

EFEITO DA DANIFICAÇÃO DURANTE A INSTALAÇÃO EM OBRA DE GEOSSINTÉTICOS NO SEU COMPORTAMENTO AO ARRANQUE

Paula, António Miguel, *Departamento de Mecânica Aplicada do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal*, mpaula@ipb.pt

Pinho-Lopes, Margarida, *Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal*, mlopes@ua.pt

Lopes, Maria de Lurdes, *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal*, mlopes@ua.pt

RESUMO

Três geossintéticos foram submetidos aos procedimentos de instalação em obra através da construção de aterros experimentais. Os efeitos da danificação induzida no comportamento mecânico de curto prazo foram avaliados recorrendo a ensaios de tracção de geossintéticos. Foi promovida uma campanha de ensaios de arranque de geossintéticos, realizados numa caixa de grandes dimensões e de acordo com a norma europeia EN 13738. A campanha de ensaios incluiu uma geogrelha tecida biaxial em poliéster, uma geogrelha extrudida uniaxial em polietileno de alta densidade e um geocompósito de reforço composto por filamento de poliéster com revestimento de polipropileno. Com esta selecção de materiais procurou-se avaliar a influência da estrutura do geossintético no efeito da DDI no comportamento ao arranque da interface solo-geossintético. Os resultados dos ensaios realizados são apresentados e discutidos.

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 arranque, foram realizados ensaios de arranque de geossintéticos antes e após os materiais terem sido submetidos a procedimentos de instalação.

Os resultados do estudo são apresentados e analisados. São apresentados os valores para os coeficientes de redução a aplicar no dimensionamento dos geossintéticos estudados.

2. GEOSSINTÉTICOS E PROGRAMA DE TRABALHOS

2.1. Geossintéticos

Neste trabalho são apresentados os resultados referentes a três geossintéticos: uma geogrelha tecida biaxial em PET (GGT); uma geogrelha extrudida uniaxial em PEAD (GEU); e um geocompósito de reforço composto por filamento de PET com revestimento de PP (GCR), 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. Neste quadro refere-se ainda se os geossintéticos são biaxiais, ou seja,

apresentam valores da resistência iguais na direcção de fabrico e na direcção perpendicular à de fabrico, ou se são uniaxiais, no caso contrário.

Quadro 1- Propriedades dos geossintéticos estudados

Geossintéticos				Resistência Nominal kN/m
1	GGT	Geogrelha tecida biaxial em PET	Biaxial	55
2	GEU	Geogrelha extrudada uniaxial em PEAD	Uniaxial	64,5
3	GCR	Filamento de PET com revestimento de PP	Uniaxial	50

Com estes materiais procurou-se avaliar a influência da estrutura do geossintético no efeito da DDI no comportamento ao arranque da interface solo-geossintéticos. Dado que este estudo está direccionado essencialmente para aplicações em que os geossintéticos exercem a função de reforço, apresentam-se resultados apenas para a direcção de fabrico.

