

# EFEITO DA DANIFICAÇÃO DURANTE A INSTALAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS NA RESISTÊNCIA DA INTERFACE SOLO- GEOSSINTÉTICOS – ENSAIOS DE CORTE EM PLANO INCLINADO

## EFFECT OF DAMAGE DURING INSTALATION OF GEOSYNTHETICS ON THE SOIL- GEOSYNTHETICS INTERFACE STRENGTH – INCLINED PLANE SHEAR TESTS

Paula, António Miguel, *Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal*, [mpaula@ipb.pt](mailto:mpaula@ipb.pt)  
Pinho-Lopes, Margarida, *Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal*, [mlopes@ua.pt](mailto:mlopes@ua.pt)  
Lopes, Maria de Lurdes, *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal*,  
[mlopes@ua.pt](mailto:mlopes@ua.pt)

### RESUMO

Submeteram-se dois geossintéticos a ensaios de danificação durante a instalação (DDI) através da construção de aterros experimentais com dois solos distintos, um “tout-venant” e um solo residual do granito. Posteriormente foram avaliados os efeitos da danificação induzida na resistência da interface solo-geossintético recorrendo a ensaios de corte em plano inclinado. Os efeitos da DDI na resistência da interface solo geossintético dos geossintéticos são apresentados e discutidos. São apresentados os valores para os coeficientes de redução determinados a partir dos resultados dos ensaios.

### ABSTRACT

Some geosynthetics were subjected to the effect of damage during installation (DDI) when installed in experimental works. The effects of the damage induced on the geosynthetics by these procedures were evaluated using inclined plane shear tests. A test program was implemented to carry inclined plane test (NP EN ISO 12957-2). The geosynthetics tested include two materials with different structures. The effects of DDI on the soil-geosynthetic interface characteristics are presented and discussed. The values of the partial safety factors determined from the results of test program are presented.

### 1. INTRODUÇÃO

Uma das principais questões relativas à utilização de geossintéticos em engenharia prende-se com a sua durabilidade. De entre os agentes indutores de redução de resistência dos geossintéticos, a danificação que estes podem sofrer por efeito das operações de construção e instalação em obra (designada por danificação durante a instalação, DDI) é dos mais pertinentes. Assim, o processo de instalação em obra pode (o que normalmente é inevitável) induzir alterações nos materiais, que poderão condicionar a resposta dos geossintéticos. Por essa razão, para avaliar o efeito da DDI no comportamento das interfaces solo-geossintético, nomeadamente quando o geossintético sofre corte em plano inclinado, foram realizados ensaios de corte em plano inclinado de geossintéticos antes e após os materiais terem sido submetidos a procedimentos de instalação. Os resultados do estudo são apresentados e analisados, incluindo-se valores para os coeficientes de redução a aplicar no dimensionamento dos geossintéticos estudados.

## 2. GEOSINTÉTICOS E PROGRAMA DE TRABALHOS

### 2.1. Geossintéticos

Neste trabalho são apresentados os resultados referentes a dois geossintéticos: uma geogrelha tecida biaxial em poliéster (GGT) e um geotêxtil tecido em polipropileno (GTX), ver Figura 1. Estes materiais estão sumariamente identificados no Quadro 1, onde se inclui a designação atribuída neste trabalho e o valor da resistência nominal (fornecido pelo fabricante) na direcção de fabrico e na direcção perpendicular à de fabrico.

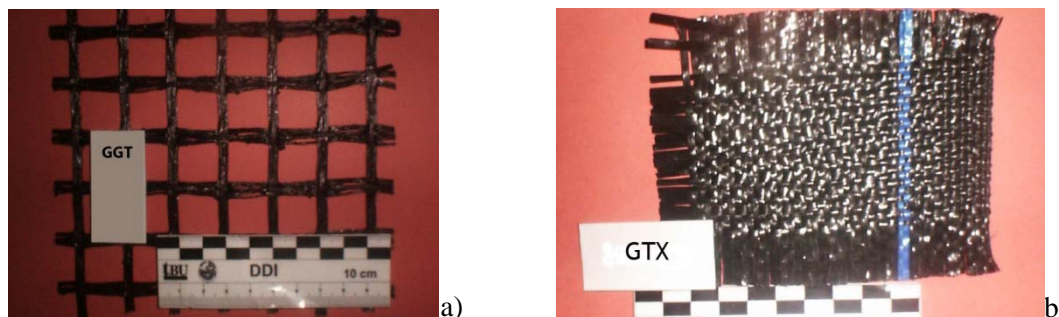


Figura 1- Geossintéticos estudados: a) GGT; b) GTX

Com estes materiais procurou-se avaliar a influência da resistência nominal no efeito da DDI no comportamento da interface solo-geossintético quando este sofre corte em plano inclinado. Dado que este estudo está direccionado essencialmente para aplicações em que os geossintéticos exercem a função de reforço, apresentam-se os resultados apenas para a direcção de fabrico.

