

5 Ensaio de Resistência

Neste capítulo estão apresentados os resultados dos ensaios de cisalhamento convencional nos quatro materiais estudados, a fim de se obter os parâmetros de resistência saturados para as análises de estabilidade que serão apresentadas posteriormente. Também são apresentadas as envoltórias de resistência obtidas com as tensões na ruptura.

5.1. Ensaio de Cisalhamento Direto Convencional

Os ensaios de cisalhamento convencional foram realizados no laboratório da PUC-Rio (LGMA) como já dito anteriormente. A Tabela 5.1, a Tabela 5.2, a Tabela 5.3 e a Tabela 5.4 apresentam os índices físicos dos corpos de prova ensaiados.

Tabela 5.1 - Índices Físicos iniciais e final do solo F.01.

Ensaio	Tensão Normal (kPa)	Índices Físicos Iniciais					Final
		γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e	S (%)	w _{final} (%)
F.01_1	25	13,91	11,61	19,78	1,2	39,43	39,65
F.01_2	50	14,3	12,1	18,15	1,11	41,64	43,16
F.01_3	100	13,91	11,51	20,89	1,22	42,93	29,93

Tabela 5.2 - Índices Físicos iniciais e final do solo F.02.

Ensaio	Tensão Normal (kPa)	Índices Físicos Iniciais					Final
		γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e	S (%)	w _{final} (%)
F.02_1	25	12,62	10,62	18,84	1,44	33,51	30,64
F.02_2	50	15,21	12,81	18,76	1,03	46,83	32,64
F.02_3	100	17,57	15,53	13,12	0,67	49,05	29,94

Tabela 5.3 - Índices Físicos iniciais e final do solo F.03.

Ensaio	Tensão Normal (kPa)	Índices Físicos Iniciais					Final
		γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e	S (%)	w _{final} (%)
F.03_1	25	15,11	13,03	15,96	1,03	41,6	35,42
F.03_2	50	14,66	15,25	19,36	0,74	68,31	32,47
F.03_3	100	17,75	14,52	22,24	0,83	72,13	31,63

Tabela 5.4 - Índices Físicos iniciais e final do solo F.04.

Ensaio	Tensão Normal (kPa)	Índices Físicos Iniciais					Final
		γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	w (%)	e	S (%)	w _{final} (%)
F.04_1	25	17,31	14,56	18,9	0,8	59,8	31,21
F.04_2	50	17,47	14,51	20,39	0,8	65,18	71,86
F.04_3	100	18,21	15,51	17,34	0,69	64,86	25,01

A Figura 5.1, a Figura 5.2, a Figura 5.3 e a Figura 5.4 apresentam as curvas de tensão cisalhante versus deslocamento horizontal e de deslocamento vertical versus deslocamento horizontal para cada solo. A partir desses resultados foi possível observar que os corpos de prova comprimiram.

