarítmico	$y = -7,014\ln(x) + 14,092$	0,924
	-0,945	Poli. 2° Ord.	$y = 3,3447x^2 - 14,547x + 25,455$	0,934
		Linear	$y = -0,1772x + 3,5124$	0,893
γ_d x e		Exponencial	$y = 6,6062e^{-0,132x}$	0,924
		Logarítmico	$y = -2,131\ln(x) + 6,6649$	0,898
		Poli. 2° Ord.	$y = 0,008x^2 - 0,3716x + 4,6755$	0,898

Fonte: Próprio autor.

Tabela 4. Critério $R^2 < 0,5$ e R entre $\pm 0,4$ a $\pm 0,69$.

(x, y)	R	Função	Equação	R^2
Argila (%) x c	0,515	Poli. 2º Ord.	$y = -0,0897x^2 + 13,549x - 487,95$	0,427
Sr x γ_d	0,475	Poli. 2º Ord.	$y = 0,0041x^2 - 0,6041x + 32,794$	0,295
γ_d x c	0,482	Poli. 2º Ord.	$y = 1,0072x^2 - 21,991x + 134,95$	0,256
ϕ x e	-0,422	Logarítmico	$y = -0,258\ln(x) + 2,4455$	0,186
IP x ϕ	0,481	Poli. 2º Ord.	$y = -0,0033x^2 + 0,5099x + 14,859$	0,233

Fonte: Próprio autor.

Já na Figura 1 observa-se que o comportamento das variáveis, ângulo de atrito pela porcentagem de areia, pode ser descrito através da utilização de uma equação polinomial de segunda ordem, desta forma obteve-se um R^2 de 0,541 e um coeficiente de correlação de 0,677. Percebe-se uma distribuição dos valores, um tanto homogênea em torno do ponto de amostragem para cada autor. De maneira geral os indicadores estatísticos tendem a prever uma moderada afinidade entre as variáveis. a relação do índice de atividade dos solos pela coesão, apresenta sua curva de tendência com inicial crescimento e posterior declínio, separada por um ponto de inflexão de proporcionalidade. O comportamento proposto através de uma função polinomial de segunda ordem obteve um R^2 de 0,639, apresentado na Figura 2.

A Figura 3 apresenta o resultado da interação da variável índice de vazios pelo peso específico seco. Sua linha de tendência, na faixa dos valores analisados, obteve o melhor resultado pela utilização de uma equação polinomial de segunda ordem. A tendência apresentou um comportamento de decréscimo do seu peso específico seco com o aumento do índice de vazios, gerando um R^2 satisfatório de 0,934.

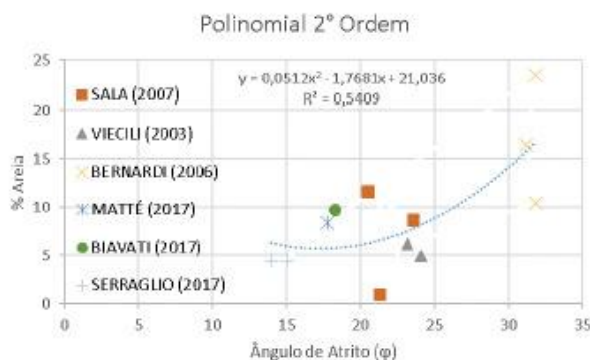


Figura 1. Ângulo de Atrito x % Areia.