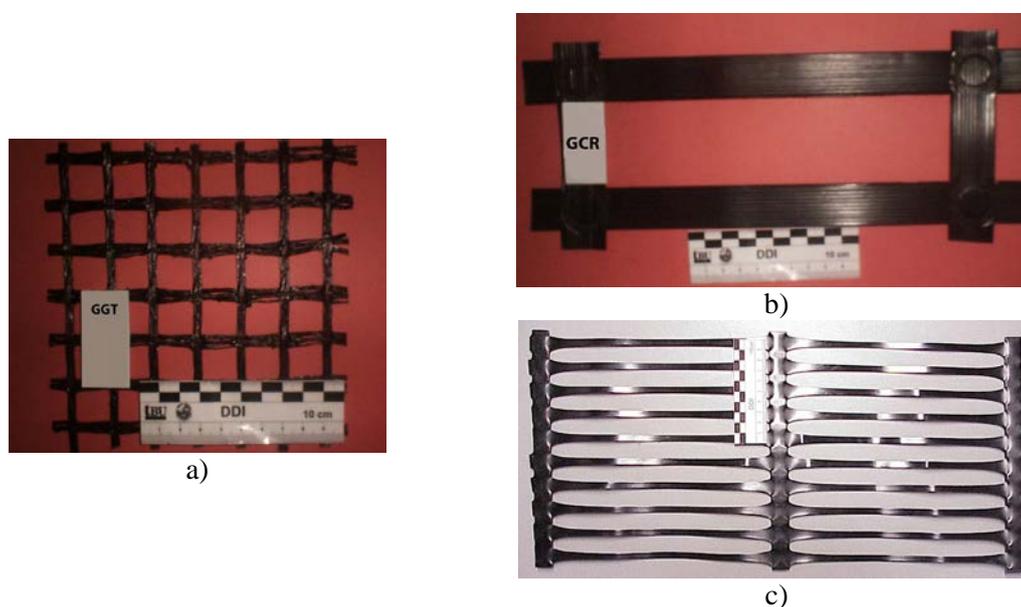


Figura 1 – Geossintéticos estudados: a) GGT; b) GCR; c) GEU

2.2. Programa de Ensaios

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 (2006) (EN ISO 10319:1996)) e 3) no que se refere ao comportamento da interface solo-geossintético (ensaio de arranque de acordo com a norma EN 13738 2004).

Para induzir em campo a DDI destas geogrelhas, 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 (2006). Posteriormente os geossintéticos foram exumados. Os geossintéticos GGT e GCR foram instalados em contacto com dois solos, um “tout-venant” (Solo 1) e um solo residual do granito (Solo 2). O geossintético GEU foi instalado em contacto com um solo diferente, trata-se de um “tout-venant” designado por Solo 3 diferente do Solo 1. Apesar do Solo 1 e Solo 3 serem dois solos diferentes, as características granulométricas dos dois solos são

muito idênticas entre si, ver 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 seis aterros temporários.

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

Solos	%<0,074 mm	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₅₀ mm	D ₆₀ mm	D _{max} mm	C _u -	C _c -
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
Solo 3	6,10	0,28	2,93	9,88	14,12	50,00	50,43	2,17

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: 1996), para avaliar o comportamento mecânico a curto prazo, e a ensaios de arranque (EN 13738 2004) para avaliar o comportamento mecânico das interfaces solo-geossintético.

Foram realizados ensaios de arranque em amostras intactas e danificadas em campo com os Solos 1, 2 e 3, com energias de compactação EC1 e EC2. Para a realização destes ensaios foi necessário que as amostras de geogrelha fossem confinadas em solo. No entanto, ao contrário do que seria de esperar, os solos utilizados nos ensaios de arranque são solos distintos dos utilizados na construção dos aterros provisórios (Solo 1, 2 e 3). Então, procurou-se utilizar solos o mais parecido possível com estes solos. Assim, o Solo 4 é um “tout-venant” similar ao Solo 1 e Solo 3. O Solo 4 é um solo residual do granito semelhante ao Solo 2 (Quadro 3).

Os ensaios de arranque foram realizados recorrendo a um índice de compacidade do solo de 50%; a tensão normal ao nível do geossintético é de 25kPa, para os provetes ensaiados com o Solo 3, e de 50kPa, para os provetes ensaios com o Solo 4. Os ensaios de arranque foram realizados impondo um deslocamento de 2mm/min. Mais detalhes sobre os procedimentos de ensaio de arranque e descrição do equipamento do ensaio podem ser consultados em Pinho-Lopes (2006).

Quadro 3– Resultados obtidos da caracterização laboratorial do Solo 4 e 5

Solos	%<0,074 mm	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₅₀ mm	D ₆₀ mm	D _{max} mm	γ _{min} kN/m ³	γ _{max} kN/m ³	γ _[ID=50%] kN/m ³
Solo 4	9,52	0,08	1,00	3,50	5,95	37,50	14,12	21,19	16,95
Solo 5	19,87	-	0,19	0,39	0,55	38,10	13,59	17,2	15,18

3. ANALISE DOS RESULTADOS

3.1. Ensaios de Tracção

Os ensaios de tracção foram realizados seguindo os procedimentos referidos na NP EN ISO 10319 2006 (EN ISO 10319:1996), 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 (ε) registada para o valor máximo da força, bem como os coeficientes de variação correspondentes (CVr e CVε, respectivamente).