Quadro 1- Propriedades dos geossintéticos estudados

Geossintéticos	Massa por unidade de área (g/m <sup>2</sup> )	Resistência à tracção		Extensão (%)
		DF (kN/m)	DPF (kN/m)	
GGT	-	55	55	15
GTX	320	65	65	15

MD - direcção de fabrico; XMD - direcção perpendicular à de fabrico

### 2.2. Programa de Trabalhos

O programa de trabalhos estabelecido consiste em: 1) induzir os efeitos de DDI em provetes dos geossintéticos em campo sob condições reais; 2) e em caracterizar esses efeitos, relativamente ao comportamento mecânico isolado dos geossintéticos (ensaio de tracção de acordo com a norma NP EN ISO 10319 (2008)) e 3) no que se refere ao comportamento da interface solo-geossintético (ensaio de corte em plano inclinado de acordo com a norma NP EN ISO 12957-2 (2007)).

Para induzir em campo a DDI destes geossintéticos procedeu-se à construção de aterros experimentais onde se instalaram os geossintéticos em causa, recorrendo a procedimentos construtivos adequados a este tipo de materiais. Para mais detalhes ver Pinho-Lopes et al. (2002) e Pinho Lopes (2004). Posteriormente os geossintéticos foram exumados. Os geossintéticos GGT e GTX foram instalados em contacto com dois solos, um “tout-venant” (Solo 1) e um solo residual do granito (Solo 2), descritos no Quadro 2. Para estudar a influência da energia de compactação na danificação induzida, consideraram-se duas energias de compactação (EC1 – 90% do Proctor normal e EC2 – 98% do Proctor normal). Assim foram executados quatro aterros temporários.

Quadro 2– Resultados obtidos da caracterização laboratorial do Solo 1, 2 e 3

Solos	% <0,074 mm	D <sub>10</sub> mm	D <sub>30</sub> mm	D <sub>50</sub> mm	D <sub>60</sub> mm	D <sub>max</sub> mm	C <sub>u</sub> -	C <sub>c</sub> -
Solo 1	5,18	0,22	2,68	11,78	19,15	50,80	87,81	1,71
Solo 2	21,53	0,07	0,17	0,38	0,68	5,00	9,64	0,58

A avaliação do grau de danificação induzido no geossintético foi feita submetendo provetes intactos e danificados em campo ao mesmo ensaio de caracterização. Neste trabalho essa caracterização foi estudada recorrendo a ensaios de tracção EN ISO 10319 (2008), para avaliar o comportamento mecânico a curto prazo, e a ensaios de corte em plano inclinado NP EN ISO 12957-2 (2007) para avaliar o comportamento mecânico das interfaces solo-geossintético.

Foram realizados ensaios de corte em plano inclinado em amostras intactas e danificadas em campo com os Solos 1 e 2, com energias de compactação EC1 e EC2. Para a realização destes ensaios foi necessário que as amostras dos geossintéticos fossem confinadas em solo. No entanto, ao contrário do que seria de esperar, os solos utilizados nos ensaios de corte em plano inclinado são distintos dos utilizados na construção dos aterros provisórios (Solos 1 e 2). Então, procurou-se utilizar solos o mais parecidos possível com os primeiros. Assim, o Solo 3 é um “tout-venant” similar ao Solo 1, mas sem as partículas com dimensões superiores a 10mm. O Solo 4 é um solo residual do granito semelhante ao Solo 2 (Quadro 3). Devido às reduzidas dimensões da caixa superior e inferior do ensaio de corte em plano inclinado, foi necessário proceder à extracção das partículas grossas do Solo 3, como já referido.