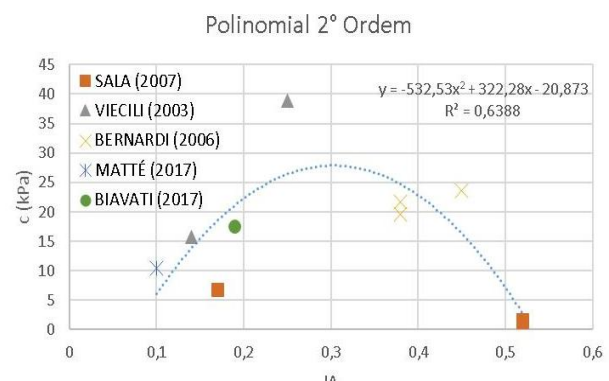


Figura 2 – Índice de atividade x Coesão

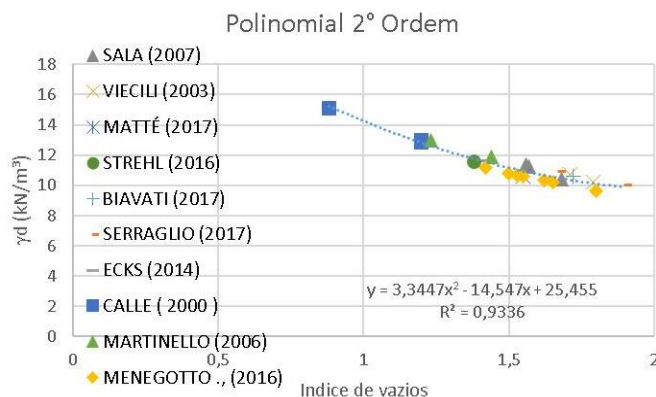


Figura 3 – Índice de vazios x Peso específico seco.

Percebe-se na Figura 4 que a relação do grau de saturação com o teor de umidade, obteve como resultado mais expressivo um R^2 de 0,652, descrito por uma equação de 2º ordem, todavia questiona-se o

comportamento proposto pela sua linha de tendência seja fisicamente possível, com seu final decréscimo do teor de umidade para com aumento da saturação. Concomitantemente ao se levar em conta o critério do valor mínimo satisfatório adotado de $R^2 > 0,5$, verifica-se na Tabela 4 que o mesmo também pode ser descrito pelo comportamento linear, exponencial e logarítmico.

Apresenta na Figura 5 o comportamento exponencial proposto, que obteve R^2 de 0,579. Seu coeficiente de correlação apresenta valor de 0,744, enquadrando-se na classificação de Pearson como tendo forte correlação.

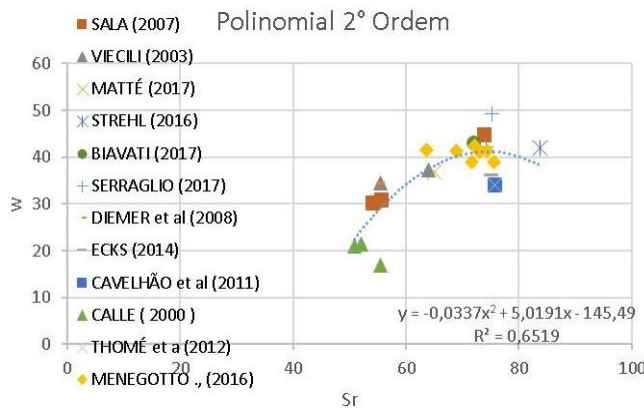


Figura 4. Grau de saturação x Teor de umidade, descrito pela equação de 2º ordem.

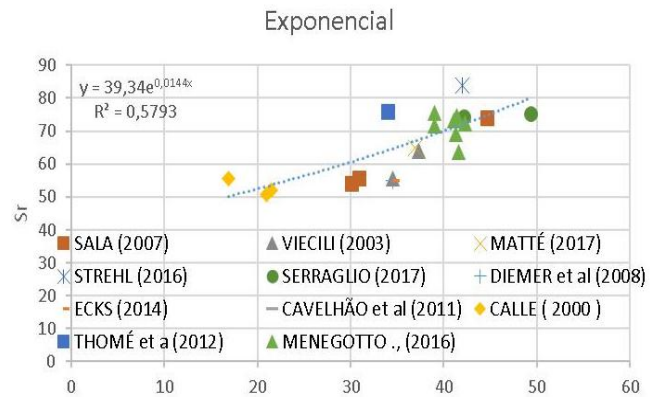


Figura 5. Grau de saturação x Teor de umidade, descrito pelo comportamento exponencial.

