

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS SOBRE
DESEMPENHO DE FILTROS GEOTÊXTEIS**

MATHEUS VIANA DE SOUZA

Orientador: **ENNIO MARQUES PALMEIRA**

Coorientadora: **IVONNE A. M. G. GÓNGORA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GEOTECNIA

PUBLICAÇÃO: G.DM - 341/2022

BRASÍLIA – DF: 7 DE JANEIRO DE 2022.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS SOBRE DESEMPENHO DE
FILTROS GEOTÊXTEIS**

MATHEUS VIANA DE SOUZA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

APROVADA POR:

ENNIO MARQUES PALMEIRA, Ph.D. (UnB)
(ORIENTADOR)

IVONNE A. M. GUTIÉRREZ GÓNGORA, Dra. (UnB)
(CO-ORIENTADORA)

RAFAEL CERQUEIRA SILVA, Dr. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

MARIA DAS GRAÇAS GARDONI ALMEIDA, Dra. (UFMG)
(EXAMINADORA EXTERNA)

DATA: BRASÍLIA/DF, 7 de JANEIRO de 2022.

FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, MATHEUS VIANA DE

Elaboração de um Banco de Dados sobre Desempenho de Filtros Geotêxteis. [Distrito Federal] 2022.

xxii, 134 p.; 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Geotecnia, 2022)

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil

1. Geotêxteis

2. Filtração

3. Dimensionamento

4. Banco de Dados

I. ENC/FT/UnB

II. Mestre

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, M.V. (2022). Elaboração de um Banco de Dados sobre Desempenhos de Filtros Geotêxteis. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-341/2022, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 134 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Matheus Viana de Souza

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Elaboração de um Banco de Dados sobre Desempenho de Filtros Geotêxteis.

GRAU / ANO: Mestre / 2022.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Matheus Viana de Souza

Universidade de Brasília, Secretaria da Coordenação de Pós-Graduação em Geotecnia.
Campus Darcy Ribeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Prédio SG-12.
CEP: 70910-900. Brasília/DF - Brasil.
matheusvianadesouza@hotmail.com

DEDICATÓRIA

*“Dedico essa dissertação a Deus e a
minha família, por toda essa
conquista”.*

*“Aproveite cada minuto, porque o tempo não volta.
O que volta é a vontade de voltar no tempo”.
(Autor Desconhecido)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e ao Nosso Senhor Jesus Cristo, por estarem comigo em todos os momentos da minha vida e por me abençoar em toda a minha existência. A fé é quem nos faz acreditar que somos capazes de enfrentar as adversidades e não desistir no meio do caminho.

Agradeço ao Professor Ennio Palmeira, primeiramente pela oportunidade de ser seu orientando nessa dissertação, como também por toda atenção, paciência e conhecimentos transmitidos, me auxiliando sempre quando eu precisava, com muita presteza e serenidade. O senhor é uma inspiração como pessoa e profissional.

Agradeço a Professora e também amiga, Ivonne Góngora, por todo apoio e conhecimento prestado, me orientando desde a sala de aula, na disciplina de mecânica dos solos, como também na Iniciação Científica, no Trabalho de Conclusão da graduação e, agora, no mestrado. Espero que essa parceria se estenda por mais um longo caminho.

Agradeço, da maneira mais especial, a minha mãe Nadilan do Carmo, por possibilitar que esse sonho se tornasse realidade. Sua postura íntegra e firme sempre me serviu como espelho para enfrentar as adversidades da minha vida. Sem a senhora, eu jamais conseguiria ser quem sou. Muito obrigado.

Agradeço, com distinto reconhecimento, ao meu pai Marcos Rodrigues (*in memorian*), que onde quer que esteja, que sempre caminhou comigo no meu coração, sendo o meu grande exemplo e admiração na vida. Obrigado por todos os seus ensinamentos e valores transmitidos. Espero que esteja feliz e orgulhoso.

Agradeço a minha namorada Laura, por entender meus períodos de ausência e por estar sempre comigo durante essa caminhada, me dando forças para continuar nos momentos em que sempre precisei. Você é mais que minha namorada; é minha amiga, parceira e companheira de todas as situações. Seu apoio incondicional foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Agradeço também aos meus avós João Batista, Maria Odete (Zininha), Ismael Vinhaes (*in memorian*) e Maria do Carmo, pelos conselhos da vida e carinho durante toda a minha existência.

Agradeço ao meu padrinho Alberto Rodrigues (*in memorian*) por ser uma pessoa presente em minha vida, me incentivando sempre pela busca ao conhecimento e pelos estudos, me instigando sempre a buscar mais. Espero que esteja feliz por essa conquista.

Agradeço aos meus irmãos Tatiane e Victor por serem meus melhores amigos e me mostrarem o verdadeiro significado de família e poder contar sempre um com o outro. Agradeço também, ao meu cunhado Carlos Jr, a quem considero como um irmão mais velho, sempre me ajudando e que, junto a minha irmã, me deram meus dois melhores presentes, Clara e Beatriz.

Agradeço as minhas sobrinhas Clara e Beatriz, que pela doçura e inocência da infância, me ajudaram a seguir até aqui. Obrigado meus amores.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação, André Brasil, André Assis, José Camapum, Gregório, Juan Félix, Luiz Fernando, Manoel Porfírio, Márcio Muniz, Michéle, Rafael e Renato, que durante esses dois anos, abriram ainda mais meus horizontes e aumentaram ainda mais a minha admiração pela geotecnia, por meio dos seus ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Agradeço aos colegas e amigos da Pós-Graduação, em especial a Gabriella Melo e ao Emerson Batista, por todo o companheirismo, atenção e ajuda, principalmente nos momentos mais difíceis dessa jornada. Obrigado pela paciência.

Agradeço a toda a equipe do TED/DNIT e do InfraLab, pela parceria e trocas de experiências no projeto nesses últimos meses.

Agradeço a Universidade de Brasília, por nos oferecer um curso de excelência, e por toda sua estrutura.

Agradeço também a todas as pessoas que, diretamente ou indiretamente, me ajudaram a conseguir realizar esse sonho.

RESUMO

Problemas associados à presença de água em obras civis, de modo geral, necessitam de grande atenção, pois quando levadas em consideração podem provocar diversos danos e complicações para obra. Com isso, a implementação de filtros e sistemas filtrantes torna-se de suma importância. De modo geral, na engenharia geotécnica são utilizados três tipos de filtros: granulares, geossintéticos e mistos, que é a associação de filtros granulares com materiais geossintéticos. Entre os materiais geossintéticos empregados com função de filtração, encontram-se os geotêxteis (tecidos e não tecidos), que podem apresentar grandes vantagens se comparados aos tradicionais, com menor ocupação de volume na obra, facilidade de instalação, entre outros. Diversos fatores devem ser levados em consideração para que os filtros geotêxteis exerçam e desempenhem da maneira esperada, como a influência da estrutura do geotêxtil, distribuição e tamanho dos poros, as características do líquido, devido a possibilidade da existência de partículas em suspensão, como também as solicitações a que o filtro será submetido. A presente dissertação analisou uma série de resultados de ensaios e casos-históricos de filtros geotêxteis visando a elaboração de um banco de dados sobre o desempenho de filtros geotêxteis. O banco de dados produzido reuniu mais de 50 casos analisados, visando avaliar diferentes tipos de aplicações dos geotêxteis e a acurácia de abordagem de projeto. Os resultados obtidos por meio de análises de informações que foram reunidas no Banco de Dados demonstram a eficiência e o bom desempenho dos geotêxteis e permite identificar situações problemáticas e que merecem estudos adicionais. Os problemas observados estão predominantemente associados a falta ou mau projeto ou danos mecânicos durante a instalação ou ao longo da vida útil da obra.

Palavras-Chave: Filtros, Geossintéticos, Geotêxtil, Dimensionamento, Banco de Dados.

ABSTRACT

Problems associated with the presence of water in civil works, in general, require great attention, because when they can cause problems to the work. With this, the implementation of filters and filtering systems becomes of paramount importance. In general, in geotechnical engineering, three types of filters are used: granular, geosynthetic and mixed, the latter being the association of granular filters with geosynthetic materials. Among the geosynthetic materials used with filtration function, there are the geotextiles (woven and non-woven), which can present great advantages when compared to the traditional granular materials, such as less occupation of volume in the work site, ease of installation, among others. Several factors must be taken into consideration for the geotextile filters to perform as expected, such as the influence of the structure of the geotextile, evaluating the distribution and size of its pores, the characteristics of the permeant, due to the possibility of the existence of particles in suspension, as well as the stresses which the filter will be subjected to. This dissertation analyzed a series of results from laboratory tests and case-histories aiming at the production of a database on geotextile filter performance. The database produced gathered more to 50 analyzed cases in order to evaluate different types of geotextile applications and the accuracy of design approaches. The results obtained, and presented in the Database, demonstrate the efficiency and good performance of geotextile filters and identifies points for concern and in need of further studies. Problems observed are mainly related to poor design or damage of the filter material during installation or its service life.

Keywords: Filters, Geosynthetics, Geotextiles, Design, Critical Analysis.

RESUMEN

Los problemas relacionados a la presencia de agua en las obras civiles, por lo general requieren una gran atención, ya que cuando se tienen en cuenta pueden causar diversos daños y complicaciones a la obra. Por ello, la aplicación de filtros y sistemas de filtración son de gran importancia. En general, en ingeniería geotécnica se utilizan tres tipos de filtros: granulares, geosintéticos y mixtos, que es la asociación de filtros granulares con materiales geosintéticos. Entre los materiales geosintéticos utilizados con función de filtración, están los geotextiles (tejidos y no tejidos), que pueden presentar grandes ventajas frente a los tradicionales, como menor ocupación de volumen en las obras, facilidad de instalación, entre otras. Hay que tener en cuenta varios factores para que los filtros geotextiles tengan el rendimiento esperado, como la influencia de la estructura del geotextil, la distribución y el tamaño de los poros, así como también las características del líquido, debido a la posibilidad de que existan partículas en suspensión, así como los esfuerzos a los que estará sometido el filtro. La presente disertación analizó una serie de resultados de ensayos existentes en la literatura y algunos casos prácticos de filtros geotextiles, con el fin de elaborar una base de datos sobre el desempeño de los filtros geotextiles. La base de datos producida reunió más de 50 casos analizados, con el objetivo de evaluar diferentes tipos de aplicaciones de geotextiles y la precisión del enfoque de diseño. Los resultados obtenidos a través del análisis de la información que se recogió en la base de datos demuestran la eficacia y el buen rendimiento de los geotextiles y permiten identificar situaciones problemáticas que merecen más estudios. Los problemas observados se asocian principalmente a un mal diseño o a daños mecánicos durante la instalación o a lo largo de la vida útil del proyecto.