Quadro 3– Resultados obtidos da caracterização laboratorial do Solo 3 e 4

Solos	% <0,074 mm	D <sub>10</sub> mm	D <sub>30</sub> mm	D <sub>50</sub> mm	D <sub>60</sub> mm	D <sub>max</sub> mm	$\gamma_{min}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{max}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{[ID=50\%]}$ kN/m <sup>3</sup>
Solo 3	3,63	-	1,00	2,67	3,67	10,00	15,33	20,68	17,61
Solo 4	19,87	-	0,19	0,39	0,55	38,10	13,59	17,2	15,18

O ensaio de corte em plano inclinado permite duas metodologias de ensaio: com o geossintético colocado sobre uma base rígida e lisa (metodologia 1); com geossintético colocado sobre o solo que enche uma caixa inferior (metodologia 2). Em ambos os casos a superfície onde o geossintético assenta, inicialmente horizontal, vai aumentando de inclinação a uma velocidade constante de 0,5<sup>o</sup>/min, levando ao deslizamento do solo contido na caixa superior ao longo da superfície de contacto com o geossintético. Mais detalhes em Lopes, 2001.

Os ensaios de corte em plano inclinado foram realizados recorrendo a um índice de compactidade do solo de 50%; a tensão normal ao nível do geossintético é de 10kPa. Os provetes do geossintético GGT foram realizados segundo a metodologia 2, os provetes do geossintético GTX foram realizados segundo a metodologia 1. Para cada tipo de geossintético estudado foram ensaiados três provetes, o que totalizou 33 provetes ensaiados.

### 3. ANALISE DOS RESULTADOS

#### 3.1. Ensaios de Tracção

Os ensaios de tracção foram realizados seguindo os procedimentos referidos na NP EN ISO 10319 (2008), sobre amostras dos três geossintéticos, tanto intactas como danificadas. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 4 e incluem os valores médios da resistência à tracção (Rt) e da extensão ( $\epsilon$ ) registada para o valor máximo da força, bem como os coeficientes

de variação correspondentes ( $CV_r$  e  $CV_\varepsilon$ , respectivamente). Os mesmos resultados são apresentados no Quadro 5 em termos valores residuais após DDI para a resistência à tracção e para a extensão correspondente dos dois geossintéticos estudados.

Quadro 4- Resultados dos ensaios de tracção – resistência à tracção ( $R_t$ ), coeficiente de variação da resistência à tracção ( $CV_r$ ), extensão na rotura ( $\varepsilon$ ) e coeficiente de variação da extensão ( $CV_\varepsilon$ )

Geossintéticos	Material Intacto	Após DDI em campo				
		Solo 1		Solo 2		
		EC1	EC2	EC1	EC2	
GGT	$R_t$ (kN/m)	83,4	52,0	45,9	64,5	62,2
	$CV_r$ (kN/m)	2,4	8,8	8,7	6,0	6,3
	$\varepsilon$ (%)	14,9	11,8	11,9	13,8	13,2
	$CV_\varepsilon$ (%)	5,7	5,1	2,5	4,6	3,1
GTX	$R_t$ (kN/m)	77,5	43,7	26,4	-	70,4
	$CV_r$ (kN/m)	1,8	8,6	5,0	-	1,0
	$\varepsilon$ (%)	13,0	8,9	7,1	-	11,7
	$CV_\varepsilon$ (%)	4,8	13,1	7,9	-	5,6

Quadro 5- Valores residuais (em %) da resistência à tracção e da extensão após DDI em campo

Geossintéticos		$R_t$ Residual (%)	$\varepsilon$ Residual (%)	
GGT	Solo 1	EC1	62,4	79,2
		EC2	55,0	79,9
	Solo 2	EC1	77,3	92,6
		EC2	74,6	88,6
GTX	Solo 1	EC1	56,4	68,5
		EC2	34,1	54,6
	Solo 2	EC1	-	-
		EC2	90,8	90,0

Os valores residuais da resistência à tracção para o geotêxtil GTX variam entre os 34,1% e 90,8%. Para a geogrelha tecida GGT esse valores estão entre os 55,0% e 77,3%. Os valores mais baixos da resistência residual referem-se aos provetes após DDI em campo com o Solo 1 e EC2.

O coeficiente de variação da resistência à tracção é inferior a 2,5% para os provetes intactos dos dois geossintéticos. Para os provetes danificados varia entre 1,9% e 8,8%. Os maiores valores do coeficiente de variação da resistência à tracção correspondem aos provetes dos geossintéticos em contacto com o Solo 1 (cerca de 9%). É curioso notar que o maior valor do coeficiente de variação está associado ao valor mais baixo da resistência residual, o que indica que a maior danificação induzida ao geossintético está associado a maior variabilidade dos resultados obtidos.