Com relação ao cruzamento entre a coesão e a fração de argila, apresentada na Figura 6 apesar de contraditório, tendo como referência o comportamento tradicional do modelo das argilas sedimentares, observa-se uma moderada correlação, obtendo-se um R de 0,515. A linha de tendência, obtida, demonstra um leve acréscimo da coesão para com fração de argila.

A Figura 7 apresenta tendência ao decréscimo do peso específico seco com o aumento grau de saturação. O seu valor de R de 0,475, indica uma correlação moderada entre estes parâmetros.

Constata-se na Figura 8 a tendência do crescimento do peso específico seco com o aumento da coesão. Estes parâmetros apresentam um coeficiente de correlação moderado, indicado pelo valor de R de 0,482, conforme classificação.

A Figura 9 descreve a análise do índice de vazios em relação ao ângulo de atrito. Como resultado, esta interação apresenta, um coeficiente de correlação de 0,422. Verifica-se a tendência da diminuição ângulo de atrito para com o aumento do índice de vazios.

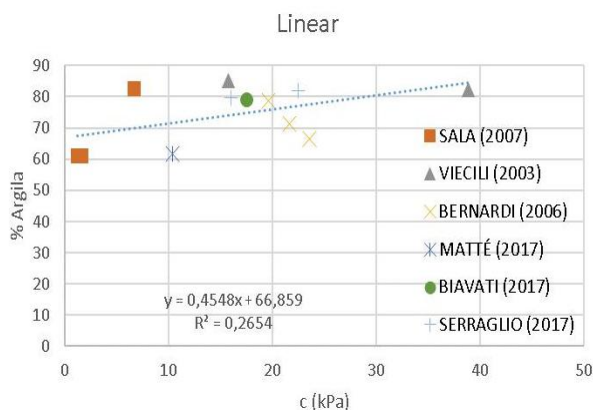


Figura 6. Coesão x % Argila.

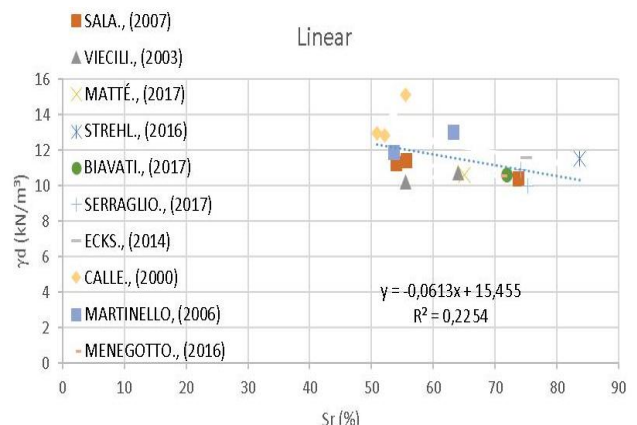


Figura 7. Grau de saturação x Peso específico seco.

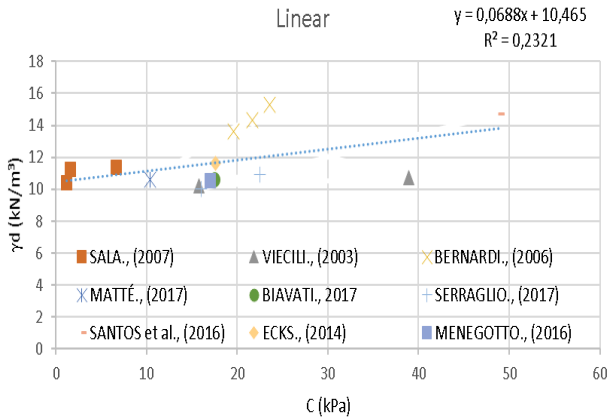


Figura 8. Coesão x Peso específico seco.

