

14.01 - TERRAPLENAGEM

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

14.01.1 - ATERROS

Para efeitos deste Caderno de Encargos considera-se como **Fundação do Aterro** o terreno sobre o qual este será construído.

1 - ESTRUTURA DOS ATERROS

Nos aterros distinguem-se as seguintes zonas, cuja geometria será definida no projecto:

Parte Inferior do Aterro (PIA) - É a zona do aterro que assenta sobre a fundação (geralmente considera-se que é constituída pelas duas primeiras camadas do aterro). No caso de se ter procedido previamente aos trabalhos de decapagem, consideram-se também incluídas para além destas, as camadas que se situam abaixo do nível do terreno natural.

Corpo - É a parte do aterro compreendida entre a Parte Inferior e a Parte Superior do Aterro.

Parte Superior do Aterro (PSA) - É a zona do aterro (da ordem dos 40-85 cm) sobre a qual apoia a Camada de Leito do Pavimento, a qual integra a fundação do pavimento e influencia o seu comportamento.

Leito do Pavimento - É a última “camada” constituinte do aterro, que se destina essencialmente a conferir boas condições de fundação ao pavimento, não só do ponto de vista das condições de serviço, mas também das condições de colocação em obra, permitindo uma fácil e adequada compactação da primeira camada do pavimento, e garantindo as condições de traficabilidade adequadas ao tráfego de obra. Por razões construtivas o Leito do Pavimento pode ser construído por uma ou várias camadas.

Espaldar - É a zona lateral do corpo do aterro que inclui os taludes, e que pode ocasionalmente ter função de maciço estabilizador.

*A Parte Superior do Aterro e o Leito do Pavimento constituem a **fundação do pavimento**.*

2 - CRITÉRIOS GERAIS

Os materiais a utilizar nos aterros serão os definidos no projecto, provenientes das escavações realizadas na obra ou de empréstimos. Os empréstimos escolhidos pelo adjudicatário deverão ser submetidos à prévia aprovação da Fiscalização.

Os materiais a utilizar na construção da Parte Inferior dos Aterros devem ser preferencialmente insensíveis à água, especialmente quando houver possibilidade de inundação e/ou de encharcamento dos terrenos adjacentes.

Na construção do Corpo dos aterros poderão ser utilizados todos os materiais que permitam a sua colocação em obra em condições adequadas, que garantam e assegurem por um lado a estabilidade da obra, e simultaneamente, que as deformações pós-construtivas que se venham a verificar sejam toleráveis a curto e longo prazo para as condições de serviço.

Para satisfazer às exigências de estabilidade quase imediatas dos aterros, os materiais utilizáveis devem ter características geotécnicas que permitam atingir, logo após a sua colocação em obra, as resistências, em particular mecânicas, que garantam esta exigência. Isto pressupõe, que eles possam ser correctamente espalhados e compactados, o que significa que:

- É necessário que a dimensão máxima ($D_{m\acute{a}x}$) dos seus elementos permita o nivelamento das camadas e que a sua espessura seja compatível com a potência dos cilindros utilizados;
- O respectivo teor em água natural (W_{nat}) seja adequado às condições de colocação em obra.

Os materiais que poderão ser utilizados na construção do Corpo dos aterros devem ainda obedecer ao seguinte:

- Os solos ou materiais a utilizar deverão estar isentos de ramos, folhas, troncos, raízes, ervas, lixo ou quaisquer detritos orgânicos.
- A dimensão máxima dos elementos dos materiais a aplicar será, em regra, não superior a 2/3 da espessura da camada, uma vez compactada.

Na Parte Superior dos Aterros devem ser utilizados os materiais de melhor qualidade, de entre os provenientes das escavações e/ou dos empréstimos utilizados.

Na zona dos Espaldares devem ser utilizados materiais compatíveis com a geometria de taludes projectada, de modo a evitar riscos de instabilidade e/ou de erosão.

3 - TIPOS DE MATERIAIS DE ATERRO

Os materiais a utilizar na construção dos aterros são do ponto de vista granulométrico, os seguintes: solos, materiais rochosos (enrocamento), e materiais do tipo solo-enrocamentos.