Como se pode verificar, os valores da resistência à tracção das amostras intactas dos geossintéticos GGT e GCR são superiores aos valores nominais respectivos (definidos pelos produtores), para o geossintético GEU o contrário se verifica, a valor obtido para a resistência à

tracção é inferior ao valor nominal respectivo. De facto, para a GGT registou-se uma resistência à tracção de 83,4 kN/m (51,6% superior ao valor nominal - 55 kN/m) e para a GCR esse valor é de 69,9 kN/m (39,7% superior ao valor nominal - 50 kN/m). Para a GEU o valor obtido e o valor nominal são muito próximos entre si (redução de 4,5% comparativamente ao valor nominal). Os valores do coeficiente de variação dessa grandeza variam entre 2,4% e 5%.

No que se refere à extensão na rotura, os valores observados são relativamente próximos, variam entre 13,0% para o geossintético GCR e os 17,1% para o geossintético GEU. A geogrelha GGT apresenta um valor de 14,9%. Note-se que o coeficiente de variação apresenta também valores relativamente baixos, variando entre 3,1% e 5,7%.

No Quadro 4 verifica-se ainda que após DDI, a resistência à tracção e a extensão na rotura das geogrelhas estudadas têm diferentes comportamentos nos três geossintéticos. A geogrelha GGT e GEU sofrem uma redução relativamente aos valores das amostras intactas correspondentes. Em particular, o valor máximo da redução da resistência à tracção é de 45,0% para a GGT (após DDI em campo com o Solo 1 e EC2) e de 17,8% para a GEU (após DDI em campo com o Solo 3 e EC2). No geocompósito de reforço GCR a resistência à tracção diminuiu após DDI em campo com o Solo 1 (14,2% após DDI em campo com o Solo 1 e EC2), no entanto após DDI com o Solo 2 a resistência à tracção teve um pequeno aumento de resistência (3,7% e 3,1% após DDI com o Solo 2-EC1 e Solo 2-EC2, respectivamente).

É ainda importante notar que, em geral, nos provetes com maior redução de resistência após DDI, os coeficientes de variação das grandezas referidas aumentam. Esta diferença representa a heterogeneidade da DDI induzida e, conseqüentemente, do comportamento mecânico correspondente.

Quadro 4- Resultados dos ensaios de tracção – resistência à tracção (Rt), coeficiente de variação da resistência à tracção (CVr), extensão na rotura (ϵ) e coeficiente de variação da extensão (CV ϵ)

Geossintéticos	Material Intacto	Após DDI em campo						
		Solo 1		Solo 2		Solo 3		
		EC1	EC2	EC1	EC2	EC1	EC2	
GGT	Rt (kN/m)	83,4	52,0	45,9	64,5	62,2	-	-
	CVr (kN/m)	2,4	8,8	8,7	6,0	6,3	-	-
	ϵ (%)	14,9	11,8	11,9	13,8	13,2	-	-
	CV ϵ (%)	5,7	5,1	2,5	4,6	3,1	-	-
GCR	Rt (kN/m)	69,9	69,7	60,0	72,5	72,0	-	-
	CVr (kN/m)	2,7	5,7	11,0	2,0	3,9	-	-
	ϵ (%)	13,0	14,5	13,5	15,1	14,8	-	-
	CV ϵ (%)	3,1	8,3	15,6	1,0	2,4	-	-
GEU	Rt (kN/m)	61,6	-	-	-	-	57,8	50,6
	CVr (kN/m)	5,0	-	-	-	-	3,1	11,1
	ϵ (%)	17,1	-	-	-	-	14,5	11,4
	CV ϵ (%)	4,8	-	-	-	-	13,2	9,6

Na Figura 2 estão representados os valores residuais após DDI para a resistência à tracção e para a extensão correspondente dos três geossintéticos estudados. Da figura verifica-se que o geossintético com maior redução de resistência á tracção, após a DDI induzida, é a geogrelha GGT. Para esta geogrelha há uma redução da resistência à tracção de 37,6% e 45,0% após DDI em campo com o Solo 1-EC1 e Solo 1-EC2. Por sua vez, para o geocompósito de reforço GCR os efeitos da DDI induzida são menos significativos, aliás para os provetes após DDI em campo com o Solo 2 há um pequeno aumento da resistência à tracção após DDI.