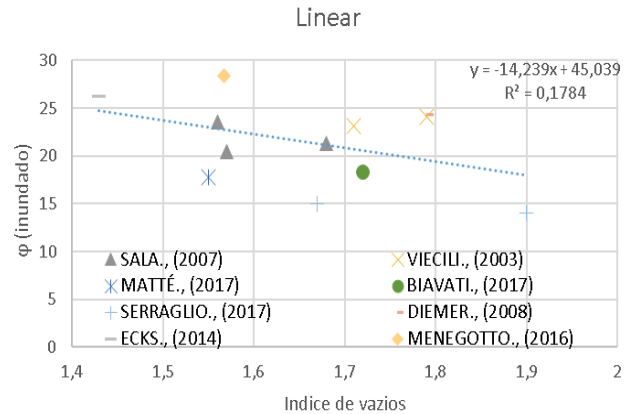


Figura 9. Índice de vazios x Ângulo de Atrito.

Apresenta-se na Figura 10 a interação entre o ângulo de atrito e o índice de plasticidade. O seu valor de R de 0,481, indica uma correlação moderada entre parâmetros. Já na Figura 11 verifica-se que com a supressão dos dados obtidos por Sala (2007), ocasiona um melhor ajuste tanto de seu coeficiente de correlação como de determinação, apresentam-se novos valores de R² de 0,534 e R de 0,731.

A Figura 12 apresenta a reta de coulomb, obtida através dos resultados de ensaios de cisalhamento direto, que apresentou os valores de intercepto de coesão de 10 kPa e ângulo de atrito 23,3°. Na Figura 13 apresenta-se, a reta de Coulomb, de forma genérica, extraída das tensões cisalhantes em função das tensões normais, sob condições inundadas, dos autores seleccionados e conjuntamente com os dados obtidos pelos autores. Os parâmetros de resistência ao cisalhamento foram: coesivo de 18,2 kPa, e ângulo de atrito 25,2°.

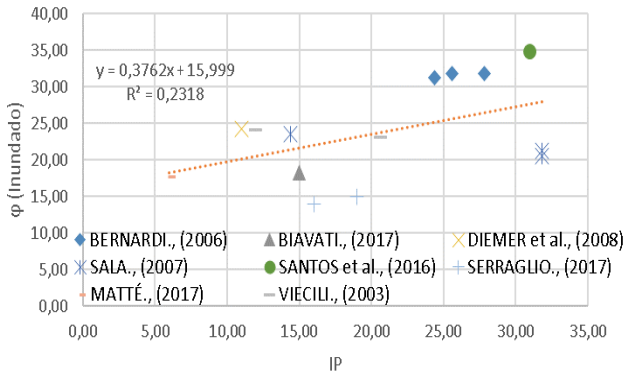


Figura 10. Índice de plasticidade pelo Ângulo de atrito inundado.

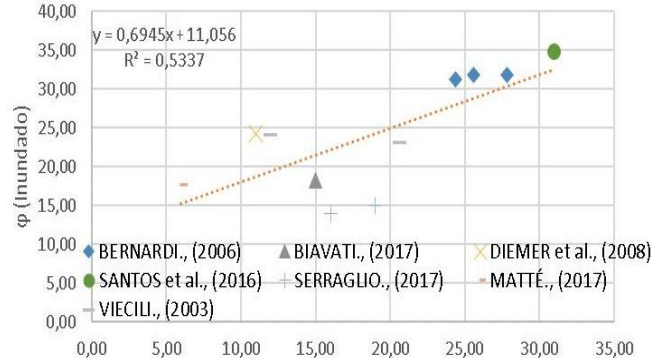


Figura 11. Índice de plasticidade x Ângulo de atrito inundado, sem resultados discrepantes.