3.1 - SOLOS

Segundo o presente Caderno de Encargos, denominam-se solos os materiais que cumpram as seguintes condições granulométricas:

- Material retido no peneiro 19 mm (3/4") ASTM ≤ 30%

A sua utilização na construção de aterros, no seu estado natural, exige que sejam observadas as seguintes condições relativas ao teor em água:

Solos incoerentes: $0,8 W_{opm} \leq W_{nat} \leq 1,2 W_{opm}$

Solos coerentes: $0,7 W_{opn} \leq W_{nat} \leq 1,4 W_{opn}$

W_{opm} - teor em água ótimo referido ao ensaio de Proctor Modificado

W_{opn} - teor em água ótimo referido ao ensaio de Proctor Normal

Quando não se verifique este requisito para o caso de solos coerentes, poder-se-á recorrer a técnicas de tratamento com cal ou desta combinada com cimento.

A possível utilização dos diversos tipos de solos em função da zona do aterro em que irão ser aplicados deverá obedecer às seguintes regras gerais (Quadro 1), baseadas na classificação unificada de solos, contida na especificação ASTM D 2487.

Quadro 1

Classe	CBR (%)	Tipo de solo	Descrição	Reutilização		
				PIA	Corpo	PSA
S 0	< 3	OL	siltos orgânicos e siltos argilosos orgânicos de baixa plasticidade (1)	N	N	N
		OH	argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; siltos orgânicos. (2)	N	P	N
		CH	argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas. (3)	N	P	N
		MH	siltos inorgânicos; areias finas micáceas; siltos micáceos. (4)	N	P	N
S 1	≥ 3 a < 5	OL	idem (1)	N	S	N
		OH	idem (2)	N	S	N
		CH	idem (3)	N	S	N
		MH	idem (4)	N	S	N
S 2	≥ 5 a < 10	CH	idem (3)	N	S	N
		MH	idem (4)	N	S	N
		CL	argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média argilas com seixo, argilas arenosas, argilas siltosas e argilas magras.	S	S	P
		ML	siltos inorgânicos e areias muito finas; areias finas, siltosas ou argilosas; siltos argilosos de baixa plasticidade.	S	S	P
		SC	areia argilosa; areia argilosa com cascalho. (5)	S	S	P
S 3	≥ 10 a < 20	SC	idem (5)	S	S	S
		SM-d	areia siltosa;	S	S	S
		SM-u	areia siltosa.	P	S	N
		SP	areias mal graduadas; areias mal graduadas com cascalho.	S	S	S
S 4	≥ 20 a < 40	SW	areias bem graduadas; areias bem graduadas com cascalho.	S	S	S
		GC	cascalho argiloso; cascalho argiloso com areia.	S	S	S
		GM-u	cascalho siltoso; cascalho siltoso com areia. (6)	P	S	P
		GP	cascalho mal graduado; cascalho mal graduado com areia. (7)	S	S	S
S 5	≥ 40	GM-d	idem (6)	S	S	S
		GP	idem (7)	S	S	S
		GW	cascalho bem graduado; cascalho bem graduado com areia.	S	S	S

S - admissível; **N** - não admissível; **P**-possível.

PIA - parte inferior do aterro

PSA - parte superior do aterro

3.2 - MATERIAIS ROCHOSOS (ENROCAMENTOS)

Do ponto de vista da sua reutilização na construção de aterros e da definição das condições de aplicação, os materiais rochosos podem ser caracterizados com vista à determinação das suas características de resistência, fragmentabilidade e alterabilidade podendo-se considerar em princípio, divididos nos seguintes grupos:

A - ROCHAS SEDIMENTARES

A.1 - Rochas Carbonatadas (Calcários)

- a) $LA < 45$ Calcários duros
- b) $LA > 45$ e $\gamma > 18 \text{ kN / m}^3$ Calcários de densidade média
- c) $\gamma < 18 \text{ kN / m}^3$ Calcário fragmentável

A.2 - Rochas Argilosas (Margas, Xistos Sedimentares, Argilitos)