A geogrelha GEU, apresenta valores de resistência residual entre 93,7% e 82,2% para os provetes após DDI com o Solo 3, EC1 e EC2, respectivamente.

Tal como seria de esperar, analisando o Quadro 4 e a Figura 2 verifica-se que das duas energias de compactação utilizadas na DDI, a que provoca maior grau de danificação é a EC2. Para os geossintéticos GGT e GCR, o Solo 1 provoca maior redução da resistência á tracção do que o Solo 2. Para o geossintético GGT a redução de resistência à tracção, quando utilizado o Solo 1 em vez do Solo 2, é cerca de 19,3% e 26,3% para EC1 e EC2, respectivamente.

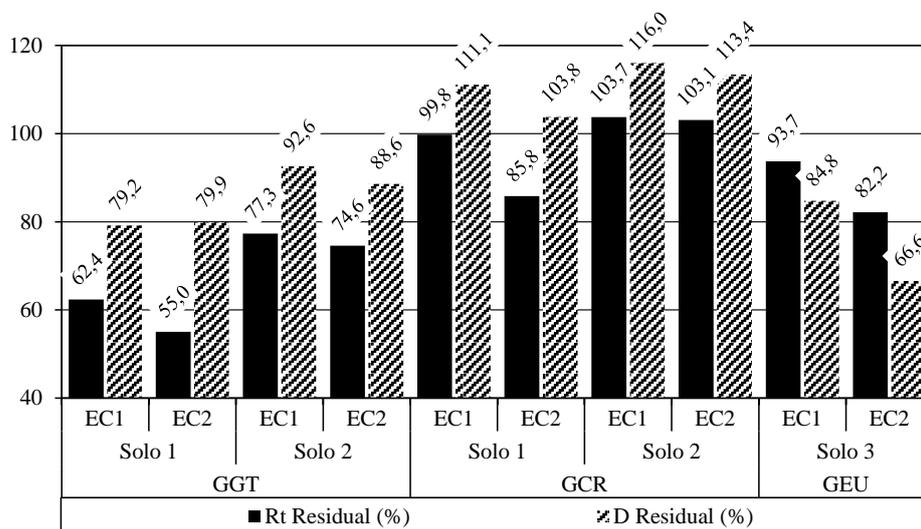


Figura 2- Valores residuais (em %) da resistência à tracção e da extensão após DDI em campo

3.2. Comportamento ao Arranque

3.2.1. Ensaio de Arranque

Os ensaios de arranque foram realizados de acordo com os procedimentos descritos na EN ISO 13738 (2004), tendo-se ensaiado, no mínimo, três provetes para cada tipo de amostra. Recorreu-se ao equipamento do Laboratório de Geossintéticos da FEUP que tem as seguintes dimensões interiores: 1,53m de comprimento, 1,00m de largura e 0,80m de altura total. A meia altura da caixa existe uma manga de aço, usada para reduzir a influência da parede frontal, e através da qual o geossintético é colocado no interior da caixa de arranque. A instrumentação do ensaio é feita usando potenciómetros lineares para medição de deslocamentos e células de carga para medição da força de arranque e da pressão de confinamento.

3.2.2. Resultados dos ensaios de arranque

No Quadro 5 são apresentados os resultados dos ensaios de arranque em termos dos valores médios da força de arranque máxima e do deslocamento frontal do provete para o qual esta ocorre, acompanhados dos coeficientes de variação respectivos. No Quadro 6 é incluída informação complementar, nomeadamente sobre o tipo de rotura observado para os provetes ensaiados e a tensão normal aplicada ao nível da geogrelha. Na Figura 3 os mesmos resultados estão apresentados em termos de resistência residual máxima ao arranque e o deslocamento residual para a resistência máxima ao arranque.