A extensão residual para a máxima resistência à tracção dos geossintéticos estudados varia entre 54,8% e 92,6%. Na generalidade, a redução desta quantidade segue a mesma tendência da resistência residual determinada. No entanto, na maioria dos casos a redução da extensão após a DDI induzida é menor do que na resistência à tracção do material.

A geogrelha GGT tem uma menor redução da resistência à tracção e extensão na rotura após DDI em campo com o Solo 1 para as duas energias de compactação. No entanto, para os resultados ao Solo 2, o oposto tende a acontecer. Com já referido, o Solo 1 induz consequências mais severas que o Solo 2 em termos de danificação. Assim, para estas condições (para o solo

mais agressivo) a resposta da geogrelha é melhor do que o geotêxtil. Isto pode ser explicado pela área de geossintético em contacto com o solo, é maior no geotêxtil tornando-se mais exposta à danificação induzida em campo.

Dos Quadros 4 e 5 é claro que o solo mais agressivo é o Solo 1, com valores para a resistência residual para o GTX e GGT de 34% e 55%, respectivamente (e de 91% e 75%, para o Solo 2). Estas diferenças podem ser explicadas pelo tipo de solo: o Solo 1 ( $D_{50}=11,78\text{mm}$ ), com partículas maiores que o Solo 2 ( $D_{50}=0,38\text{mm}$ ), é mais “agressivo” para o geossintético induzido maior danificação.

Como esperado a energia de compactação usada nos ensaios de campo de DDI influencia o comportamento mecânico do geossintético. De facto, energias de compactação mais elevadas (EC2) correspondem a valores mais baixos da resistência à tracção e extensão na rotura.

### **3.2. Comportamento da Interface Solo-Geossintético. Ensaio de Corte em Plano Inclinado**

#### **3.2.1. Considerações Iniciais**

Neste subcapítulo são discutidos os resultados obtidos para os diferentes tipos de amostras estudadas, procurando avaliar o efeito da DDI induzida no comportamento mecânico da interface solo-geossintético quando o tipo de rotura é por corte em plano inclinado. Deste modo, procura-se contribuir para o esclarecimento do fenómeno de DDI e a influência neste da estrutura do geossintéticos, das características do solo e da energia de compactação.

#### **3.2.2. Resultados dos Ensaios de Corte em Plano Inclinado**

No Quadro 6 são apresentados os resultados dos ensaios de corte em plano inclinado em termos de valores médios do ângulo de atrito da interface solo-geossintético acompanhados pelos coeficientes de variação respectivos. Na Figura 2 os mesmos resultados estão apresentados em termos de ângulo de atrito da interface solo-geossintético residual para diferentes provetes ensaiados.

Após a DDI induzida em campo as alterações observadas no comportamento de interface solo-geossintético não são muito significativas. Para o geotêxtil tecido GTX ensaiado com o Solo 3 há uma diminuição do ângulo da interface solo-geossintético de apenas 7,44% e 8,60% após DDI em campo com o Solo 1-EC1 e Solo 1-EC2, respectivamente. Para os restantes provetes ensaiados a redução é ainda menor. Aliás, para a geogrelha tecida GGT há um aumento de 0,76% do ângulo de atrito da interface solo-geossintético.

Como se verifica, na generalidade os valores dos coeficientes de variação associados ao ângulo de interface solo-geossintético são bastante baixos, traduzindo a pouca variabilidade dos resultados obtidos. Os maiores valores verificam-se no geotêxtil tecido GTX com o Solo 3, que também é o que apresenta maior alteração no ângulo de atrito da interface solo-geossintético após a DDI induzida. Para a geogrelha tecida GGT, os valores dos coeficientes de variação são sempre inferiores a 2,78%, sendo este último valor referente ao GGT ensaiado ao corte em plano inclinado com o Solo 4 e para os provetes após DDI em campo com o Solo 2 e EC2, que coincide com a maior redução do valor do ângulo de atrito da interface solo-geossintético.

Apesar das reduzidas alterações da resistência da interface solo-geossintético obtidas para os diferentes provetes no ensaio de corte em plano inclinado achou-se conveniente avaliar os resultados separadamente em função do tipo de geossintético, o tipo de solo usado no ensaio de corte em plano inclinado e nos ensaios de DDI em campo e da energia de compactação.