- a) $FR < 7$ e $ALT < 20$ Rochas argilosas pouco fragmentáveis e de degradabilidade média
- b) $FR > 7$ Rochas argilosas fragmentáveis
- c) $FR < 7$ e $ALT > 20$ Rochas argilosas pouco fragmentáveis e muito degradáveis

A.3 - Rochas Siliciosas (Grés, "Pudins" e Brechas)

- a) $LA < 45$ Rochas Siliciosas Duras
- b) $LA > 45$ e $FR < 7$ Rochas Siliciosas de Dureza Média
- c) $FR > 7$ Rochas Siliciosas Fragmentáveis

B - ROCHAS MAGMÁTICAS E METAMÓRFICAS

- a) $LA < 45$ Rochas Duras
- b) $LA > 45$ e $FR < 7$ Rochas de Dureza Média
- c) $FR > 7$ Rochas Fragmentáveis ou alteráveis

NOTA: γ - peso volúmico;

LA - percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles (Gran. E);

FR - índice de fragmentabilidade (NF P 94-066);

ALT - índice de alterabilidade (NF P 94-067).

O material para utilizar em pedraplenos será proveniente das escavações, e deverá ser homogéneo, de boa qualidade, isento de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas, obedecendo às seguintes características:

- Granulometria:

O material terá uma granulometria contínua, e cumprirá as seguintes condições granulométricas:

- Percentagem passada no peneiro de 25 mm (1") ASTM, máxima 30%
- Percentagem passada no peneiro de 0,074 mm (nº 200) ASTM ,máxima 12%
- A dimensão máxima dos blocos (D_{máx}) não deverá ser superior a 2/3 da espessura da camada depois de compactada, nem a 0,80 m.

- Forma das partículas:

A percentagem, em peso, das partículas lamelares ou alongadas será inferior a 30%.

Para este efeito consideram-se partículas lamelares ou alongadas as que apresentem uma máxima dimensão superior a 3 vezes a mínima.

3.3 - MATERIAIS DO TIPO SOLO-ENROCAMENTO

Do ponto de vista granulométrico serão considerados materiais com características de solo-enrocamento os materiais de granulometria contínua e que ainda obedeçam às seguintes condições granulométricas:

- Material retido no peneiro de 19 mm (3/4") ASTM compreendido entre 30% e 70%
- Material passado no peneiro 0,075 mm (nº 200) ASTM compreendido entre 12% e 40%
- A dimensão máxima dos blocos (D_{máx}) não deverá ser superior a 2/3 da espessura da camada depois de compactada, nem a 0,40 m.

Estes materiais, constituídos por mistura de solos com rocha e normalmente resultantes do desmonte, de rochas brandas deverão obedecer na perspectiva da sua reutilização às especificações exigidas para cada fracção, rocha ou solo, referidas nos pontos anteriores.

3.4 - MATERIAIS NÃO REUTILIZÁVEIS

Os materiais resultantes de escavações na linha ou de empréstimo e não reutilizáveis, são os indicados no projecto de terraplenagem, ou os que obedecem às seguintes condições:

- lixo ou detritos orgânicos;
- argilas com IP > 50%;
- materiais com propriedades físicas ou químicas indesejáveis, que requeiram medidas especiais para escavação, manuseamento, armazenamento, transporte e colocação;

- turfa e materiais orgânicos provenientes de locais pantanosos.

4 - ATERROS COM SOLOS

Para efeitos deste Caderno de Encargos, terrapleno é todo o aterro construído com solos.

A utilização dos diversos tipos de solos no seu estado natural, em função da zona do aterro em que irão ser aplicados, deverá obedecer às seguintes regras gerais:

- Na Parte Inferior dos Aterros (PIA), devem, de preferência ser utilizados solos pouco sensíveis à água, pertencentes às classes S2, S3, S4 e S5 previstas no Quadro 1. Sempre que os aterros se localizem em zonas muito húmidas ou inundáveis, ou integrem camadas drenantes, estas e/ou a PIA, devem ser construídas com materiais com menos de 5% passados no peneiro 0,074 mm (nº 200) ASTM;
- No Corpo dos aterros podem ser utilizados os solos de pior qualidade.
- Não é permitida a utilização de materiais rochosos (enrocamento) para conclusão da construção de terraplenos, e é proibido o recurso a técnicas do tipo “sandwich” (utilização de materiais diferentes alternadamente e de forma contínua) de modo a poder garantir-se um comportamento uniforme e contínuo do aterro;
- Na Parte Superior dos Aterros, numa espessura entre 40 a 85 cm, devem utilizar-se os solos com melhores características geotécnicas. De preferência, aqueles materiais devem satisfazer simultaneamente as classes S2, S3, S4 e S5, do Quadro 1 anteriormente apresentado e aos grupos A-1, A-2 e A-3 da Classificação Rodoviária.