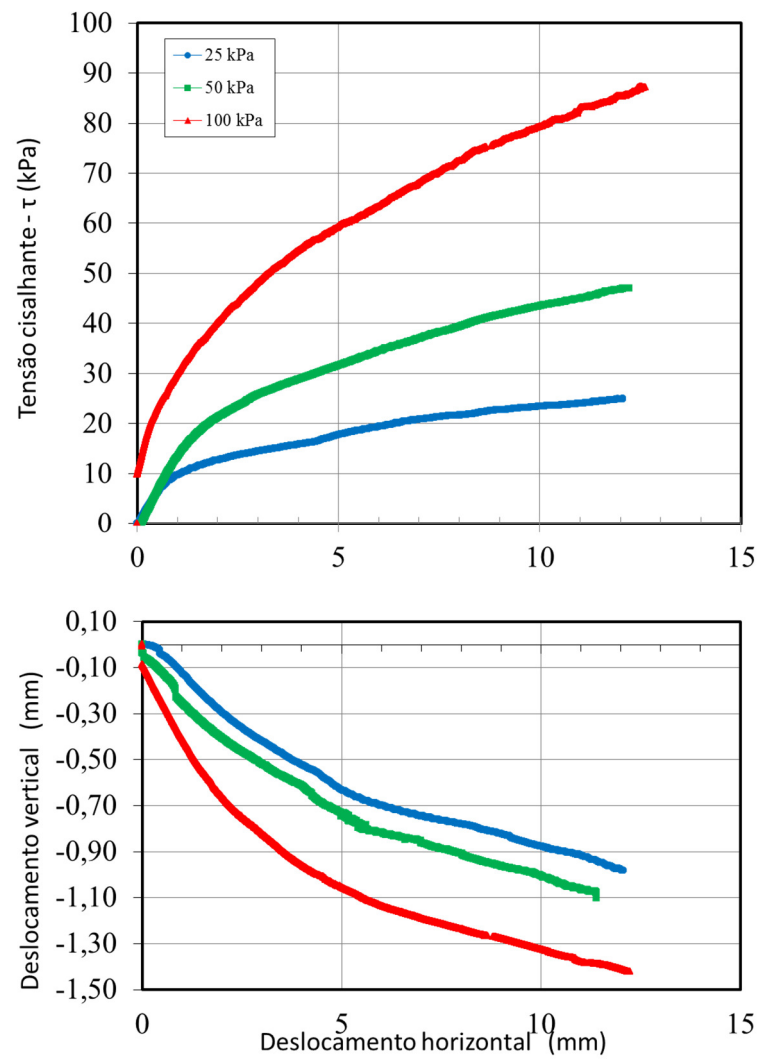


Figura 5.1 - Curvas tensão - deslocamento para a amostra de solo F.01.

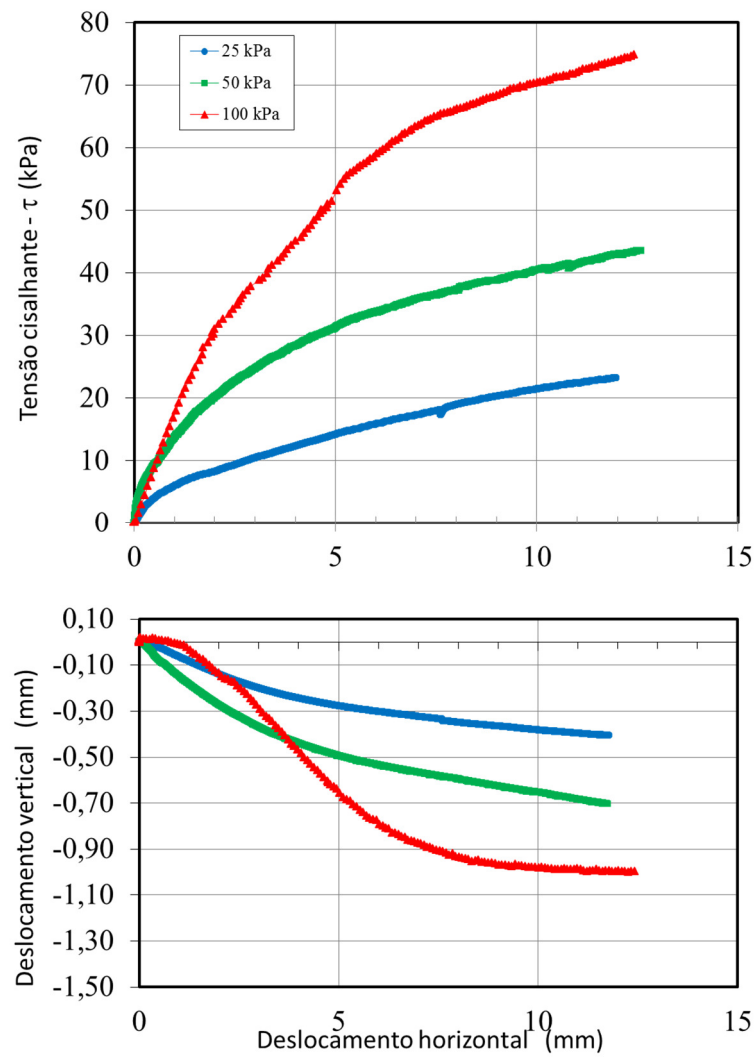


Figura 5.2 - Curvas tensão - deslocamento para a amostra de solo F.02.