Os resultados obtidos para os ensaios de arranque da GGT com o Solos 4 e 5 apresentam valores para a força de arranque máxima de grandezas diferentes e modos de rotura distintos. Os provetes ensaiados com o Solo 5 sofreram rotura por arranque, os provetes ensaiados com o Solo 4, apresentaram rotura por tracção. O valor da resistência ao arranque dos provetes intactos

ensaiados com o Solo 4 é superior ao valor dos provetes ensaiados com o Solo 5, porém com o Solo 5 o valor do deslocamento frontal na rotura é mais elevado do que com o Solo 4.

Quadro 5- Resultados dos ensaios de arranque – Força de arranque máxima (Rr), coeficiente de variação da força de arranque máxima (CV_{Rr}), deslocamento frontal (Df) e coeficiente de variação do deslocamento frontal (CV_D)

Geossintéticos	Tipo de Solo	Rr kN/m	CV _{Rr} (%)	ε _{Fmax} (%) (%)	CV _ε (%) (%)
GGT	Intacto	49,7	6,1	88,5	5,9
	Solo1-EC1	29,9	7,7	87,5	8,3
	Solo1-EC2	20,8	35,1	54,2	7,3
	Intacto	31,8	5,4	111,1	7,9
	Solo2-EC1	33,3	5,9	114,6	4,4
	Solo2-EC2	31,3	4,5	116,9	5,3
GCR	Intacto	35,0	8,2	130,2	7,2
	Solo1-EC1	34,3	1,9	116,0	7,3
	Solo1-EC2	34,5	10,1	133,8	8,8
	Intacto	29,4	10,5	147,5	8,4
	Solo2-EC1	30,3	8,2	152,4	2,5
	Solo2-EC2	30,1	12,4	144,6	12,1
GEU	Intacto	44,9	2,3	86,7	2,0
	Solo3-EC1	43,1	7,4	86,3	5,7
	Solo3-EC2	43,6	1,7	93,7	9,5

Quadro 6- Tensão normal ao nível da geogrelha e tipo de rotura no ensaio de arranque

Geossintéticos	Tipo de Solo	Tensão normal ao nível do geossintético (kPa)	Tipo de Rotura
GGT	Intacto	25	Tracção
	Solo1-EC1	25	Tracção
	Solo1-EC2	25	Tracção
	Intacto	50	Arranque
	Solo2-EC1	50	Arranque
	Solo2-EC2	50	Arranque
GCR	Intacto	25	Arranque
	Solo1-EC1	25	Arranque
	Solo1-EC2	25	Arranque
	Intacto	50	Arranque
	Solo2-EC1	50	Arranque
	Solo2-EC2	50	Arranque
GEU	Intacto	25	Tracção
	Solo3-EC1	25	Tracção
	Solo3-EC2	25	Arranque e Tracção

Todos os provetes do geossintético GCR sofreram rotura por arranque na máquina de arranque, seja ensaiada com o Solo 4 ou Solo 5. O oposto se verifica em todos os provetes do geossintético GEU, para este geossintético, os provetes sofrem rotura por tracção (excepção feita para os provetes após DDI em campo com o Solo 3 e EC2 que há uma rotura de arranque com tracção).

A menor força de arranque máxima verifica-se para o GGT danificado em campo com o Solo 1 e EC2. Esta força é de 20,8 kN/m e é, aproximadamente 2/3 da verificada para o GGT danificado em campo com o Solo 2 EC2. O mesmo se verifica quando se analisa o

deslocamento frontal, esta é cerca de 50% do valor medido para o deslocamento frontal do GGT danificado em campo com o Solo 2 e EC2.