5 - ATERROS EM MATERIAL ROCHOSO (ENROCAMENTO)

Para efeitos deste Caderno de Encargos, pedrapleno é todo o aterro com materiais rochosos (enrocamento) de boa qualidade, o que exclui os materiais das classes A.1 c); A.2; A.3 c); e B c) definidos em 14.01.1 - 3.2, que normalmente apresentam valores de resistência à compressão simples inferior a 30 MPa.

No caso dos pressupostos de projecto não se verificarem, devem ser introduzidos os ajustamentos e/ou correcções necessários.

Na Parte Inferior dos Aterros (PIA) de enrocamento e nos respectivos Espaldares devem ser utilizados materiais pouco sensíveis à água (não colapsáveis - A.1 a) e b); A.3 a) e b) e B a) e b) do sub-capítulo 14.01.1-3.2, de dureza alta ou média e não fragmentáveis, compatíveis com as condições de utilização.

Nestas zonas dos pedraplenos não é permitida, em princípio, a utilização de materiais de enrocamento provenientes de rochas argilosas fragmentáveis e alteráveis (evolutivas - A.2 do sub-capítulo 14.01.1-3.2. Quando tal não for possível de evitar, os blocos devem ser demolidos até à

menor dimensão possível e a Parte Inferior do Aterro deve ser defendida dos efeitos da molhagem por obras de drenagens adequadas e os Espaldares revestidos com terra vegetal à medida que a construção vai avançando de modo a minimizar o tempo de exposição dos materiais à acção dos agentes atmosféricos.

No caso de aterros de enrocamento zonados devem ser utilizados, nos espaldares, os materiais de enrocamento de melhor qualidade.

Na Parte Superior dos Aterros (PSA) de enrocamento, devem ser utilizados materiais que permitam fazer a transição entre os materiais utilizados no corpo do aterro e os materiais do leito do pavimento. Este objectivo pode ser conseguido à custa da utilização dos materiais de menor granulometria provenientes do próprio desmonte dos materiais rochosos.

A não ser que a altura do aterro a construir sobre o pedrapleno seja superior a 1,50 m, não é permitida a utilização de solos na Parte Superior do Aterro (PSA).

6 - ATERROS COM MATERIAIS DO TIPO SOLO-ENROCAMENTO

Para efeitos deste Caderno de Encargos considera-se aterro com materiais do tipo solo-enrocamento todo o aterro construído com os materiais definidos em 14.01.1-3.3.

7 - ATERROS TÉCNICOS

Designam-se por “aterros técnicos” os aterros a realizar em zonas de difícil acesso, e onde não é possível que o equipamento correntemente utilizado no espalhamento e compactação dos materiais de aterro opere normalmente. Entre outros consideram-se “aterros técnicos” os aterros junto a encontros de obras de arte ou a outro tipo de estruturas enterradas, e os aterros junto a muros de suporte, passagens hidráulicas de pequeno ou grande diâmetro, passagens agrícolas, etc..

Os materiais a utilizar na sua construção deverão satisfazer ao especificado em 14.01.2 - Materiais para o Leito do Pavimento e em 14.01.1-3.2 - Solos tratados com cal e/ou cimento. Exceptuam-se os casos de estruturas enterradas de pequeno diâmetro, desde que a altura do aterro sobre a estrutura não seja inferior a três vezes “d” (diâmetro ou lado), em que poderão ser utilizados em alternativa os materiais das classes S2, S3, S4 e S5 referidos no Quadro 2 do ponto 14.01.1.-3.2.1.