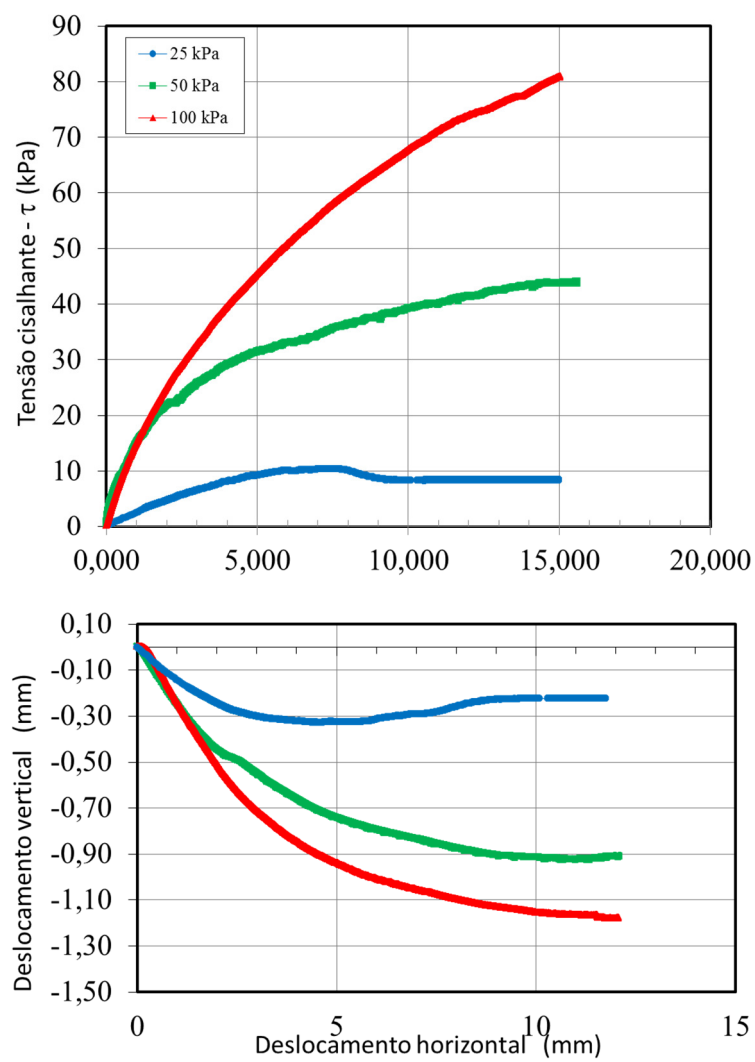


Figura 5.3 - Curvas tensão - deslocamento para a amostra de solo F.03.

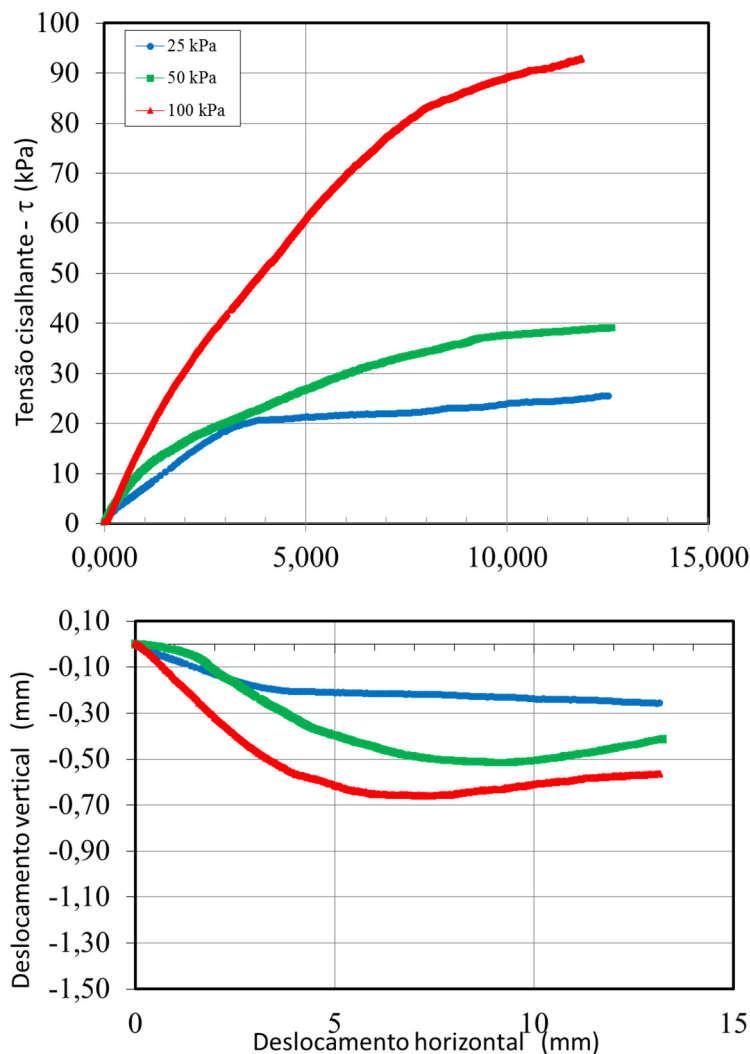


Figura 5.4 - Curvas tensão - deslocamento para a amostra de solo F.04.