Quadro 6- Resultados dos ensaios de corte em plano inclinado – Ângulo de atrito da interface solo-geossintético ( $\phi_{sg}$ ), coeficiente de variação do ângulo de atrito da interface solo-geossintético (%)

Geossintéticos	Solo no ensaio de CPI	Metodologia de ensaio	Tensão de Conf. (kPa)	$\phi_{sg}$ (°)	C. de Variação (%)	$\phi_{sg}$ Residual (%)	
GGT	Íntacto		10,0	38,1	1,0	-	
	Solo1-EC1	Solo 3	2,0	10,0	37,9	1,9	99,5
	Solo1-EC2		2,0	10,0	38,4	1,5	100,8
	Íntacto		2,0	10,0	36,2	2,3	-
	Solo2-EC1	Solo 4	2,0	10,0	35,9	0,7	99,2
	Solo2-EC2		2,0	10,0	35,6	2,8	98,4
GTX	Íntacto		10,0	36,3	5,9	-	
	Solo1-EC1	Solo 3	1,0	10,0	33,6	4,1	92,6
	Solo1-EC2		1,0	10,0	33,2	0,4	91,4
	Íntacto		1,0	10,0	35,5	2,3	-
	Solo2-EC1	Solo 4	1,0	10,0	-	-	-
	Solo2-EC2		1,0	10,0	34,5	2,8	97,1

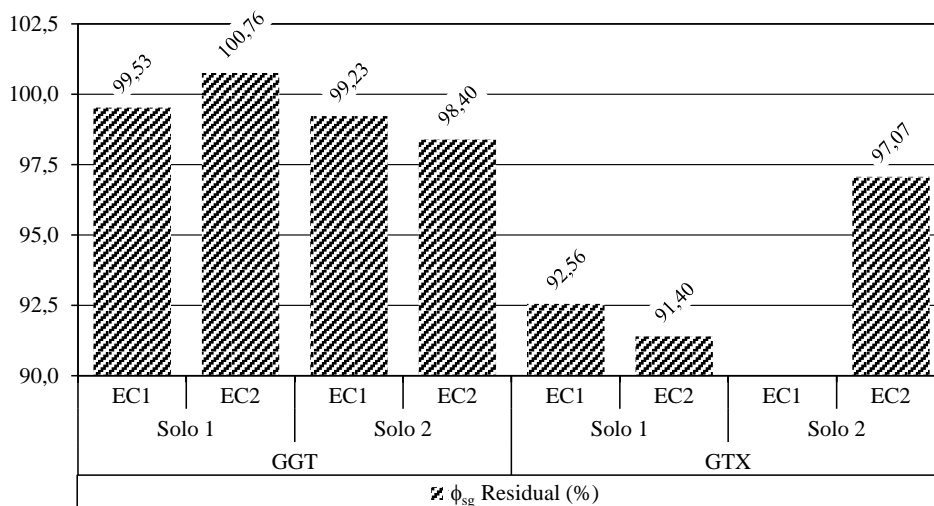


Figura 2- Ângulo de atrito de interface solo-geossintético residual para os geossintéticos GGT e GTX

### 3.2.3. Tipo de Geossintético

Para analisar a influência do tipo de geossintético no comportamento da interface solo-geossintético no ensaio de corte em plano inclinado, na Figura 3a) está representada a evolução do deslocamento da caixa superior com o aumento da inclinação da base inferior para o geotêxtil tecido GTX intacto e para a geogrelha tecida GGT intacta ensaiados com os dois solos (Solo 3 e Solo 4). Note-se que as curvas apresentadas são curvas médias referentes as curvas de três provetes do mesmo tipo de amostras.

Assim, pode dizer-se que o valor do ângulo de atrito da interface solo-geossintético para o caso do geotêxtil tecido GTX é inferior aos valores obtidos para a geogrelha tecida GGT. Essa redução é cerca de 5% e 2% caso seja utilizado o Solo 3 e Solo 4, respectivamente.

Importa aqui lembrar que nas geogrelhas os mecanismos que contribuem para a resistência da interface são o atrito lateral desenvolvido ao longo da área lateral sólida da grelha e o atrito solo-solo ao logo das aberturas do material. Assim o melhor comportamento da interface solo-geogrelha resultará de uma maior eficácia na mobilização do atrito solo-solo subjacente ao

longo das aberturas da geogrelha biaxial. Para observar o efeito da DDI no ângulo de atrito da interface solo-geossintético, na Figura 3b) está representada a mesma informação para os dois geossintéticos intactos e após DDI com o Solo 1 e EC2, que foram ensaiados ao corte em plano inclinado com o Solo 3.