14.01.2 - MATERIAIS PARA O LEITO DO PAVIMENTO

Os materiais naturais a utilizar na construção do Leito do Pavimento são os referidos no Quadro 1 do sub-capítulo 14.01.1-3.1, e obedecem ainda às características discriminadas nos pontos 1 a 3 do presente sub-capítulo.

Na regularização de escavações em rocha e em pedraplenos e aterros em solo-enrocamento o Leito do Pavimento será construído obrigatoriamente por materiais com as características referidas nos pontos 2 e 3 (Materiais Granulares).

O reperfilamento da superfície do leito do pavimento no extradorso das curvas com sobreelevação será construído com materiais granulares com características de sub-base.

1 - SOLOS

Os materiais para camadas de leito do pavimento em solos, deverão ser constituídos por solos de boa qualidade, isentos de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas, devendo obedecer às seguintes características:

- Dimensão máxima..... 75 mm
- Percentagem de material que passa no peneiro nº 200 ASTM, máxima..... 20%
- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo 6%
- Equivalente de areia, mínimo 30%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo 2,0
- CBR a 95% de compact. relativa, e teor óptimo em água (Proctor Modificado), mínimo 10%
- Expansibilidade (ensaio CBR), máxima 1,5%
- Percentagem de matéria orgânica 0%

2 - MATERIAIS GRANULARES NÃO BRITADOS

No caso de ser utilizado material granular não britado, aluvionar ou outros resultantes das escavações em rocha, o material, deverá obedecer às seguintes características:

- A granulometria deve integrar-se no seguinte fuso:

PENEIRO ASTM	PERCENTAGEM ACUMULADA DO MATERIAL QUE PASSA
75,0 mm (3")	100
63,0 mm (2 1/2")	90 - 100
4,75 mm (nº 4)	35 - 70
0,075 mm (nº 200)	0 - 12

- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo 6%

- Equivalente de areia, mínimo 30%
- Valor de azul-de-metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo 2,0
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Gran. A), máxima 45%

a) Se o equivalente de areia for inferior a 30%, o valor de azul-de-metileno corrigido (VA_c), deverá ser inferior a 35, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$VA_c = VA \times \frac{\%P\#200}{\%P\#10} \times 100$$

VA - Valor de azul-de-metileno obtido pelo método da mancha no material de dimensão inferior a 75 µm (NF P 18-592)

Nota: Se a percentagem de material passado no peneiro de 0,075 mm (nº200 ASTM) for inferior ou igual a 5, a aceitação do material passa unicamente pelo respeito do especificado para o valor de L.A., desde que $FR < 7$ e $ALT > 20$.

3 - MATERIAIS GRANULARES BRITADOS

Estes materiais devem ser constituídos pelo produto de britagem de material explorado em formações homogêneas e ser isento de argilas, de matéria orgânica ou de quaisquer outras substâncias nocivas. Deverão obedecer ainda às seguintes prescrições:

- A granulometria, de tipo contínuo, 0/31,5mm da categoria GB e deve integrar-se, em princípio, no seguinte fuso:

Dimensão dos peneiros de referência	Referência Normativa	Unid.	Fuso granulométrico	
40	EN 13285 NP EN 933-2	mm		100
31,5			D	80-99
22,4				-
16			A	63-77
8			B	43-60
6,3				-
5,6				-
4			C	30-52
2			E	23-40
1			F	14-35

0,5			G	10-30
0,25				-
0,125				-
0,063				2-7

- Resistência à fragmentação/esmagamento.....LA40 a)

a) LA₅₀ em granitos

- Resistência ao atrito.....M_{DE} 50
- Forma das partículasFI35
- Percentagem de partículas esmagadas.....C_{90/3}
- Teor de finosf₇
- Qualidade de finos (se % de material passado no peneiro 0,063mm >3%)

Equivalente de areia.....SE≥35*

*Se SE ≤ 35 o valor de Azul de metilenoMB ≤ 2,5

14.01.3 - GEOTÊXTEIS EM TERRAPLENAGEM

1 - DISPOSIÇÕES GERAIS

Os geotêxteis a aplicar na obra, em terraplenagem ou com outras funções, deverão ser submetidos à aprovação da Fiscalização, acompanhados de certificados de origem e ficha técnica, bem como dos resultados do controlo de fabrico e referência de obras em que tenha sido aplicado com idênticas funções.