5.2. Análise dos Resultados

Analisando os resultados obtidos mostrados da Figura 5.1 a Figura 5.4, observou-se que a resistência do solo aumentou com o deslocamento horizontal, porém não apresentou uma definição de pico. Então, para definir uniformemente as tensões de ruptura para cada caso analisado, usou-se a metodologia sugerida por de Campos e Carrillo (1995) para verificar se o solo havia rompido. Isto é, verificou-se quando a curva tensão-deslocamento ($\tau/\delta h$) atingia pela primeira vez uma inclinação constante, como é mostrado na figura Figura 5.5.

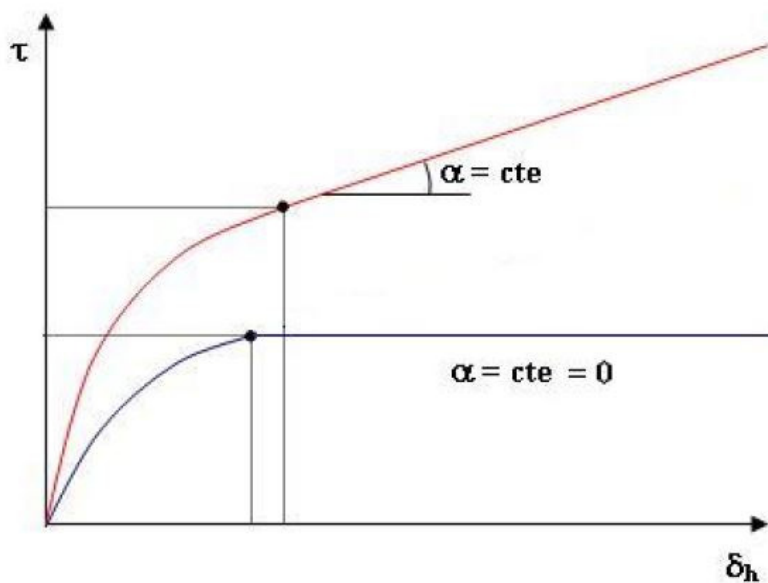


Figura 5.5 - Critério utilizado para a definição dos pontos de ruptura (de Campos e Delgado, 1995).

Desta maneira foram obtidos os pares de tensão normal e cisalhante para o momento de ruptura, como mostrado da Tabela 5.5 a Tabela 5.8.

Tabela 5.5 - Pares tensão normal e cisalhante na ruptura para o solo F.01.

Ensaio	Tensão		
	Normal (kPa)	τ_r (kPa)	σ_r (kPa)
F.01_1	25	15,80	22,70
F.01_2	50	25,50	51,60
F.01_3	100	45,00	99,50

Tabela 5.6 - Pares tensão normal e cisalhante na ruptura para o solo F.02.

Ensaio	Tensão		
	Normal (kPa)	τ_r (kPa)	σ_r (kPa)
F.02_1	25	11,50	20,10
F.02_2	50	31,60	52,00
F.02_3	100	60,50	104,90

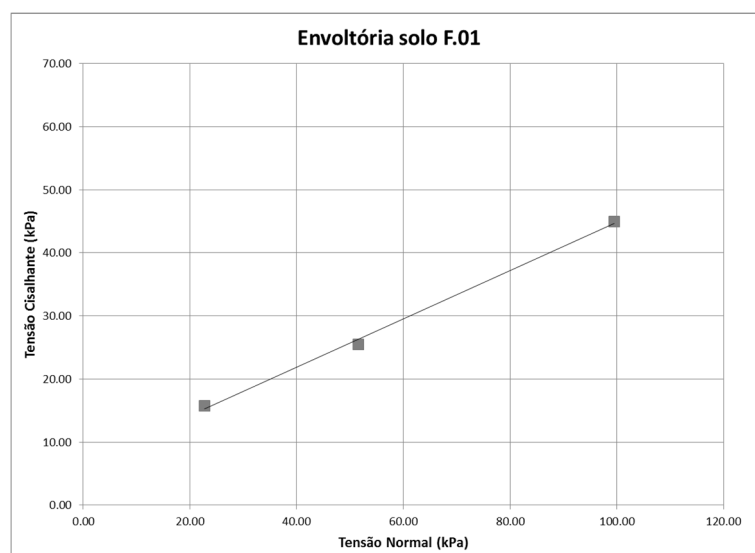
Tabela 5.7 - Pares tensão normal e cisalhante na ruptura para o solo F.03.