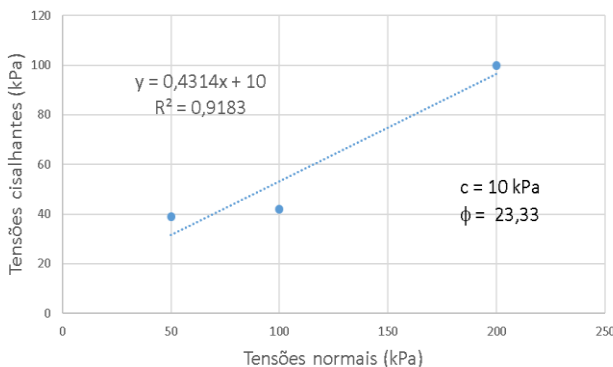


Figura 12. Reta de Coulomb para o solo deste trabalho.

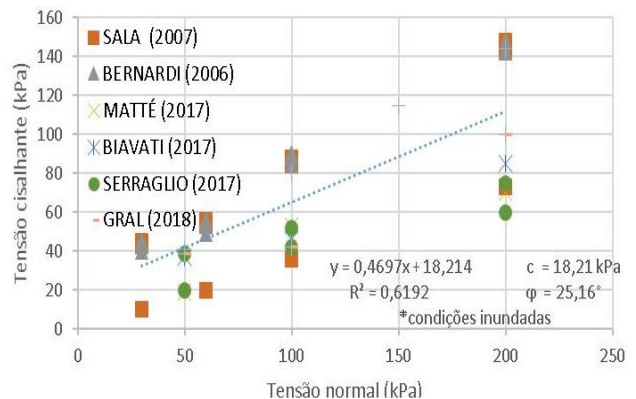


Figura 13. Reta de Coulomb de todos solos do trabalho.



4 Conclusão

As análises de correlações entre os diversos parâmetros geotécnicos do solo residual de basalto, da Formação Serra Geral, apresentaram como satisfatórias o ângulo de atrito pela fração de areia, índice de atividade pela coesão, grau de saturação pelo teor de umidade e índice de vazios pelo peso específico seco. Compreende-se como moderados a fração de argila pela coesão, grau de saturação pelo peso específico seco, peso específico seco pela coesão e ângulo de atrito pelo índice de vazios. Utilizando o ensaio de cisalhamento direto sob condições inundadas e indeformadas, foram obtidos valores da coesão de 10 kPa e ângulo de atrito de 23,3°. Para a reta de Coulomb genérica, utilizando-se todos os solos da pesquisa, obteve-se intercepto coesivo de 18,2 kPa e ângulo de atrito interno de 25,2°. Recomenda-se para trabalhos futuros análises semelhantes utilizando um campo amostral mais abrangente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernardi, J. (2006) *Caracterização de jazidas de solo residual de basalto visando seu emprego em barragens de terra*, Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 159 p.
- Biavati, F. (2017) *Determinação e análise dos parâmetros de resistência ao cisalhamento de um solo residual de basalto do campus Erechim – RS em condições naturais e inundadas*, Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, 74 p.
- Boehl, P.E.G. (2011) *Algumas observações sobre as propriedades de solos estruturados derivados de granito da grande Florianópolis*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 227 p.
- Braga, F.V.A.; Robaina, A.D.; Peiter, M.X.; Nunes, M.S.; Pereira, T.S.; Rosso, R.B. (2014) Estimativa do ângulo de atrito interno do solo por meio de regressão linear múltipla, *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v.8, n.4, p.41 – 45.
- Braida, J.A.; Reichert, J.M.; Reinert, D.J.; Soares, J.M.D. (2007) Coesão e atrito interno associados aos teores de carbono orgânico e de água de um solo franco arenoso, *Ciência Rural – Santa Maria*, v.6, n.6, p. 1646 – 1653.
- Calle, J.A.C. (2000) *Análise de ruptura de talude em solo não saturado*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 177 p.
- Cavelhão, G.; Meneghetti, L.R.R.; Reginatto, C.; Thomé, A. (2011) *Bioventilação e bioestimulação de solo residual de basalto contaminado com biodiesel*, VI Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul, Passo Fundo – RS, 9 p.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2006). *Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul na escala de apresentação 1:750.000*, Porto Alegre, CPMR, 2006.
- Diemer, F.; Rambo, D.; Specht, L.P.; Pozzobon, C.E. (2008) Propriedades geotécnicas do solo residual de basalto da região de Ijuí/RS, *Revista Teoria de Prática na Engenharia Civil*, v.12, p. 25 – 36.
- Ecks, J. (2014) *Aplicação da teoria do equilíbrio-limite na análise de estabilidade de taludes: estudo de caso*, Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Geologia Bacharel, Universidade Federal de Santa Catarina, 70 p. 29
- Hirata, S.; Yao, S.; Nishida, K. (1990) Multiple regression analysis between the mechanical and physical properties of cohesive soils, *Journal Soils and Foundations*, v.30, p. 91–108.
- Karunaprema, K.A.K.; Edirisingh, A.G.H.J. (2002) Laboratory Study to Establish Some Useful Relationships for the Use of Dynamic Cone Penetrometer, *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, University Peradenyia, Sri Lanka.