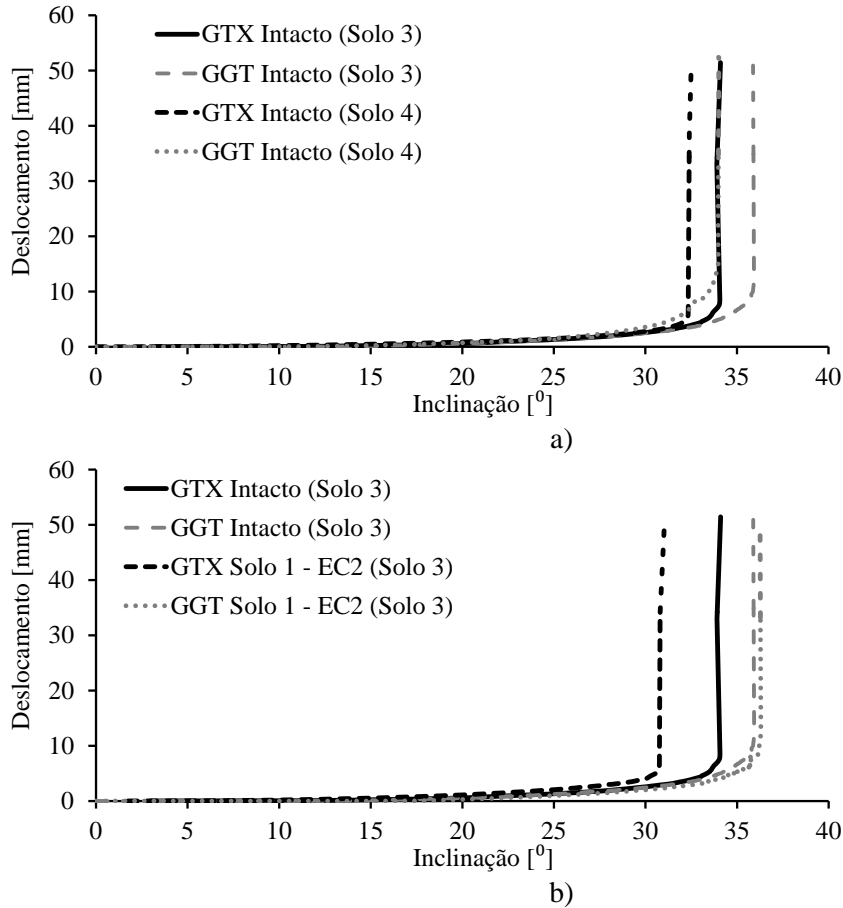


Figura 3- Evolução do deslocamento da caixa superior com o aumento da inclinação da base inferior: a) GTX Intacto versus GGT Intacto; b) GTX versus GGT, intacto e após DDI em campo com Solo 1 e EC2

Nesta comparação é possível observar que a redução do ângulo de atrito da interface solo-geossintético após DDI em campo é maior no geotêxtil GTX do que na geogrelha GGT. Aliás para a geogrelha tecida há um pequeno aumento do ângulo de atrito da interface solo-geossintético após DDI em campo com o Solo 1 e EC2 (cerca de 0,8%). Para o geotêxtil tecido a redução no ângulo de atrito é cerca de 8,6%. Estes resultados demonstram a maior efeito da DDI em campo no ângulo de atrito solo-geossintético no geotêxtil tecido GTX.

#### 3.2.4. Tipo de Solo

Para avaliar a influência do tipo de solo usado no ensaio de corte em plano inclinado no mecanismo de interação solo-geossintético pode recorrer-se à Figura 3a) onde está representada a evolução do deslocamento da caixa superior com o aumento da inclinação da base inferior para os dois geossintéticos estudados com o Solo 3 e Solo 4. O solo com o qual se obtém maior ângulo de atrito na interface solo-geossintético é o Solo 3, com um valor de 36,28° e 38,11° para o geotêxtil tecido GTX intacto e geogrelha tecida intacta, respectivamente (ver Quadro 6). Com o Solo 4 os valores para o ângulo de atrito são cerca de 2,2% e 5% inferiores aos obtidos com o Solo 3 para o GTX e GGT, respectivamente.

Na Figura 4a) está representada também a evolução do deslocamento para o geotêxtil tecido GTX intacto e após DDI com os dois solos. Para as mesmas condições de ensaio é possível observar que o solo que maior danificação causa ao geossintético é o Solo 1. Após DDI em campo com o Solo 1 e EC2 o geotêxtil tecido GTX apresenta um ângulo de interação solo-geossintético certa de 8,6% inferior ao valor obtido para o material intacto. Quando danificado em campo com o Solo 2 esse valor reduz apenas 2,9% comparativamente com o material intacto.