Ensaio	Tensão		
	Normal (kPa)	τ_r (kPa)	σ_r (kPa)
F.03_1	25	16,20	23,10
F.03_2	50	32,40	53,90
F.03_3	100	85,50	109,50

Tabela 5.8 - Pares tensão normal e cisalhante na ruptura para o solo F.04.

Ensaio	Tensão		
	Normal (kPa)	τ_r (kPa)	σ_r (kPa)
F.04_1	25	19,30	27,70
F.04_2	50	34,80	55,20
F.04_3	100	79,70	105,40

Na Figura 5.6 são apresentadas as envoltórias de resistência definidas através de ajuste linear para os resultados de cisalhamento direto convencional em amostras submersas. A Tabela 5.9 apresenta, resumidamente, os parâmetros de resistência obtidos.



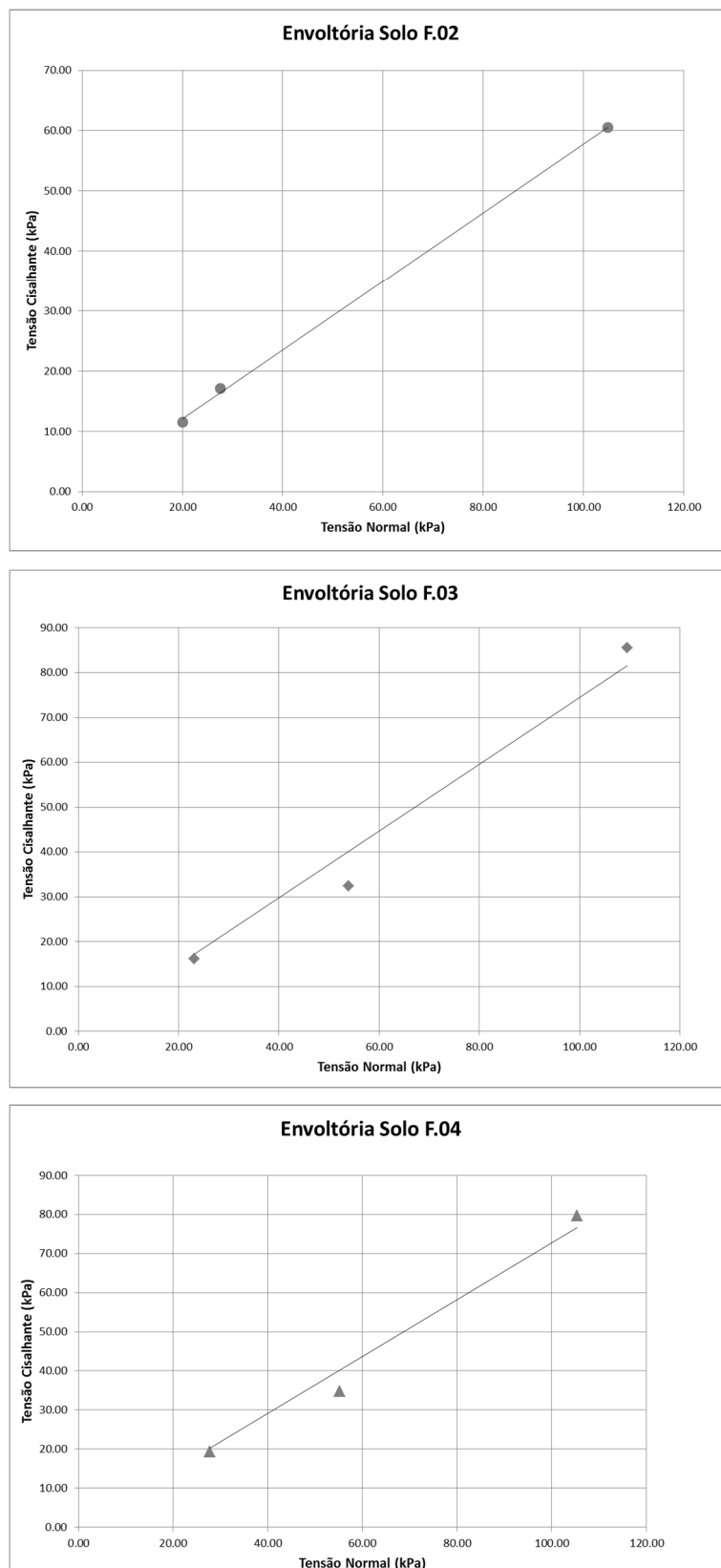


Figura 5.6 - Envoltórias de resistência para amostras submersas.

Tabela 5.9 - Parâmetros de resistência obtidos.

Amostra	c'	ϕ'	R^2
F.01	6,58	20,95	1,00
F.02	0,65	29,88	1,00
F.03	0,00	36,66	0,97
F.04	0,00	36,03	0,98