De uma forma geral, o GGT danificado em campo com o Solo 1 indicia de maneira mais significativa o efeito da DDI. Após DDI com o Solo 1 e EC1 há uma redução de cerca 40% na força máxima de arranque em relação ao material intacto; para a GGT após DDI com Solo 1 e EC2 a redução é cerca de 58% em relação ao GGT intacto, acompanhada de um coeficiente de variação elevado (35,1%)

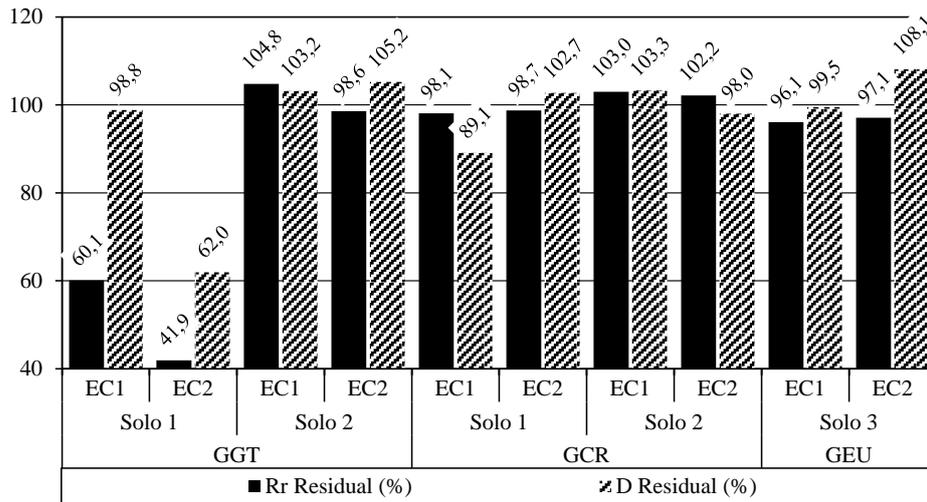


Figura 3- Resistência residual máxima ao arranque e o deslocamento residual para a resistência máxima ao arranque

Os provetes da GGT ensaiada na máquina de arranque com o Solo 5 (provetes danificados com o Solo 2 e as duas energias de compactação) apresentam um efeito reduzido na danificação induza. O mesmo acontece com todos os provetes dos geossintéticos GCR e GEU, aliás para os provetes do geossintético GCR ensaiados com o Solo 5 na máquina de arranque (provetes danificados em campo com EC1 e EC2), apresentam um acréscimo de resistência ao arranque de cerca 3% a 2% quando comparados com a resistência ao arranque dos provetes intactos.

Comparando os resultados dos ensaios de arranque do GCR com os dois solos, Solo 4 e Solo 5, é possível afirmar que a força máxima ao arranque dos provetes intactos quando ensaiados ao arranque com o Solo 5 é inferior em cerca de 16% do que quando utilizado o Solo 4. Esta diferença deve-se provavelmente à maior interação solo-geossintético gerada pelo Solo 4 comparativamente com o Solo 5.

Na Figura 4 são apresentadas as curvas de arranque obtidas para os três geossintéticos, intactas e após DDI em campo nas condições em apreço. A resposta dos geossintéticos é distinta, conforme o tipo de rotura que acontece. De facto a forma das curvas de arranque nos provetes que sofrem arranque é alongada (rotura tipo dúctil), enquanto os provetes que sofrem rotura por tracção apresenta um pico de resistência a partir do qual há uma diminuição brusca da resistência ao arranque tal como nos ensaios de tracção (rotura tipo frágil).

As maiores diferenças observadas nas curvas de arranque, antes e após a DDI, dizem respeito ao geossintético GGT ensaiado com o Solo 4. Neste caso, como seria de esperar, a curva de arranque dos provetes após DDI com as duas energias de compactação, afastam-se da curva dos provetes intactos (de referir que as curvas apresentadas dizem respeito à curva média obtida a partir dos resultados de três provetes). Para os provetes do geossintético GCR e GEU, as curvas

de arranque têm comportamento bastante semelhantes quando comparados os provetes intactos com os danificados do mesmo geossintético e ensaiados com o mesmo solo no ensaio de arranque. Confirma assim, a pouca influência da DDI induzida em campo nestes materiais.