Verifica-se assim uma maior danificação (traduzida por um menor valor do ângulo de interação solo-geossintético) nos materiais danificados com o Solo 1 comparativamente com o Solo 2. Como já referido anteriormente a maior danificação traduzida pelo Solo 1 deve-se provavelmente às dimensões das partículas. De facto, a dimensão máxima das partículas do Solo 2 é de 5mm, enquanto o Solo 1 tem 60% de partículas de dimensão superior a 5 mm, tornando-se, por isso, mais agressivo para o geossintético.

### 3.2.5. Energia de Compactação

Para avaliar a influência da energia de compactação usada nos ensaios de danificação em campo no comportamento da interface solo-geossintético em corte em plano inclinado, na Figura 4b) está representada a evolução do deslocamento da caixa superior com o aumento da inclinação da base inferior para o geotêxtil tecido GTX intacto e após DDI em campo com o Solo 1 e para as duas energias de compactação consideradas.

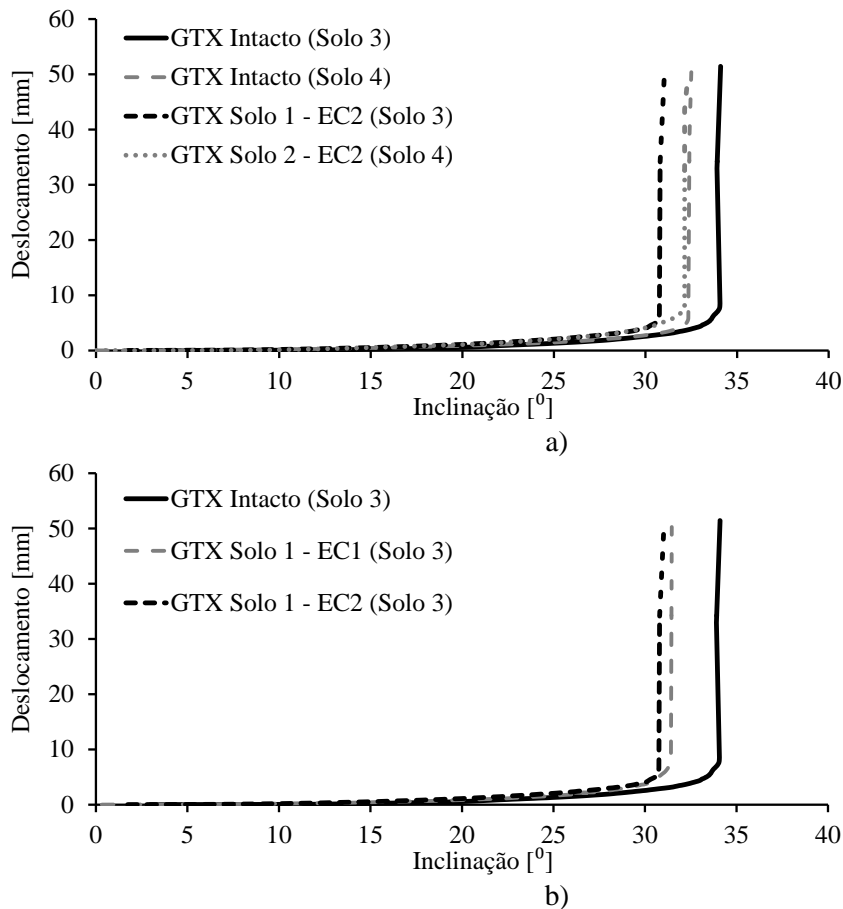


Figura 4- Evolução do deslocamento da caixa superior com o aumento da inclinação da base inferior: a) GTX intacto e após DDI em campo com Solo 1 e Solo 2 para EC2; b) GTX intacto e após DDI em campo com Solo 1 e para EC1 e EC2



Verifica-se que o efeito da energia de compactação usada nos ensaios de DDI no comportamento da interface solo geossintético em corte em plano inclinado é muito reduzido. Após DDI em campo com EC1 há uma redução do ângulo de atrito na interface solo-geossintético de cerca 7,4%. Essa redução é de cerca 8,6% para o GTX após DDI em campo com EC2.