Palabras clave: Filtros, Geosintéticos, Geotextiles, Diseño con geosintéticos, Base de datos.

Sumário

CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 OBJETIVO GERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
CAPÍTULO 2	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 GEOSSINTÉTICOS	4
2.2 GEOTÊXTEIS.....	9
2.2.1 GEOTÊXTEIS TECIDOS	10
2.2.2 GEOTÊXTEIS NÃO-TECIDOS.....	12
2.2.3 PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GEOTÊXTEIS	14
2.2.4 PROPRIEDADES DE FILTRAÇÃO DOS GEOTÊXTEIS.....	16
2.3 MECANISMOS DE FILTRAÇÃO	23
2.3.1 FILTROS GRANULARES.....	27
2.3.2 FILTROS SINTÉTICOS.....	28
2.4 FATORES DE INFLUÊNCIA NO SISTEMA DE FILTRO.....	30
2.4.1 CONCEITOS GERAIS.....	30
2.4.2 TIPO DE GEOTÊXTIL	33
2.4.3 ESTRUTURA DO MEIO FILTRANTE	34
2.4.4 INFLUÊNCIA DE SOLICITAÇÕES DIVERSAS	35
2.5 SOLOS INTERNAMENTE INSTÁVEIS	37
2.6 ASPECTOS RELEVANTES ASSOCIADOS AOS GEOTÊXTEIS.....	39
2.7 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE FILTROS GEOTÊXTEIS	48
2.7.1 CRITÉRIOS DE RETENÇÃO.....	48
2.7.2 CRITÉRIO DE PERMEABILIDADE.....	54
2.7.3 CRITÉRIO ANTICOLMATAÇÃO	56
2.7.4 CRITÉRIO DE SOBREVIVÊNCIA E DURABILIDADE	57
CAPÍTULO 3	59
3 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS	59
3.1 CONCEITO GERAL	59

3.2	TIPO DE ESTUDO	60
3.3	TIPO DE ENSAIO.....	61
3.4	TIPO DE SOLO.....	61
3.5	TIPO DE GEOTÊXTIL	61
3.6	RESULTADOS	61
CAPÍTULO 4		63
4	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	63
4.1	CONCLUSÕES.....	63
4.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	65
REFERÊNCIAS		66
I.	ANEXOS.....	77
I.1	BANCO DE DADOS	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Tipos de geossintéticos (Modificado de PALMEIRA , 2018).	6
Figura 2.2: Funções dos geossintéticos, em que: 1- Separação, 2- Barreira; 3- Filtração;4- Drenagem; 5- Proteção e; 6- Reforço (Adaptado de PALMEIRA, 2010).	7
Figura 2.3: Representação de um geotêxtil tricotado (COSTA, 1999).	9
Figura 2.4: Geotêxtil tecido (INGOLD, 1988).	10
Figura 2.5: Processo de fabricação de geotêxteis tecidos (VERTEMATTI, 2010).	12
Figura 2.6: Representação do processo de agulhagem (Adaptado de LIMA JUNIOR, 2014).	12
Figura 2.7: Vista microscópica do geotêxtil não tecido do tipo agulhado (Adaptado de MARK et al., 1986).	13
Figura 2.8: Vista microscópica do geotêxtil não tecido do tipo termoligado (Adaptado de MARK et al., 1986).	14
Figura 2.9: Influência da tensão vertical e da impregnação do geotêxtil por partículas na sua abertura de filtração (Adaptado de TATTO, 2010; PALMEIRA 2005).	15
Figura 2.10: Técnicas de determinação de abertura de filtração do geotêxtil (PALMEIRA, 2003).	19
Figura 2.11: Equipamento de ensaio de razão entre gradientes (PALMEIRA, 2018).	21
Figura 2.12: Fluxograma Cronológico de métodos para filtros (SOUSA, 2011).	24
Figura 2.13: Aplicações de geotêxteis em obras de drenagem e/ou filtração: 1-Aplicação em pavimento ferroviário; 2- Aplicação em obras de terra; 3- Aplicação em áreas de esporte e lazer (Adaptado de BIDIM (2010); GEOSUL GEOSSINTÉTICOS (2021) & GARDONI (2000)).	26
Figura 2.14: Tipos de filtros: a) granulares; b) geotêxtil (Adaptado de SOUSA, 2011).	27
Figura 2.15: Filtro Granular x Filtro Geotêxtil (Adaptado de PALMEIRA, 2015).	29
Figura 2.16: Estrutura de composição de um pré-filtro, em que: 1- Solo natural; 2. Pré-filtro, 3- Geotêxtil; 4- Camada drenante. (Adaptado de Muñoz, 2011).	31
Figura 2.17: Arcos de solos sobre os geotêxteis (Adaptado de SPADA, 1991).	32

Figura 2.18: Partícula entre filamentos (MUÑOZ, 2005).....	33
Figura 2.19: Erosão interna X Sufusão do solo (Adaptado de MUÑOZ, 2011).	39
Figura 2.20: Mecanismos de colmatção em filtros geotêxteis, em que: 1- Cegamento; 2- Bloqueamento; 3- Obstrução iterna (Adaptado de PALMEIRA, 2003).....	43
Figura 2.21: Tráfego de caminhão diretamente sobre o geotêxtil. (Adaptado de PALMEIRA, 2018).....	44
Figura 2.22 Instalação incorreta de geotêxtil em aterro (PALMEIRA).....	44
Figura 2.23: Corrida de lama sobre o geotêxtil (PALMEIRA, 2018).	45
Figura 2.24: Instalação de diferentes tipos de geotêxtil em uma mesma camada de solo (PALMEIRA, 2018).....	46
Figura 2.25 Instalação incorreta de filtro geotêxtil em vala drenante (Adaptado de PALMEIRA, 2015).....	46
Figura 2.26: Posicionamento incorreto do filtro geotêxtil (PALMEIRA, 2015).	47
Figura 2.27:Exemplo de um geotêxtil para filtração em uma vala de drenagem (Adaptado de CFG, 2015).	47
Figura 3.1: Fluxograma das etapas adotadas para a elaboração do Banco de Dados (DO AUTOR, 2021).	60
Figura 3.2: Banco de Dados em seu formato final (DO AUTOR, 2021).....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Propriedades de polímeros (GARDONI, 2000).	4
Tabela 2.2: Funções e finalidades dos geossintéticos (Adaptado de SILVA, 2018).....	7
Tabela 2.3: Principais tipos de geossintéticos, em que: GG- Geogrelhas, GL- Geocélula, GC– Geocomposto; GT- Geotêxtil. (Adaptado de VERTEMATTI, 2014).....	8
Tabela 2.4: Características de filtração e drenagem de geotêxteis de acordo com a fabricação (Adaptado de TREJOS, 2016).	11
Tabela 2.5: Comparação entre dimensões dos poros (Adaptado de MELO, 2018).	19
Tabela 2.6: Aplicações de filtros (Adaptado de SOUSA, 2011).	25
Tabela 2.7: Dados granulométricos considerados em alguns métodos para dimensionamento de filtros granulares (Adaptado de SOUSA, 2011).	27
Tabela 2.8: Semelhanças e diferenças entre filtros granulares e geossintéticos (Adaptado de SOUSA, 2011).	29
Tabela 2.9: Critérios de verificação para potencial de instabilidade interna de solos (Adaptado de Palmeira, 2018).	37
Tabela 2.10: valores mínimos típicos de Fator de redução de danos mecânicos (FR_{dm}) para geotêxteis tecidos à base de poliéster (PALMEIRA, 2018).	39
Tabela 2.11: Valores mínimos típicos de FR_{dm} para geotêxteis não tecidos (PALMEIRA, 2018).....	40
Tabela 2.12 Fatores de redução para geotêxteis de acordo com a função desempenhada, (PALMEIRA, 2018).....	41
Tabela 2.13: Valores de FR considerando a severidade do meio e a sobrevivência do geotêxtil (Adaptado de Palmeira, 2018).....	42
Tabela 2.14: Critérios de Retenção encontrados na literatura (Adaptado de Palmeira, 2018).	49
Tabela 2.15: Valores dos coeficientes C1, C2, C3, C4 e suas aplicações (JÚNIOR, 2014).	53
Tabela 2.16: Critérios de Permeabilidade ou permissividade (Adaptado de Palmeira, 2018)	55

Tabela 2.17: Avaliação de natureza crítica ou severidade (Adaptado de Palmeira, 2018).	56
Tabela 2.18: Critério de prevenção à colmatação (Adaptado de FHWA, 1985).....	57
Tabela 2.19: Requisitos para sobrevivência do geotêxtil (PALMEIRA, 2018).....	58
Tabela A.1: Banco de Dados (DB)	77

LISTA DE SÍMBOLOS

AASHTO.....	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABINT	Associação Brasileira Das Indústrias de Não-tecidos e Tecidos Técnicos
ABNT.....	Associação Brasileira de Norma Técnicas
a.C	antes de Cristo
ASTM.....	America Society of Testing Materials
AOS.....	Apparent Opening Size
B.....	Largura do espécime
BBP.....	Bubble Point Test
BD	Banco de Dados
C.....	Tamanho de constrição
C1	coeficiente relativo ao gradiente hidráulico
C2.....	coeficiente relativo à densidade do solo
C3.....	coeficiente relativo a granulometria do solo
C4.....	coeficiente relativo às funções do geotêxtil
Cc.....	Coefficiente de Curvatura
CFGG.....	Comitê Francês de Geotêxteis e Geomembranas
CTG.....	Comitê Técnico Geotêxtil
cm.....	Centímetro
cm.....	Centímetro quadrado
Cu.....	Coefficiente de uniformidade
C'u.....	Coefficiente de uniformidade linear do solo

d.....	Diâmetro do poro
D _c	Diâmetro de Construção
d _f	Diâmetro do filamento
D _g	Diâmetro mínimo de descontinuidade
DI	Diâmetro indicativo do solo-base a ser protegido
D ₁₀	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 10% passante em peso
D ₁₅	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 15% passante em peso
D ₃₀	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 30% passante em peso
D ₅₀	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 50% passante em peso
D ₆₀	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 60% passante em peso
D ₈₅	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 85% passante em peso
D ₉₀	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 90% passante em peso
D ₉₅	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 95% passante em peso
D _i	Diâmetro das partículas de solo correspondente a 30% passante em peso
DR.....	Densidade relativa
D _s	diâmetro característico dos grãos de solo
D _{max}	Diâmetro Máximo dos Grãos
EOS.....	<i>Equivalent Opening Size</i>
Eq.....	Equação
F.....	Força aplicada
Fig	Figura