3.3. Comparação dos Resultados – Ensaio de Tracção e Arranque

Como alguns dos provetes das geogrelhas GGT e GEU sofreram rotura por tracção quando ensaiadas ao arranque, achou-se conveniente comparar os valores da resistência à tracção dos dois geossintéticos quando testados à tracção segundo a norma EN ISO 10319:1996 e ao arranque segunda a norma EN 13738: 2004, ver Quadro 7.

Quadro 7- Resistência à tracção nos ensaios de tracção e no ensaio de arranque

		Rt - Ensaio de tracção	Rr - Ensaio de arranque
		kN/m	kN/m
GGT	Intacto	83,4	49,7
	Solo1-EC1	52,0	29,9
	Solo1-EC2	45,9	20,8
GEU	Intacto	61,6	44,9
	Solo3-EC1	57,8	43,1
	Solo3-EC2	50,6	43,6

Do quadro é possível observar que a resistência à tracção obtida pelo ensaio de arranque é cerca de 40% a 50% inferior para o GGT e cerca de 15% a 30% inferior para o GEU da resistência à tracção obtida pelo ensaio de tracção. Esta redução da resistência à tracção medida no ensaio de arranque deve-se provavelmente à danificação adicional induzida nos provetes quando introduzidos entre duas camadas de solos (Solo 4 e Solo 5) e à compactação das camadas na caixa de arranque.

3.4. 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:

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

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

Quadro 8- Coeficientes de redução para a danificação durante a instalação

Geossintéticos		CR_{DDI}					
		Solo 1		Solo 2		Solo 3	
		EC1	EC2	EC1	EC2	EC1	EC2
Ensaio de tracção	GGT	1,60	1,82	1,29	1,34	-	-
	GCR	1,00	1,17	0,96	0,97	-	-
	GEU	-	-	-	-	1,07	1,22
Ensaio de arranque	GGT	1,66	2,38	0,95	1,01	-	-
	GCR	1,02	1,01	0,97	0,98	-	-
	GEU	-	-	-	-	1,04	1,03