Nenhum tipo de geotêxtil poderá ser aplicado em obra sem a prévia aprovação da Fiscalização, pelo que o seu estudo deverá ser apresentado com, pelo menos, um mês de antecedência. Deverá ser imputrescível, insensível à acção de ácidos ou bases e inatacável por micro-organismos ou insectos e possuir as características mínimas estipuladas para as funções a que se destinam, definidas no projecto.

O material deverá apresentar textura e espessura homogêneas, sem defeitos, devendo ser protegido, aquando do armazenamento, dos raios solares, de sais minerais e de poeiras, chuva ou gelo.

No caso de ter havido deficiência no transporte, armazenamento ou manuseamento, ter-se-ão de eliminar as primeiras espiras do rolo com defeito.

As características dos geotêxteis a usar em terraplenagens não devem ser inferiores às características mínimas a seguir indicadas, a não ser que o seu dimensionamento, demonstre claramente ser aconselhável, para aquelas condições específicas, adoptar outros valores.

2 - GEOTÊXTEIS COM FUNÇÕES DE SEPARAÇÃO E/OU FILTRO

Independentemente do dimensionamento que tem de ser realizado para cada caso particular, as características mínimas e máximas dos geotêxteis a utilizar na base de aterros, são as seguintes:

a) Solos de fundação com coesão não drenada ($C_u > 25$ kPa)

- Resistência à tracção (EN ISO 10319), mínima..... 10 kN/m
- Extensão na rotura (EN ISO 10319), mínima..... 35%
- Resistência ao punçoamento (EN ISO 12236)..... 1,5 kN
- Permissividade (prEN 12040), mínima..... $0,1 \text{ s}^{-1}$
- Porometria (O_{90}) (Via húmida/Téc. LNEC), máxima 200 μm

b) Solos de fundação muito compressíveis ($C_u < 25$ kPa)

- Resistência à tracção (EN ISO 10319), mínima..... 15 kN/m
- Extensão na rotura (EN ISO 10319), mínima..... 40%
- Resistência ao punçoamento (EN ISO 12236)..... 1,5 kN
- Permissividade (prEN 12040), mínima..... $0,2 \text{ s}^{-1}$
- Porometria (O_{90}) (Via húmida/Téc. LNEC), máxima 150 μm

3 - MATERIAIS A APLICAR SOBRE OS GEOTÊXTEIS

Os materiais a aplicar sobre geotêxtil com função de separação, na parte inferior do aterro, serão isentos de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas, obedecendo ainda às seguintes características mínimas:

- Dimensão máxima..... 200 mm
- Percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM $\leq 15\%$
- Limite de liquidez $\leq 25\%$

- Índice de plasticidade $\leq 6\%$
- Equivalente de areia $\geq 20\%$

4 - MATERIAIS A APLICAR NA CAMADA DRENANTE SOBREJACENTE AO GEOTÊXTIL

O material a aplicar sobre geotêxteis com a finalidade de constituir uma camada drenante sob aterros, para escoamento das águas resultantes do processo de consolidação de formações aluvionares muito compressíveis, deverá ser de qualidade uniforme, isento de matéria orgânica ou de outras substâncias prejudiciais e obedecer às seguintes características mínimas:

4.1 - AREIA

- Granulometria de dimensões nominais 0,06 / 6 mm
- Percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM $\leq 6\%$
- Equivalente de areia $\geq 70\%$

4.2 - MATERIAL ROCHOSO

- Dimensão máxima 200 mm
- Percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM $\leq 5\%$
- Equivalente de areia $\geq 60\%$
- Desgaste de Los Angeles (Granul.F) $\leq 50\%$

14.01.6 - MATERIAIS PARA MÁSCARAS E ESPORÕES DRENANTES

O material a utilizar na construção de máscaras e esporões drenantes deve ser material rochoso e obedecer às seguintes características:

- Máscaras - granulometria 100/500 mm
- Esporões - granulometria 100/200 mm