FHWA..... *Federal Highway Administration*

FOS.....*Filtration Opening Size*

FR_{dm}Fator de Redução para danos mecânicos

FR_{fl}..... Fator de Redução para fluência do reforço geossintético

FR_{dq}.....Fator de Redução a ataques por substâncias químicas

FR_{db}.....Fator de Redução por danos de agentes biológicos

FR_{CC}.....fator de redução de cegamento ou colmatção do dreno

FR_{FLC}.....fator de redução para redução de vazios do geotêxtil decorrente da fluência sob compressão

FR_{IMP}.....fator de redução para impregnação dos vazios do geossintético

FR_{CQ}.....fator de redução para colmatção química

FR_{CB}.....fator de redução para colmatção biológica

g.....Gramas

GCGeocomposto

GCLGeocomposto Argiloso

G.E.O.H.K......*Geotechnical Engineering Office, Hong Kong*

GGGeogrelha

GLGeocélula

GR *Gradient Ratio* /Razão de Gradiente

GR_L..... razão entre gradientes dependendo do valor de L utilizado

GT.....Geotêxtil

HCR.....Condutividade Hidráulica

HDPEPolietileno de alta densidade
 i.....Gradiente Hidráulico
 IGS*Internations Geosynthetic Society*
 i_{LG} gradiente hidráulico no trecho entre os piezômetros
 i_s Gradiente hidráulico no solo
 ISO..... *International Organization for Standardization*
 Jsec.....Rigidez secante
 k..... coeficiente de permeabilidade (Darcy)
 k_{GT} coeficiente de permeabilidade do geotêxtil
 k_Lcoeficiente de permeabilidade do solo no trecho de comprimento L
 k_nPermeabilidade normal ao plano do geotêxtil
 k_sPermeabilidade do filtro
 k_{sg} coeficiente de permeabilidade do sistema solo-geotêxtil
 k_fPermeabilidade do solo
 Ldistância entre o piezômetro usado para o cálculo de GR e a superfície do espécime de geotêxtil
 LDPEPolietileno de baixa densidade
 m.....Metro
 m^2 Metro quadrado
 M_A Gramatura do geotêxtil não tecido
 mm.....Melímetros
 n.....porosidade

N.....Newton

NBR.....Norma Brasileira

O_fAbertura de Filtração

O_{10}Diâmetro do poro para o qual 10% dos poros são menores

O_{15} Diâmetro do poro para o qual 15% dos poros são menores

O_{30} Diâmetro do poro para o qual 30% dos poros são menores

O_{50} Diâmetro do poro para o qual 50% dos poros são menores

O_{90}Diâmetro do poro para o qual 90% dos poros são menores

O_{95}Diâmetro do poro para o qual 95% dos poros são menores

O_{98} Diâmetro do poro para o qual 98% dos poros são menores

PA.....Poliamida

PE.....Polietileno

PET.....Poliéster

PP.....Polipropileno

PSD.....*Pore Size Distribution*

PVC.....Policloreto de Vinila

q_{adm}vazão máxima admissível ou vazão de projeto

q_{max}vazão máxima através ou ao longo da camada

T..... Temperatura

t_{GT}Espessura do geotêxtil

USACE.....*United States Army Corps of Engineers*

<i>USBR</i>	<i>United States Bureau of Reclamation</i>
<i>USCE</i>	<i>United States Waterways Experiment Station</i>
v	Velocidade aparente de fluxo
ε	Deformação
λ	Grau de Impregnação
Ψ	Permissividade
σ	Tensão superficial
θ	Transmissividade
ρ_f	Massa específica de fibras
ρ_w	Massa específica do fluido

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A utilização de materiais sintéticos com aplicação em obras geotécnicas e de engenharia civil tem se mostrado cada vez mais eficiente e sendo progressivamente difundida no meio. No início da década de 1950, surgiram as primeiras aplicações de geotêxteis tecidos como elementos de filtro para proteção antierosiva em obras hidráulicas. No Brasil, as primeiras aplicações de geotêxteis aconteceram em 1971, em obras rodoviárias, como no caso da BR-101 e na rodovia Transamazônica (VERTEMATTI, 2001).

Ao longo dos anos, com o desenvolvimento dos geossintéticos, diversos estudos foram feitos em relação as propriedades dos geotêxteis, sendo normatizadas por instituições como *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, a francesa *Association Française de Normalization (AFNOR)*, a *International Organization for Standardization (ISO)* e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A utilização de geossintéticos como elemento de filtração é uma das principais aplicações em obras geotécnicas. A razão disso é que geralmente os geotêxteis substituem com vantagem uma ou mais camadas de agregados naturais dos sistemas filtrantes convencionais (CTG, 2001).

De acordo com a NBR 12553/2003, a função de filtração de um geossintético tem como objetivo a retenção de um solo ou de outras partículas submetidas a forças hidrodinâmicas, permitindo a passagem do fluido em movimento através ou no interior do produto.

Para que o geotêxtil trabalhe adequadamente como um filtro, é necessário que ele atenda a alguns critérios, como: critério de retenção, critério de permeabilidade, critério anticolmatação e critério de sobrevivência e durabilidade

Problemas que podem ser relacionados com o mau desempenho dos filtros geotêxteis são devido a erosão interna (*piping*), cegamento do filtro, colmatação dos poros ou baixa permeabilidade do geotêxtil utilizado. Por isso, é necessário que haja uma importante

análise quanto ao método de dimensionamento a ser utilizado, considerando a particularidade de cada obra a ser executada e o tipo de geotêxtil a ser utilizado.

Outro ponto importante é a análise quanto à estabilidade interna do solo. O termo estabilidade interna refere-se à capacidade de um material granular evitar a perda de suas próprias pequenas partículas devido ao agente perturbador, como a percolação e a vibração (KENNEY E LAU, 1985). Existem diferentes métodos e critérios de verificação da estabilidade interna de um solo, como Kenney e Lau (1985), Cristopher e Holtz (1985), Lafleur (1999), entre outros.

Diversas pesquisas já foram realizadas a respeito do uso de geotêxteis em filtração. Nessas pesquisas são aplicados diferentes métodos de dimensionamentos, como também uma gama distinta de materiais, assim como o caso de geotêxteis do tipo tecido (GT), geotêxtil não-tecido (GTN), entre outros. Também foram realizadas uma ampla variedade de ensaios para a avaliação dos desempenhos dos filtros.

A presente pesquisa tem por objetivo a revisão da literatura sobre filtros geotêxteis e a produção de uma base de dados de desempenhos deste tipo de filtro.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa pesquisa consistiu na produção de uma base de dados sobre desempenhos de filtros geotêxteis sob diferentes condições de utilização.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento de dados, obtidos por meio de pesquisas e trabalhos já executados, verificando os valores encontrados para diferentes tipos de casos e condições;
- Avaliar a influência dos tipos de solos com diferentes características, como o caso de solos internamente instáveis, na aplicabilidade dos métodos de dimensionamento de filtros geotêxteis;

- Reunir informações que possam constituir um Banco de Dados (BD), com propósito de agrupar os diversos tipos de métodos de dimensionamento e critérios que são levados em consideração no momento do cálculo e emprego do geossintético, incluindo os tipos de solo, tipo de uso e funcionalidade.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação está estruturada em 4 (Quatro) capítulos e 1 (Uma) seção de anexos, conforme descrito a seguir.

O Capítulo 1 trata, de maneira geral, da motivação para a realização da pesquisa, bem como os objetivos a serem trabalhados.

O Capítulo 2 consiste em um conjunto de revisões bibliográficas sobre os assuntos que serão abordados nessa dissertação, englobando os geossintéticos e suas principais funções. Também aborda os geotêxteis e suas características, bem como os mecanismos de filtros granulares e geotêxteis, os fatores que influenciam no sistema de filtração, condições de estabilidade dos solos, os aspectos relevantes associados aos geotêxteis e os critérios de dimensionamento dos filtros geotêxteis.

No Capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada para a elaboração do Banco de Dados (BD), apresentando um conceito geral sobre o assunto e sobre os itens que o compõem.

No Capítulo 4 são apresentadas as conclusões desse estudo e sugestões para trabalhos futuros.

Por último, nos Anexos, encontram-se os dados reunidos que formaram o Banco de Dados proposto, agrupados em uma única tabela.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado o embasamento teórico que proporcionará a elaboração dessa dissertação, consoante com os objetivos citados anteriormente.

2.1 GEOSSINTÉTICOS

De acordo com a ABNT NBR ISO 10318-1:2018, os geossintéticos são produtos poliméricos sintéticos ou naturais, desenvolvidos com a finalidade de aplicação em obras geotécnicas, podendo ainda desempenhar mais de uma função na mesma obra. De acordo com Abramento (1995), os polímeros mais utilizados para confeccionar esses materiais são o polietileno (PE), poliéster (PET), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC). A Tabela 2.1 apresenta alguns valores e propriedades características de alguns polímeros.

Tabela 2.1: Propriedades de polímeros (GARDONI, 2000).