A partir desses resultados foi possível verificar que os solos F.03 e F.04 possuem os menores valores de coesão efetiva (zero) e os maiores valores de ângulo de atrito. O solo F.01 foi o que apresentou maior coesão (6,58 kPa) porém foi possível verificar que é o solo com menor ângulo de atrito (20,15°).

Colocando-se os pontos da envoltória dos solos F.01 e F.02; F.03 e F.04 juntos é possível considerar estes solos como constituintes de um único material em termos de resistência. As envoltórias e os parâmetros de resistência obtidos são apresentados na Figura 5.7 e Tabela 5.10 respectivamente.

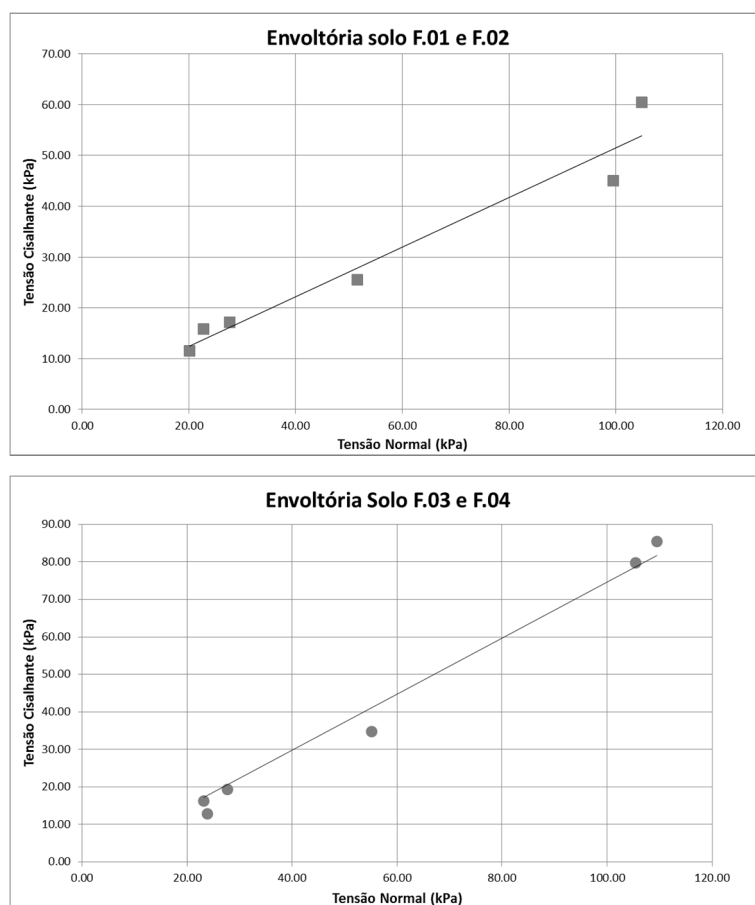


Figura 5.7 - Envoltórias obtidas a partir da junção dos resultados dos ensaios de cisalhamento direto.

Tabela 5.10 - Parâmetros de resistência obtidos a partir das envoltórias F.01 e F.02; F.03 e F.04.

Amostra	c'	ϕ'	R^2
F.01 e F.02	2,66	26,04	0,95
F.03 e F.04	0,00	36,72	0,98