Optou-se por analisar o geotêxtil tecido GTX, intacto e após DDI em campo com as duas energias de compactação, porque é este material que apresenta o maior efeito da energia de compactação induzida nos ensaios de DDI de campo no ângulo de atrito da interface solo geossintético. Aliás, se for analisada a geogrelha tecida GGT, ver Quadro 6, após DDI em campo com o Solo 3, o ângulo de atrito de interface solo-geossintético é maior nos provetes danificados com EC2 do que com EC1, com uma diferença de apenas 1,23%.

### 3.3. Coeficientes de Redução

Após a DDI é possível definir os valores dos coeficientes de redução a usar no dimensionamento de geossintéticos (Quadro 8) através da seguinte equação:

$$CR_{DDI} = \frac{X_{\text{intacto}}}{X_{\text{danificado}}} \quad [1]$$

Em que  $CR_{DDI}$  é o coeficiente de redução após danificação durante a instalação,  $X_{\text{intacto}}$  é o valor da propriedade correspondente aos provetes intactos (resistência à tracção ou resistência ao arranque),  $X_{\text{danificado}}$  é a mesma propriedade após DDI em campo.

Da análise do Quadro 8, e como já referido, após a DDI induzida em campo as alterações observadas no comportamento da interface solo-geossintético em corte em plano inclinado não são muito significativas. Os valores obtidos para o coeficiente de redução a aplicar ao ângulo de atrito de interface solo geossintético em corte em plano inclinado variam entre 0,99 e 1,09. O valor mínimo a utilizar é 1,00.

Quadro 7- Coeficientes de redução para a danificação durante a instalação

Geossintético	$CR_{DDI}$			
		Ensaio de Tracção	Ensaio de Corte em Plano Inclinado	
GGT	Solo 1	EC1	1,60	1,00
		EC2	1,82	0,99
	Solo 2	EC1	1,29	1,01
		EC2	1,34	1,02
GTX	Solo 1	EC1	1,77	1,08
		EC2	2,94	1,09
	Solo 2	EC1	-	-
		EC2	1,10	1,03

## 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram estudados os efeitos da danificação durante a instalação no comportamento mecânico de tracção e da interface solo-geointético quando sofre corte em plano inclinado. Foram realizados ensaios de campo de danificação durante a instalação utilizando dois solos e duas energias de compactação. Com base nos resultados obtidos é possível formular que:

- O efeito do tipo de geossintético na resistência à tracção e na interface solo-geossintético em corte em plano inclinado é visível. Os valores dos coeficientes de redução para a DDI em campo da geogrelha são menores do que no geotêxtil. O geotêxtil é, na generalidade, mais sensível à DDI do que a geogrelha, o que se deve à maior área em contacto com o solo.

- O efeito do tipo de solo e da energia de compactação na resistência à tracção dos geossintéticos foi observado. O solo com partículas maiores (Solo 1) é mais agressivo e a energia de compactação mais elevada (EC2) leva a maiores reduções nas propriedades mecânicas analisadas.

- As alterações observadas após DDI em campo no comportamento mecânico da interface solo-geossintético em corte em plano inclinado são pequenas, no entanto após DDI em campo a redução do ângulo de atrito da interface solo-geossintético é maior no geotêxtil GTX do que na geogrelha GGT. O solo que maior danificação induz nos geossintéticos é o Solo 1. Os efeitos da energia de compactação utilizada nos ensaios de DDI não são muito esclarecedores, no entanto o ângulo de atrito da interface solo-geossintético tende a reduzir com o aumento da energia de compactação nos ensaios de DDI.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio da FCT, Projecto de Investigação PTDC/ECM/099087/2008 e do COMPETE, projecto de investigação FCOMP-01-0124-FEDER-009724.

## **REFERÊNCIAS**

- NP EN ISO 10319 (2008). Geotêxteis – Ensaio de tracção em tiras largas (ISO 10319: 1993).
- NP EN ISO 12957-2 (2007). Geossintéticos. Determinação das características de atrito. Parte 2: Ensaio em plano inclinado.
- Lopes, Carla Patrícia Filipe da Costa (2001). “Estudo da Interação Solo-Geossintético através de ensaios de Corte em Plano Inclinado. FEUP”, Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Lopes, Maria de Lurdes e Pinho Lopes, Margarida (2001). “Danificação Durante e Construção de Geossintéticos – Estudo dos Coeficientes de Segurança a Adoptar” Relatório de Acção de Investigação no âmbito do protocolo, ICERR/FEUP, Portugal.
- Pinho-Lopes, M.J.F. (2004). “Estudo dos coeficientes de segurança a aplicar a estruturas de controlo de erosão de solos e de estabilização de maciços com geossintéticos”, Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, F.E.U.P., Porto.