Polímero	Massa específica kg/m ³	Resistência a tração 20°C; N/mm ²	Módulo de elasticidade N/mm ²
<i>PET</i>	1380	800 – 1200	12000 – 180000
<i>PP</i>	900	400 – 600	2000 – 5000
<i>PE LDPE</i>	920	80 – 250	200 – 1200
<i>HDPE</i>	950	350 – 600	600 – 6000
<i>PA</i>	1140	700 – 900	3000 – 4000
<i>PVC</i>	1250	20 – 50	10 - 100

De acordo com *International Geosynthetic Society (IGS)*, os principais geossintéticos (Figura 2.1) são:

- Geotêxteis: são mantas contínuas de fibras ou filamentos, tecidos, não tecidos, tricotados ou costurados, sendo também flexíveis e permeáveis;
- Geogrelhas: são materiais geossintéticos com forma de grelha, composta por elementos com função predominante de resistência à tração;
- Georredes: são materiais com aparência semelhante à das grelhas formados por duas séries de membros extrudados paralelos, que se interceptam em ângulo constante, possuindo alta porosidade ao longo do plano;
- Geomembranas: são mantas bidimensionais contínuas e flexíveis, constituídas de um ou mais materiais sintéticos, apresentando baixíssima permeabilidade e são usadas como barreiras para fluidos, gases ou vapores.
- Geocompostos: são geossintéticos formados pela associação de dois ou mais tipos de geossintéticos como, por exemplo: geotêxtil-georrede; geotêxtil-geogrelha; geotêxtil-geomembrana ou geocomposto argiloso (*GCL*). Geocompostos drenantes pré-fabricados são constituídos por um núcleo plástico drenante (geoespaçador ou georrede) envolto por um filtro geotêxtil.
- Geotubos: são tubos poliméricos, perfurados ou não, usados para drenagem de líquidos ou gases (incluindo coleta de chorume ou gases em aplicações de aterros sanitários, por exemplo). Em alguns casos, o tubo perfurado pode ser envolvido por um filtro geotêxtil.
- Geocélulas: são arranjos tridimensionais relativamente espessos, constituídos por tiras poliméricas. As tiras são soldadas para formar células interconectadas que são preenchidas com solo e, às vezes, concreto. Em alguns casos, faixas de 0,5 a 1m de largura de geogrelhas podem ser ligadas por hastes poliméricas verticais para se formar geocélulas mais altas.
- Geoexpandido: são blocos ou placas, produzidos por meio da expansão de espuma de poliestireno para formar uma estrutura de baixa densidade, sendo usado para

isolamento térmico, como um material leve em substituição a aterros de solo ou como uma camada vertical compressível para reduzir pressões de solo sobre estruturas.

- Geocompostos argilosos (*GCL's*) são geocompostos fabricados com uma camada de bentonita geralmente incorporada entre geotêxteis de topo e base ou ligadas à uma geomembrana ou à uma única manta de geotêxtil. Os geotêxteis que compõem os *GCLs* geralmente são costurados ou agulhados através do núcleo argiloso para aumentar a resistência interna do produto ao cisalhamento. Quando hidratados, eles atuam efetivamente como barreira para líquidos ou gases e são comumente usados em aterros sanitários em conjunto com geomembranas.

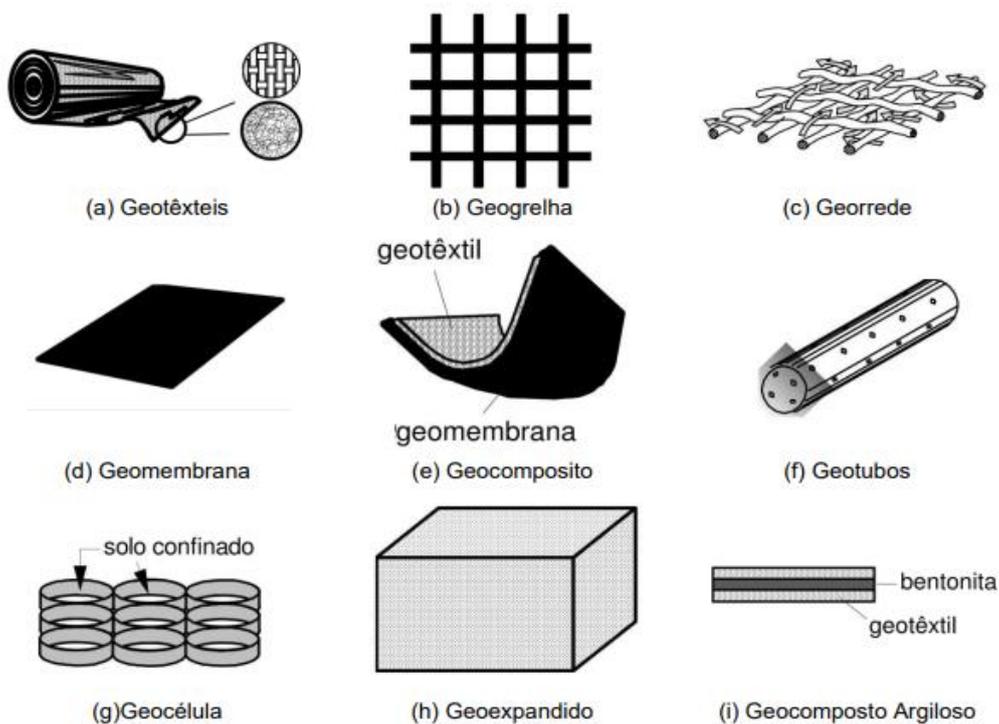


Figura 2.1: Tipos de geossintéticos (Modificado de PALMEIRA , 2018).

Materiais geossintéticos podem exercer diversas funções, entre elas a de separação, proteção, filtração, drenagem, controle de erosão, reforço etc., podendo ainda ser aplicados tanto na implantação da obra quanto em sua manutenção ou restauração. A Tabela 2.2 reúne, de maneira sucinta, as principais finalidades de cada função e a Figura 2.2 exemplifica essas funções.

Tabela 2.2: Funções e finalidades dos geossintéticos (Adaptado de SILVA, 2018)

Função	Finalidade
Separação	Separação de materiais com propriedades geotécnicas distintas, de modo a manter a funcionalidade de cada material.
Proteção	Reduzir e homogeneizar os níveis de tensões transmitidos à superfície, camada ou estrutura adjacente.
Filtração	Permitir o livre escoamento do fluido enquanto bloqueia a passagem das partículas de solo, similar a um filtro de areia.
Drenagem	Coletar e conduzir o fluido através do geossintético.
Controle de Erosão	Controlar a erosão superficial devido a agentes erosivos: chuvas, fluxo superficial e transporte sedimentar pelo fluxo de águas.
Reforço	Melhorar o comportamento mecânico por meio do ganho de resistência e/ou restrição de deformações

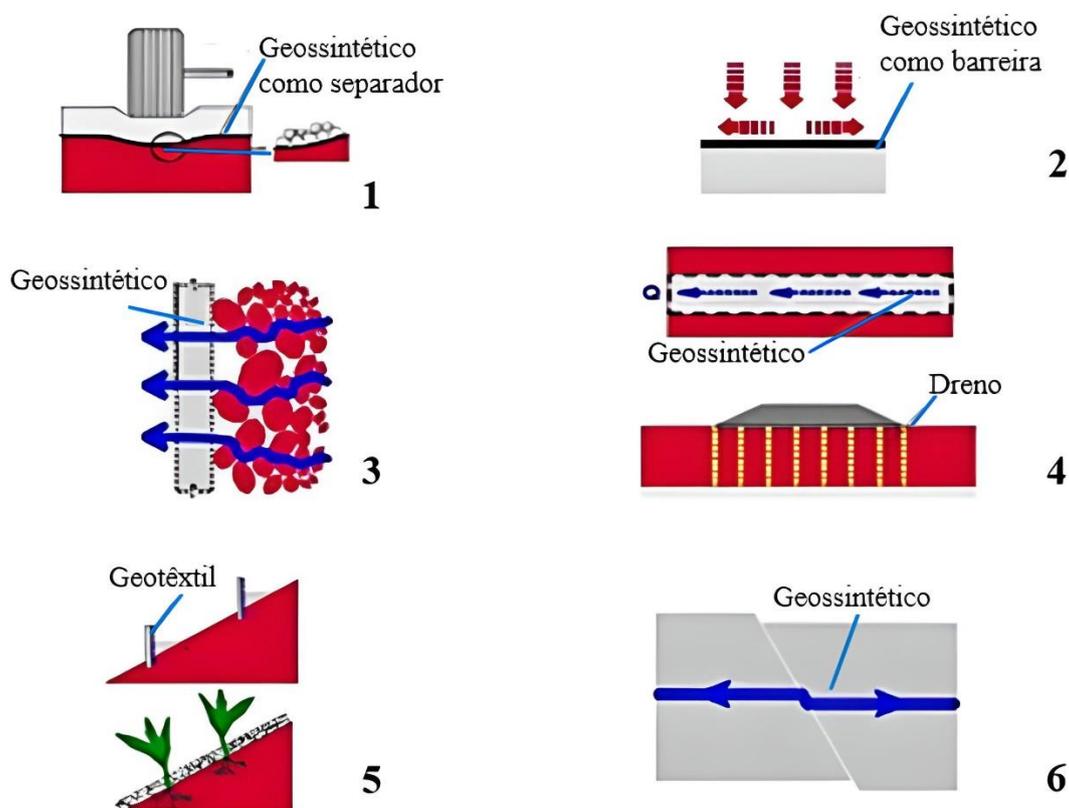


Figura 2.2: Funções dos geossintéticos, em que: 1- Separação, 2- Barreira; 3- Filtração; 4- Drenagem; 5- Proteção e; 6- Reforço (Adaptado de PALMEIRA, 2010).

Entre os tipos de geossintéticos, alguns são mais comumente utilizados, como é o caso das geogrelhas (GG), geocélula (GL), geocomposto (GC) e, o geotêxtil (GT). A Tabela 2.3 apresenta alguns deles.

Tabela 2.3: Principais tipos de geossintéticos, em que: GG- Geogrelhas, GL- Geocélula, GC– Geocomposto; GT- Geotêxtil. (Adaptado de VERTEMATTI, 2014)

Geossintético / Função	GG	GL	GC	GT
Separação	-	-	X	X
Proteção	-	X	-	X
Filtração	-	-	X	X
Drenagem	-	-	X	X
Controle Erosão	-	X	-	-
Reforço	X	X	X	X

De acordo com Palmeira (2018), as utilizações de técnicas de reforço de solos são realizadas desde a antiguidade, com nas obras das muralhas de *Ziggurat de Agar Quf*, na Mesopotâmia, cerca de 1.400 a.C., utilizando mantas feitas de raízes aplicadas ao solo como elemento de reforço e em obras Incas, com a utilização de lãs de vicunhas. Com o fim da Segunda Guerra Mundial e o crescente avanço da indústria petroquímica, no período seguinte foi iniciada a então chamada era dos geossintéticos (CTG, 2001).