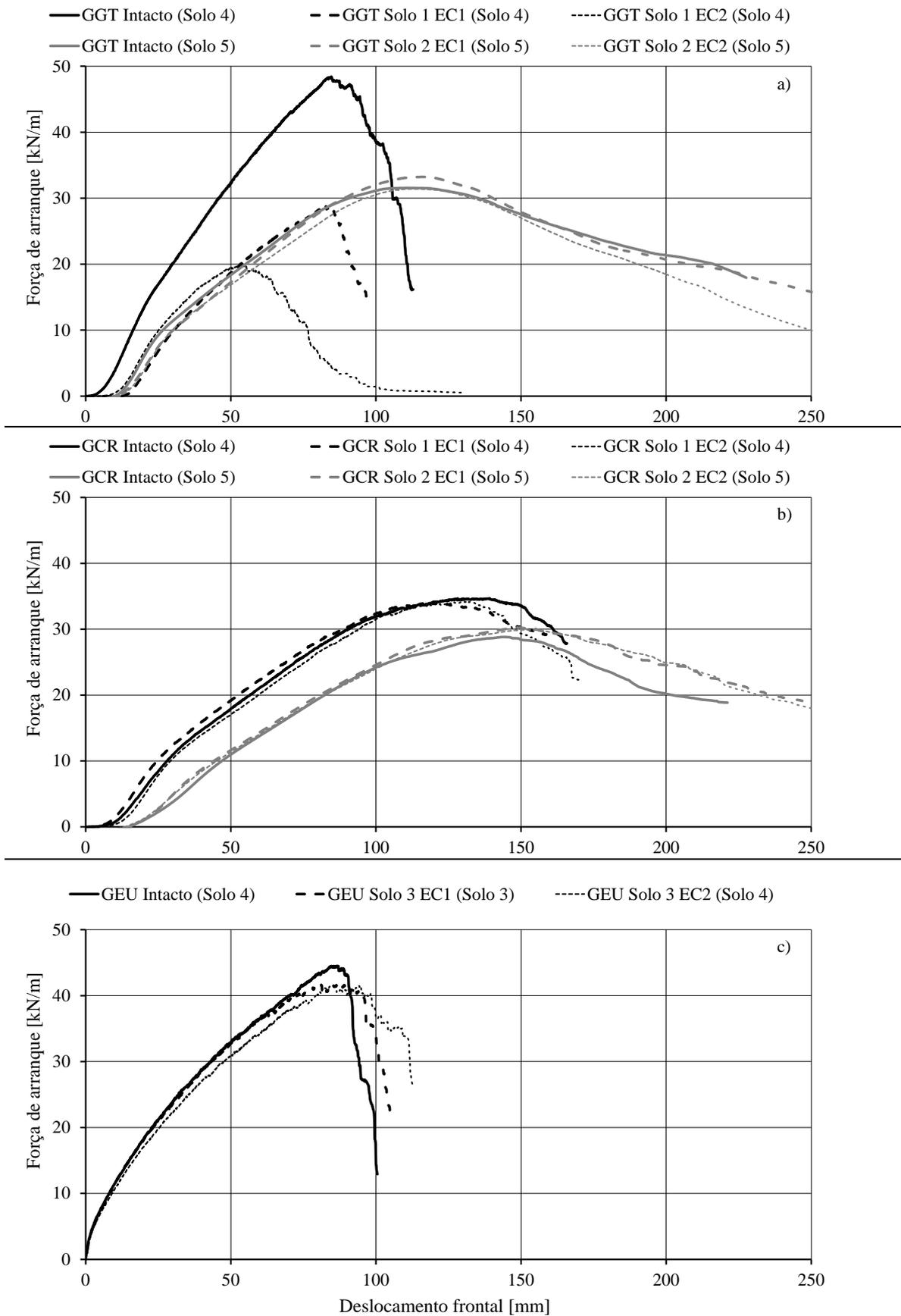


Figura 4- Curvas de arranque, intactas e após DDI: a) GGT; b) GCR; c) GEU

Os valores obtidos para os coeficientes de redução para a resistência à tracção e para o arranque após DDI em campo reflectem a influência dos factores já referidos. Nos ensaios de arranque, estes valores estão próximos da unidade, o que traduz a pouca influência da DDI em campo na resistência ao arranque dos geossintéticos GCR e GEU. Os coeficientes de redução são mais elevados quando os provetes são danificados em campo com a EC2 o que traduz a maior agressividade desta energia de compactação na DDI em campo.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos é possível formular as seguintes conclusões:

- A resistência à tracção dos dois geossintéticos sofre uma redução, relativamente aos valores das amostras intactas correspondentes;
- Para a resistência à tracção, os coeficientes de redução para a DDI variam entre 0,96 e 1,82. Os maiores valores registam-se nos provetes danificados com o “tout-venant” (Solo 1) e com a energia de compactação de 98% (EC2), o que traduz a maior agressividade deste solo e desta energia de compactação na danificação induzida em campo;
- De uma forma geral, a geogrelha tecida em polietileno (GGT) danificado em campo com o Solo 1 indicia de maneira mais significativa o efeito da DDI nos ensaios de arranque. Pelo contrário, os outros dois geossintéticos estudados (GCR e GEU) apresentam um efeito reduzido da danificação induzida no comportamento ao arranque.
- Na generalidade, o Solo 4 (utilizado nos ensaios de arranque) induz maior danificação ao geossintético (assim como o Solo 1 e 3 nos ensaios de DDI de campo), induz também maiores forças de interacção solo-geossintético, comparativamente com Solo 5 e o Solo 2 que foi usado nos ensaios de DDI em campo.
- A resposta ao arranque dos geossintéticos é distinta, conforme o tipo de rotura que acontece. Quando ocorre rotura por tracção esta é frágil, tal como ocorre nos ensaios de tracção. Caso os provetes sofram rotura por arranque, está é dúctil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FCT, Projecto de Investigação PTDC/ECM/099087/2008.

REFERÊNCIAS

- NP EN ISO 10319 (2006). Geotêxteis – Ensaio de tracção em tiras largas (EN ISO 10319:1996).
- EN 13738 (2004). Geotextiles and geotextiles-related products – Determination of anchorage properties by means of a pull out test.
- 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. (2006). “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.