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 15 a 18 de Setembro de 2020 – Campinas - SP



- Maccarini, M. (1993) *Algumas considerações sobre a mecânica dos solos residuais*. Trabalho submetido como parte dos requisitos para participação de concurso para Professor Titular da Universidade Federal de Santa Catarina, 98 p.
- Martinello, I.A. (2006) *Estudo das condicionantes hidráulicas de uma ruptura de talude em São Vedelino (RS)*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 160 p.
- Matté, F. (2017) *Determinação preliminar dos parâmetros de resistência ao cisalhamento de m solo residual do campus UFFS – Erechim/RS*, Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, 45 p.
- McKyes, E.; Nyamugafata, P.; Nyamapfene, K.W. (1994) Characterization of cohesion, friction and sensitivity of two hard setting soils from Zimbabwe, *Soil & Tillage Research*, n.29, p. 357 – 366.
- Menegotto, M.L.; Bandeira, F.O.; Morais, M.; Sartori, L. (2016b) *Caracterização geotécnica preliminar do solo da área experimental da UFFS – Campus Chapecó*, XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Belo Horizonte – MG, 8 p.
- Sala, M. (2007) *Caracterização do solo residual de basalto encontrado na zona urbana do município de Ijuí visando seu emprego em estudo de fundações*, TCC (Graduação), Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 148 p.
- Santos, T.A.; Pinheiro, R.; Specht, L.P. (2016) *Caracterização física e mecânica de solos usualmente empregados em subleitos rodoviários no Rio Grande do Sul*, Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, COBRAMSEG 2016, Belo Horizonte, 9 p.
- Serraglio, T.R. (2017) *Determinação de parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo de Erechim/RS a partir do ensaio de cisalhamento direto e avaliação da resistência através da teoria de Terzaghi*, Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Civil, Departamento de engenharias e ciência da computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 69 p.
- Strehl, M.J. (2016) *Avaliação das propriedades geotécnicas de um solo do campus Erechim – RS através dos ensaios de compactação tipo proctor*, Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, 47 p.
- Thermann, K; Gau, C.; Tiedemann, J. (2006) Shear strength parameters from direct shear tests influencing factors and their significance, *The Geological Society of London*, p. 215 – 222.
- Thomé, A.; Reginatto, C.; Cecchin, I.; Colla, M.L. (2012) Atenuação natural em solo residual de basalto contaminado com misturas de diesel e biodiesel, *Jornal Ciência e Engenharia*, v.2, n.2, p. 35 – 40
- Viecili, C. (2003) *Determinação dos parâmetros de resistência do solo de Ijuí a partir do ensaio de cisalhamento direto*, Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 76 p.