No Brasil, o emprego de geossintéticos em obras de geotecnia e engenharia civil começou a ser feito na década de 1970, principalmente em obras rodoviárias (drenagem, filtração e reforço de aterros sobre solos de baixa capacidade de suporte) como na BR-101 e na Transamazônica (VERTEMATTI, 2014).

Com o decorrer do tempo, o emprego de materiais geossintéticos tem aumentado de maneira significativa e, segundo Giroud (2005), este aumento surgiu devido aos crescentes casos de sucesso na implementação desses materiais em obras e a um maior realismo nos critérios e métodos de dimensionamento.

Considerando que o foco principal desta pesquisa é relacionado a filtros e suas funções, será dada maior ênfase nos geossintéticos do tipo geotêxtil, como apresentado no item a seguir.

2.2 GEOTÊXTEIS

Os geotêxteis são produtos têxteis, flexíveis e porosos, fabricados comumente de poliéster (PET) ou polipropileno (PP), cuja produção ocorre em duas etapas distintas, sendo a primeira a fabricação de elementos lineares, como filamentos, fibras ou fitas, e a segunda na combinação desses elementos lineares na confecção de materiais planares (BOSKOV, 2008).

De acordo com Koerner (2012), os geotêxteis podem ser classificados em três classes: geotêxteis tecidos; geotêxteis não-tecidos e geotêxteis tricotados, sendo este último, constituído pela interligação dos fios por meio de repetições de laços, conforme ilustra a Figura 2.3.

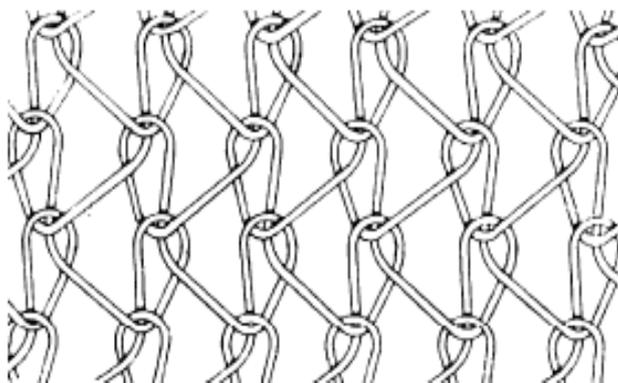


Figura 2.3: Representação de um geotêxtil tricotado (COSTA, 1999).

O geotêxtil pode apresentar funções variadas para cada tipo de necessidade de projeto, como por exemplo, aplicado como elemento de separação, proteção, filtração, drenagem, controle de erosão, reforço e impermeabilização, esse último quando impregnado com asfáltico. Neste trabalho, serão analisados os geotêxteis dos tipos tecido e não-tecido em aplicações de filtração.

De acordo com Villar (2014), os ensaios executados em geotêxteis podem ser divididos em quatro categorias, sendo elas:

- Ensaios para a determinação das propriedades físicas;
- Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas;
- Ensaios para a determinação das propriedades hidráulicas;
- Ensaios de desempenho;

Contudo, os geotêxteis devem ser analisados e ensaiados de acordo com cada norma específica como, por exemplo, a NBR *ISO* 11058/2013, para a determinação das características de permeabilidade hidráulica normal ao plano e sem confinamento; NBR *ISO* 12958/2013, para a determinação da capacidade de fluxo no plano e a NBR *ISO* 12956/2013, para a determinação da abertura de filtração característica, atendendo aos critérios necessários para cada tipo de aplicação.

2.2.1 GEOTÊXTEIS TECIDOS

Conforme a NBR *ISO* 10318-1:2021, os geotêxteis tecidos são produzidos entrelaçando suas fibras ou outros elementos, uma sobre as outras, na maioria das vezes em ângulo reto e com direções perpendiculares

Segundo Costa (2009), existem diversos tipos de entrelaçamentos, sendo o mais simples aquele que produz uma malha, semelhante à uma peneira, com certa abertura entre as fibras e com um único tipo de fibra. A Figura 2.4 ilustra esse tipo de arranjo.

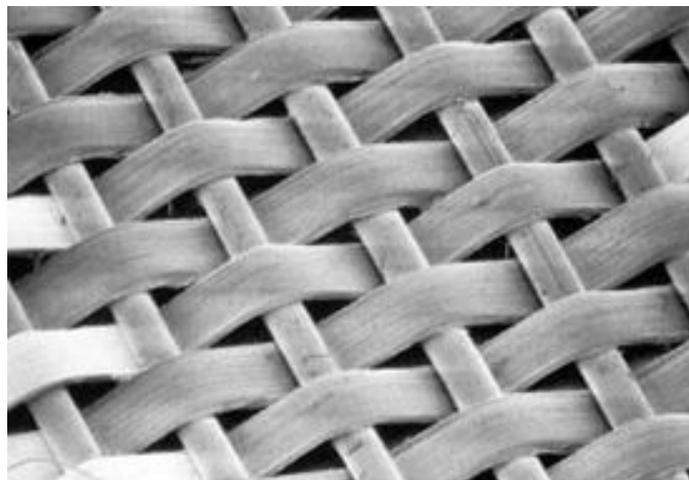


Figura 2.4: Geotêxtil tecido (INGOLD, 1988).

O processo de fabricação dos geotêxteis tecidos pode ser por monofilamentos, multifilamentos ou laminetes. A Tabela 2.4 apresentadas as características filtrantes e drenantes dos geotêxteis segundo o método de fabricação e os tipos de fibras usadas.

Tabela 2.4: Características de filtração e drenagem de geotêxteis de acordo com a fabricação (Adaptado de TREJOS, 2016).

Método de fabricação	Fibras ou tratamento	Características em filtração ou drenagem
TECIDO	Laminetes	Permissividade média a alta; O EOS pode ser controlado pelo processo de tecelagem; As fibras podem se afastar mudando o EOS.
	Monofilamentos	EOS relativamente elevados; Alta permissividade; As fibras podem se afastar mudando o EOS.
	Multifilamentos	Menores tamanhos de EOS; Permissividade média; Maior resistência à perfuração

Nota: EOS = *Equivalent Opening Size*.

De acordo com Moraes Filho (2018), os geotêxteis tecidos geralmente são feitos em teares que arranjam os fios ou laminetes na forma de tramas, sendo dispostas em duas direções

perpendiculares entre si: a trama perpendicular à direção de fabricação e o urdume, a própria direção de fabricação. A Figura 2.5 ilustra o processo de fabricação descrito.

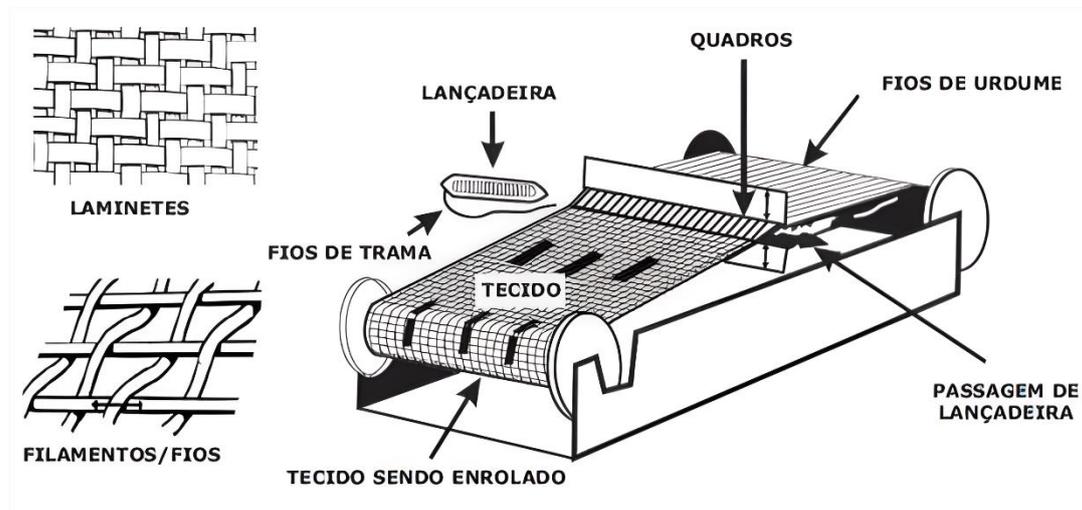


Figura 2.5: Processo de fabricação de geotêxteis tecidos (VERTEMATTI, 2010).

2.2.2 GEOTÊXTEIS NÃO-TECIDOS

De acordo com Vertematti (2014), o geotêxtil não-tecido é aquele fabricado a partir de fibras, filamentos ou outros elementos distribuídos aleatoriamente, diferentemente dos geotêxteis tecidos (dispostos de maneira orientada), e são interligados por processos mecânicos, térmicos ou químicos.

Os geotêxteis não tecidos podem ser confeccionados por meio de filamentos contínuos e por fibras cortadas, cuja diferença é dada pelo comprimento do filamento. Os processos de ligação entre os elementos podem ser obtidos por calandragem (processo térmico); agulhamento (processo mecânico), ilustrado na Figura 2.6, e com resinagem (processo químico).

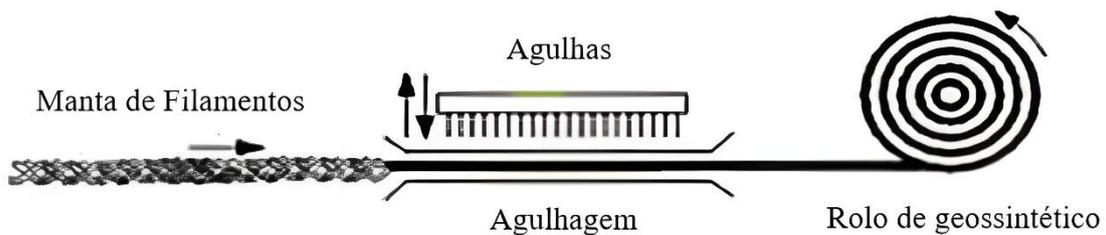


Figura 2.6: Representação do processo de agulhagem (Adaptado de LIMA JUNIOR, 2014).

Nos geotêxteis não tecidos agulhados (Figura 2.7), as fibras são interligadas mecanicamente por um processo de agulhagem. Nesse processo as fibras dispostas na esteira rolante passam sob uma prancha com uma série de agulhas dentadas. A ligação acontece mediante a penetração das agulhas, repetidas vezes em toda profundidade do material, a fim de provocar o entrelaçamento dos filamentos (ABINT, 2001).



Figura 2.7: Vista microscópica do geotêxtil não tecido do tipo agulhado (Adaptado de MARK *et al.*, 1986).

Nos geotêxteis não tecidos do tipo termoligado (Figura 2.8), os filamentos são interligados por meio de fusão parcial por aquecimento. Segundo a ABINT (2001), a ligação ocorre por meio da fusão parcial das calandras e que este processo pode ocasionar a ligação, tanto de pontos quanto de regiões mais extensas da manta.

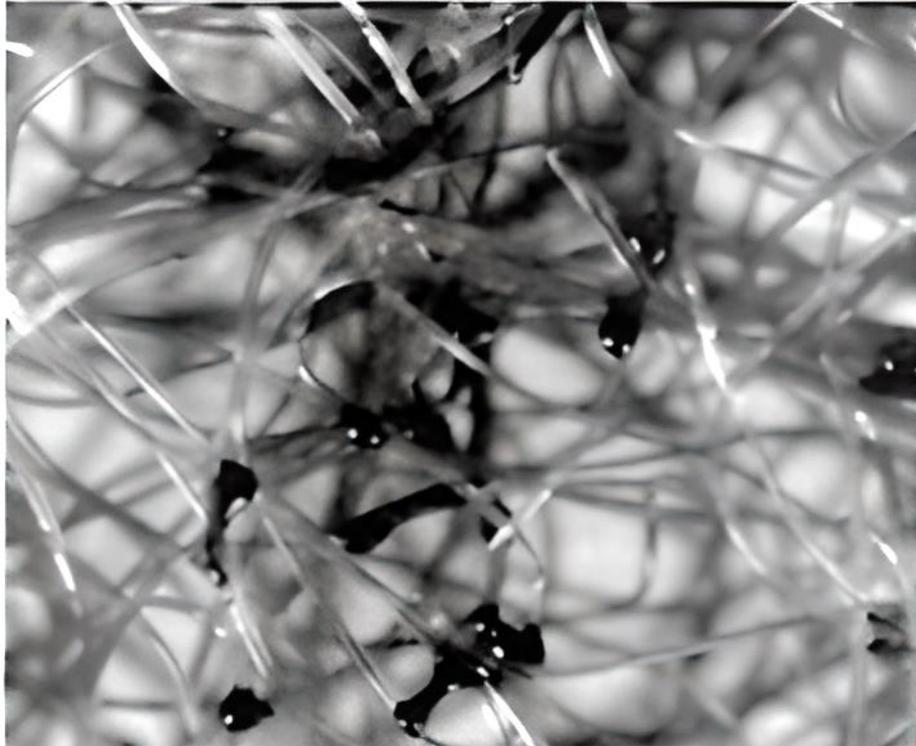


Figura 2.8: Vista microscópica do geotêxtil não tecido do tipo termoligado (Adaptado de MARK *et al.*, 1986).

Para a formação dos geotêxteis resinados, os filamentos são interligados por meio de produtos químicos, como a resina acrílica, sendo aplicados por meio de pulverização ou imersão. Conforme exposto por Cruz *et al.* (2011), os geotêxteis resinados geralmente não devem ser empregados em obras cuja a finalidade seja de proteção e separação, pois caso haja um contato de outras substâncias químicas com a resina do geotêxtil, podem ocorrer reações que provoquem problemas no funcionamento do filtro.

2.2.3 PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GEOTÊXTEIS

Segundo Palmeira (2018), algumas grandezas como espessura, porosidade, massa por unidade de área, também conhecida como gramatura, e o diâmetro das fibras ou filamentos são chamadas de propriedades físicas dos geossintéticos.

De acordo com a Norma NBR ISO 9864:2013, a gramatura do geotêxtil (M_A) é dada pelo valor de sua massa por unidade de área, e a sua espessura (t_{GT}) é dada pela distância entre as superfícies superior e inferior.

A espessura geotêxtil é definida, segundo a NBR ISO 9864:2013, como sendo a distância, expressa em milímetros, entre duas superfícies rígidas paralelas que comprimem a amostra de geotêxtil em dois níveis de carga pré-estabelecidos (espessura nominal para a sobrecarga de 2 kPa; e sobrecargas acima de 2 kPa, caso se queira representar tensões mais próximas às condições de campo).

A relação expressa entre volume de vazios e volume total é a chamada porosidade do geotêxtil (n). A porosidade do geotêxtil pode ser obtida (Eq 2.1) em função da sua massa por unidade de área (M_A), massa específica das fibras (ρ_f) e espessura (t_{GT}).

$$n = 1 - \frac{M_A}{\rho_f t_{GT}} \quad (2.1)$$

A constrição (D_c) em um canal de fluxo em um geotêxtil é o diâmetro equivalente da menor abertura naquele canal e equivale ao diâmetro da maior partícula que pode atravessar a espessura do material. A curva de distribuição de tamanhos de constrição é uma característica própria do material não tecido, relacionada com a porosidade e diâmetro das fibras (GARDONI, 2000). As partículas de solo podem ficar retidas nos canais de fluxo, isto quando D_c for menor que o diâmetro da partícula e, nos geotêxteis não tecidos em especial, essa capacidade de retenção pode ser influenciada pela tensão vertical. A Figura 2.9 ilustra essa influência na abertura de filtração do geotêxtil, que é equivalente ao tamanho do maior grão de solo capaz de atravessar o geotêxtil.

A rigidez, ou flexibilidade do geotêxtil, geralmente expressa em kN/m, está relacionada à sua flexão sob seu peso próprio e indica a facilidade do mesmo em se acomodar bem à superfície de trabalho (MORAES FILHO, 2018).

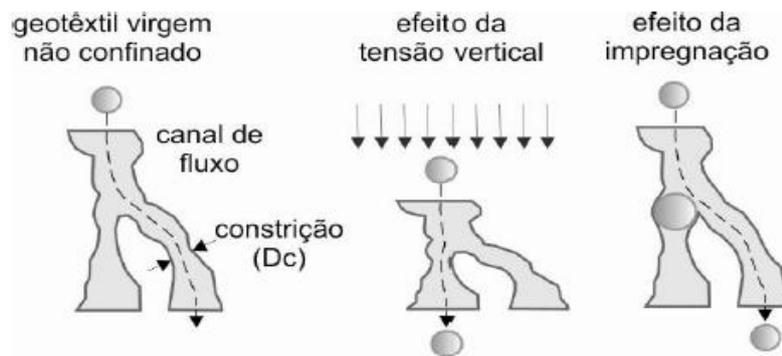


Figura 2.9: Influência da tensão vertical e da impregnação do geotêxtil por partículas na sua abertura de filtração (Adaptado de TATTO, 2010; PALMEIRA 2005).

2.2.4 PROPRIEDADES DE FILTRAÇÃO DOS GEOTÊXTEIS

Um dos pontos mais importantes para uma análise de um filtro, seja ele granular ou sintético, são as propriedades hidráulicas do material que o irá compor. Devido ao objetivo dessa dissertação concentrar-se nos filtros geotêxteis, estes serão analisados com maior ênfase.

Duas propriedades que são indispensáveis na análise de um geotêxtil, em especial quando sua aplicação for filtro e/ou drenagem são as permeabilidades normal a ao longo do seu plano.

O coeficiente de permeabilidade (k) é o parâmetro que indica a facilidade de percolação de um fluido. Quando a condição de fluxo é laminar, a permeabilidade pode ser calculada pela Lei de Darcy, conforme apresentada na Equação (2.2).

$$V = k \cdot i \quad (2.2)$$

Em que:

v = velocidade aparente de fluxo;

k = coeficiente de permeabilidade do geotêxtil;

i = gradiente hidráulico

Conforme exposto por Moraes Filho (2018), em vez de se considerar o coeficiente de permeabilidade normal ao plano do geotêxtil (k_n), muitas vezes é mais prático se trabalhar com a permissividade (Ψ), que representa a relação entre k_n e a espessura do geotêxtil, expressa pela Equação 2.3

$$\Psi = \frac{k_n}{t_{GT}} \quad (2.3)$$

Onde:

Ψ = permissividade do geotêxtil;

k_n = coeficiente de permeabilidade normal ao plano do geotêtil;

t_{GT} = espessura do geotêtil.

Gourc (1982) cita que para uma análise entre dois geotêxteis de mesma estrutura e mesma porosidade, apresentando somente espessuras diferentes, o valor do parâmetro k será o mesmo para as duas amostras, porém a permissividade (Ψ) será um valor inversamente proporcional em relação as espessuras de cada geotêtil.

A transmissividade (θ) do geotêtil é a relação entre o produto da permeabilidade ao longo do plano (k_n) pela sua espessura (t_{GT}), expressa pela Equação 2.4. O ensaio para a determinação dessa propriedade é normatizado pela NBR ISO 12958: 2013e pela norma ASTM D4716:2014.

$$\theta = k_n \cdot t_{GT} \quad (2.4)$$

Em que:

θ = transmissividade;

k_n = coeficiente de permeabilidade ao longo do plano do geotêtil;

t_{GT} = espessura do geotêtil.

Outra propriedade importante é a abertura de filtração do geotêtil (O_f), que pode ser descrita como sendo o maior tamanho da partícula de solo que é capaz de atravessar o geotêtil. Para a determinar a abertura de filtração, Giroud (1996) apresentou relação semiempírica (Equação 2.5), entre a abertura de filtração, porosidade e o diâmetro das fibras.

$$\frac{O_f}{d_f} = \frac{1}{\sqrt{1-n}} - 1 + \frac{\xi_n}{\frac{(1-n) \cdot t_{GT}}{d_f}} \quad (2.5)$$

Que é equivalente a:

$$\frac{O_f}{d_f} = \left[\frac{\frac{t_{GT}}{d_f}}{\frac{M_A}{(\rho_f d_f)}} \right]^{1/2} - 1 + \frac{\xi \left[1 - \frac{t_{GT}}{d_f} \right]}{\frac{M_A}{(\rho_f d_f)}} \quad (2.6)$$

Em que:

O_f é a abertura de filtração do geotêxtil;

d_f é o diâmetro das fibras;

n é a porosidade;

t_{GT} é a espessura do geotêxtil;

ξ é um parâmetro adimensional e pode ser obtido pela calibração com dados do ensaio;

M_A é a gramatura do geotêxtil (g/m^2) e;

ρ_f é a massa específica das fibras.

Do ponto de vista prático, a abertura de filtração (O_f) de um geotêxtil é o parâmetro mais importante para definir o potencial de filtração, sendo o mais utilizado para o dimensionamento de filtros de geotêxteis (RIGO *et al.*, 1990).

Melo (2018) cita alguns métodos de ensaio para a determinação da abertura de filtração dos geotêxteis, classificando-os em avaliação indireta, que são os métodos de peneiramento e análises de imagens e, avaliação direta, que engloba testes de capilaridade, como é mostrado na Figura 2.10. Já a Tabela 2.5 apresenta algumas diferenças entre esses métodos.

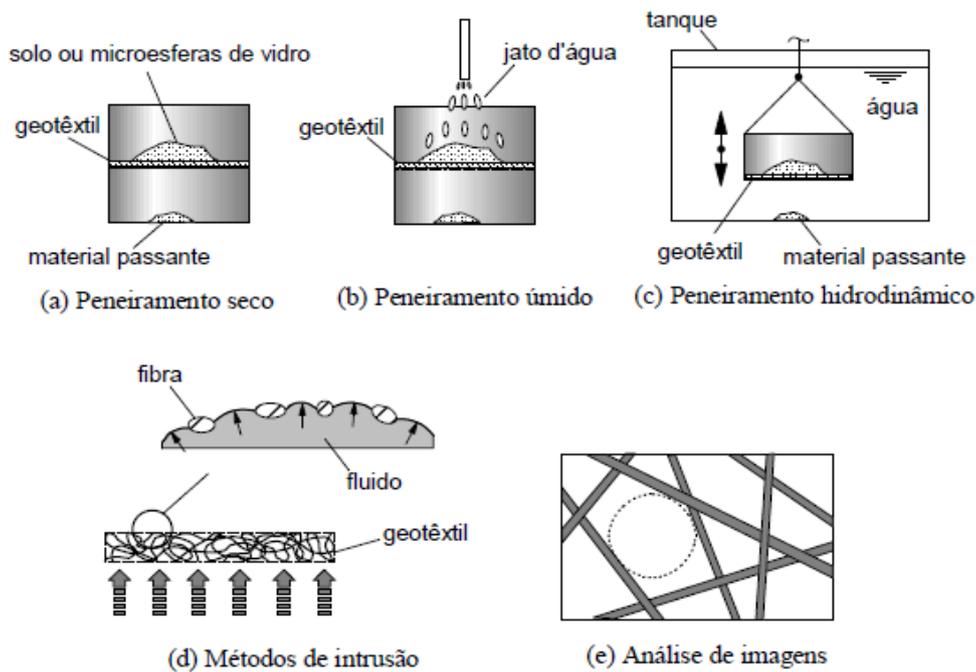


Figura 2.10: Técnicas de determinação de abertura de filtração do geotêxtil (PALMEIRA, 2003).

Tabela 2.5: Comparação entre dimensões dos poros (Adaptado de MELO, 2018).

Método	Tamanho do espécime	Avaliação dos pequenos poros	Obtenção da curva de distribuição de poros para espécimes comprimidos	Duração do ensaio
Teóricos	Não se aplica	Sim	Sim	Rápido
Peneiramento seco	Grande	Não	Não	Lento
Peneiramento úmido	Grande	Não	Não	Lento
Peneiramento hidrodinâmico	Grande	Não	Sim	Lento

Análises de imagens	Pequeno	Sim	Sim	Lento
Intrusão de mercúrio	Pequeno	Sim	Sim	Rápido
Ponto de bolha	Pequeno	Sim	Sim	Rápido

O peneiramento seco é realizado com microesferas de vidro, de tamanhos conhecidos, ou partículas de areia de quartzo calibradas, em condição seca, usando-se uma tela feita do espécime de geotêxtil, numa armação de peneira, por um período de tempo constante (TREJOS, 2016).

O peneiramento úmido consiste no peneiramento por vibração enquanto a água é jogada sobre as esferas ou partículas de areia. O peneiramento hidrodinâmico é realizado com partículas de areia ou esferas de vidro que são depositadas sobre o espécime de geotêxtil, contido em um recipiente, e o conjunto é submetido ao fluxo alternado de água pela imersão e emersão repetidas e um tanque (LIMA, 2014).

De acordo com Moraes Filho (2018), o método da análise de imagens foi desenvolvido por Rollin *et al.* (1977). Este método consiste em preencher os vazios do geotêxtil com uma resina transparente e empregar um analisador de imagens para a visualização dos poros e a obtenção de medidas em seções transversais do geotêxtil.

Segundo Bathia e Smith (1996), o método por intrusão de mercúrio baseia-se na teoria da equação de *Washburn*, que relaciona a pressão necessária para forçar um fluido não molhante, no caso, o mercúrio, através dos poros de um geotêxtil, preenchendo as aberturas de poros com mercúrio.

Segundo Melo (2018), o método de Ponto de Bolha (*Bubble Point Test, BBP*) é baseado no princípio do fluxo capilar, no qual o material poroso somente permitirá a passagem do líquido quando a pressão aplicada ao fluido exceder a atração capilar do líquido no maior poro. O método permite a obtenção dos diâmetros das constrições de forma direta e utiliza um líquido que satura rápida e efetivamente a amostra de geotêxtil.

A avaliação da compatibilidade entre solo e filtro geotêxtil é comumente executada pelos ensaios de Condutividade Hidráulica (HCR) e Razão entre Gradientes (GR). Para solos finos se aplica o ensaio HCR, onde obtém-se

$$\mathbf{HCR} = \frac{k_{sg}}{k_s} \quad (2.7)$$

Em que:

HCR é *Hydraulic Conductivity Ratio* ou Condutividade Hidráulica;

k_{sg} é o coeficiente de permeabilidade do sistema solo-geotêxtil e;

k_s é o coeficiente de permeabilidade do solo.

O ensaio de Razão entre Gradientes (*Gradient Ratio Test, GR*) visa verificar a compatibilidade hidráulica entre geotêxteis e solos granulares (pluviação) e também para o ensaio de densidade controlada (lama), no caso de solos finos. A Figura 2.11 ilustra o equipamento utilizado para a realização deste ensaio. A razão entre gradientes pode ser calculada de acordo com a Equação 2.8.

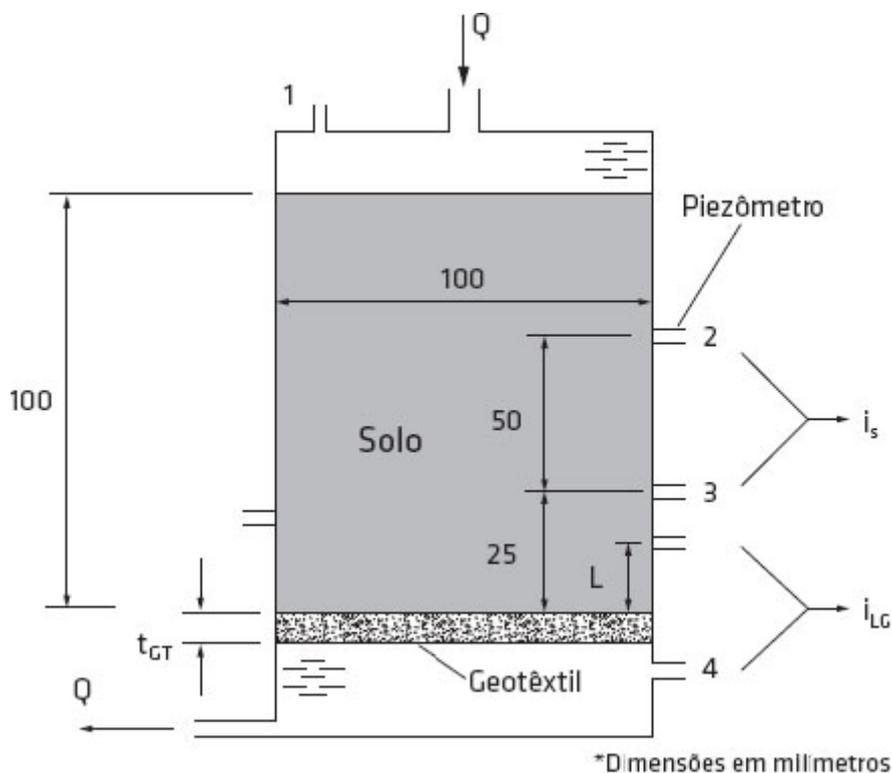


Figura 2.11: Equipamento de ensaio de razão entre gradientes (PALMEIRA, 2018).

$$\mathbf{GR} = \frac{i_{LG}}{i_s} \quad (2.8)$$

Em que:

GR é a razão entre gradientes

i_{LG} é o gradiente hidráulico no trecho entre os piezômetros 3 e 4 na Fig. 2.11;

i_s é o gradiente hidráulico no solo entre os piezômetros 2 e 3.

Palmeira, Fannin e Vaid (1996) apresentam uma equação que relacionava o valor de GR com características físicas e hidráulicas dos geotêxteis. Essa relação é dada por:

$$\mathbf{GR}_L = \frac{k_s}{k_{GT}} \frac{\frac{k_{GT}}{k_L} + \frac{t_{GT}}{L}}{1 + \frac{t_{GT}}{L}} \quad (2.9)$$

Em que:

GR_L é a razão entre gradientes dependendo do valor de L utilizado;

L é a distância entre o piezômetro usado para o cálculo de GR e a superfície do espécime de geotêxtil;

k_{GT} é o coeficiente de permeabilidade do geotêxtil;

k_L é o coeficiente de permeabilidade do solo no trecho de comprimento L;

t_{GT} é a espessura do geotêxtil e;

k_s é o coeficiente de permeabilidade do solo longe da interface com o geotêxtil.

Ensaio de razão entre gradiente também foram analisados por (URASHIMA 1996; GARDONI, 2000; TATTO, 2005; SOUSA, 2011) demonstrando a importância do conhecimento dos valores de GR para os diferentes casos, como em barragens, encostas, e também para conhecimentos gerais por meio de ensaios laboratoriais, avaliando a eficiência dos materiais utilizados para problemas como, por exemplo, a erosão interna do solo (*piping*).

2.3 MECANISMOS DE FILTRAÇÃO

A presença de água em obras civis, de modo geral, exige grande atenção, pois, quando negligenciada, pode provocar diversos danos e problemas para a obra. Com isso, a implementação de filtros e sistemas drenantes torna-se de suma importância. A Figura 2.12 apresenta um breve histórico cronológico de métodos utilizados para filtros granulares e filtros geotêxteis.

De acordo com Hutten (2007), alguns tipos de mecanismos fundamentais de filtração podem ser definidos como:

- Mecanismo de superfície (*straining*): a partícula é maior do que os poros e simplesmente não pode passar através do filtro. Partículas, menores do que os diâmetros dos poros passam. Isto se apresenta em materiais onde os diâmetros das aberturas são uniformes, como os geotêxteis tecidos.
- Mecanismo de profundidade (*Filtration*): Trata-se de mecanismos para a remoção de partículas de um fluido, mesmo que o diâmetro das partículas seja menor do que o diâmetro da estrutura porosa em qualquer ponto.
- Mecanismo de superfície ou *cake (Filtration)*: envolve a captura de partículas na superfície, ou perto dela, de modo que as partículas se dispõem em uma camada, que participa no processo de filtração gerando uma superfície modificada.

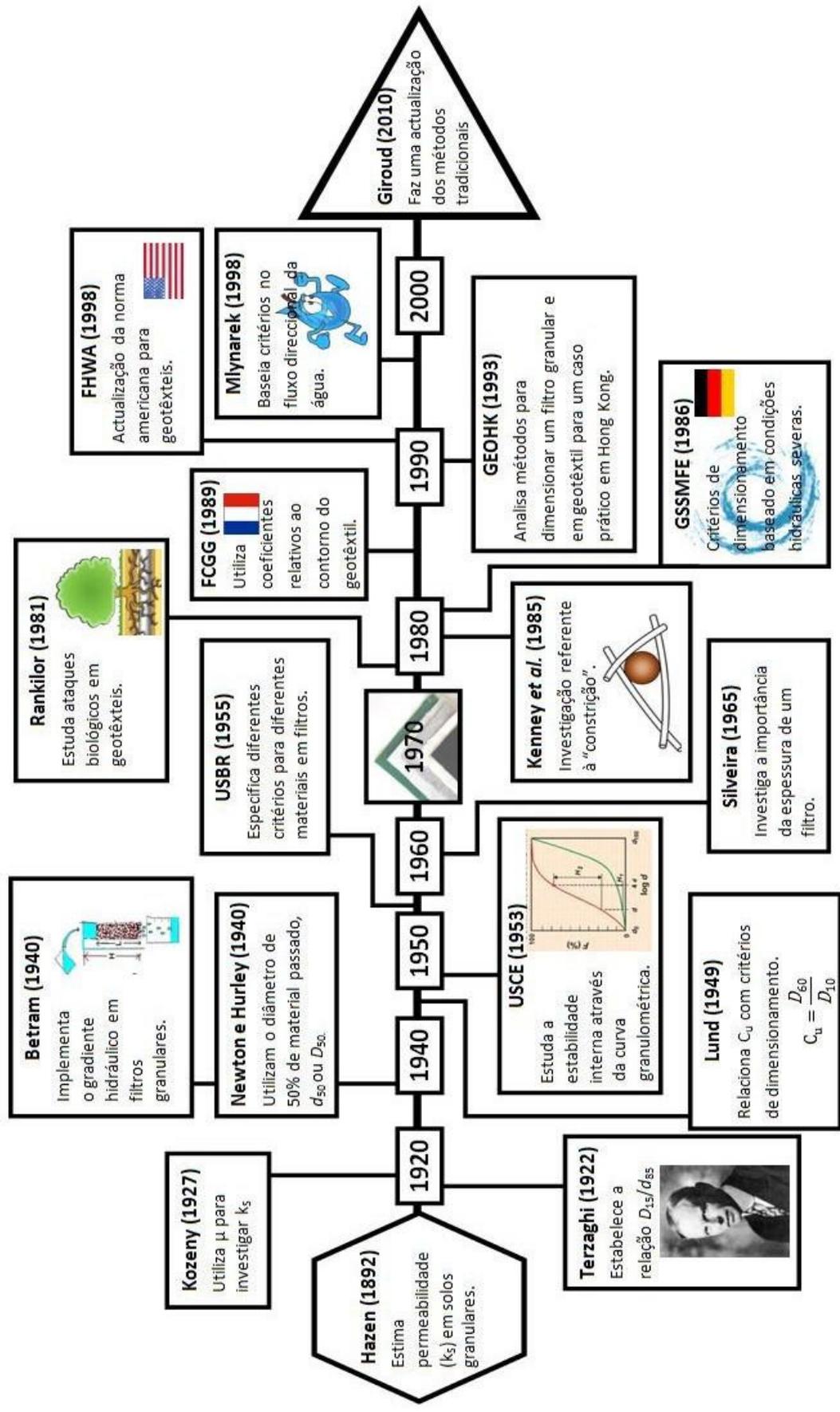


Figura 2.12: Fluxograma Cronológico de métodos para filtros (SOUSA, 2011).

Os filtros geotêxteis podem desempenhar diferentes funções e serem aplicados em uma grande diversidade de situações, conforme mostrado na Tabela 2.6, tornando-os uma boa opção a ser considerada como solução em problemas geotécnicos. A Figura 2.13 ilustra a utilização de geossintéticos em obras de drenagem e/ou filtração.

Tabela 2.6: Aplicações de filtros (Adaptado de SOUSA, 2011).

TIPO DE OBRA	APLICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Marítimas	Costas e Portos	No âmbito de proteção da costa no qual o filtro situa-se entre os solos naturais e enrocamento de proteção
	Aterros	São utilizados filtros na base de aterros e os solos saturados de fundação e em sistemas de drenagem.
Vias de comunicação	Estabilização e proteção de taludes	O filtro encontra-se entre os solos do aterro e dispositivos de proteção de taludes.
	Pavimentos sobre solos moles	Filtração e drenagem dos solos saturados da base.
	Vias-férreas	
	Túneis	Filtros em sistemas de drenagem.
	Drenagem	

Hidráulicas	Barragens de terra	Filtros em sistemas de drenagem nomeadamente envolvendo drenos da brita
	Rios, canais, lagos e reservatórios	Filtro entre o solo natural das margens e o enrocamento superior de proteção.
Engenharia ambiental	Aterros sanitários	Filtros em sistemas de drenagem
	Lagos	Filtros em sistemas de proteção das margens.



Figura 2.13: Aplicações de geotêxteis em obras de drenagem e/ou filtração: 1-Aplicação em pavimento ferroviário; 2- Aplicação em obras de terra; 3- Aplicação em áreas de esporte e lazer (Adaptado de BIDIM (2010); GEOSUL GEOSINTÉTICOS (2021) & GARDONI (2000)).

No cenário geotécnico, existem dois tipos principais de filtro, os que são os constituídos de materiais naturais, chamados de filtros granulares e os filtros sintéticos, com a utilização de geossintéticos que, geralmente, são compostos com o uso do geotêxtil. A Figura 2.14 demonstra os tipos de filtro granulares, com geotêxtil.

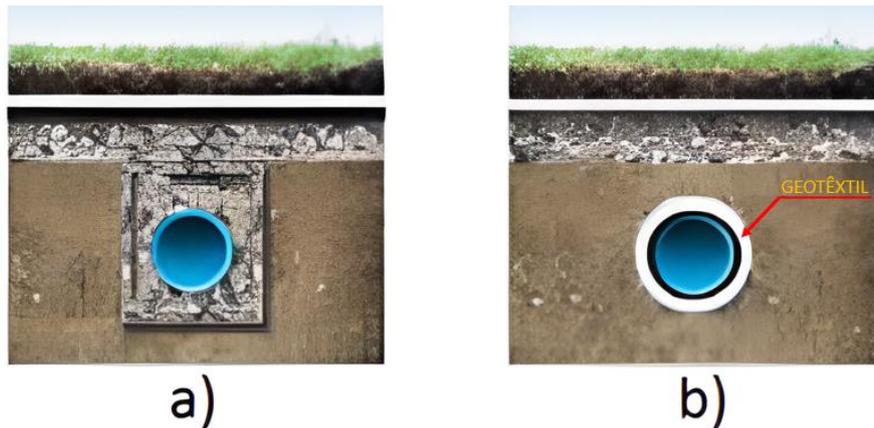


Figura 2.14: Tipos de filtros: a) granulares; b) geotêxtil (Adaptado de SOUSA, 2011).

2.3.1 FILTROS GRANULARES

Os filtros granulares são constituídos por agregados minerais permeáveis (materiais porosos), normalmente solos de granulometria arenosa e/ou pedregulhosa. O filtro pode ser constituído por uma só camada de material bem graduado e moderadamente permeável, quando se trata da remoção de fluxos pequenos ou por camadas de granulometrias diferentes. (FREITAS, 2014)

Um dos primeiros registros relacionados a análises de filtros granulares foi dado pelo engenheiro Karl von Terzaghi, por volta do ano de 1922. Nesses registros, foi criada uma relação entre a dimensão das partículas do material de filtro e do solo-base. Ao longo desses quase cem anos desde o registro de Terzaghi, diferentes métodos de dimensionamento de filtros granulares foram surgindo. A Tabela 2.7 reúne os dados granulométricos requeridos por alguns métodos de dimensionamento de filtros granulares.

Tabela 2.7: Dados granulométricos considerados em alguns métodos para dimensionamento de filtros granulares (Adaptado de SOUSA, 2011).

Método	Dimensão do Solo Base	Dimensão de Material do Filtro
Terzaghi (1922) Bertram (1940) G.E.O.H.K. (1993) Giroud (2010)	$d_{15}; d_{85}$	D_{15}
Newton e Hurley (1940)	$d_{15}; d_{50}$	D_{15}
U.S.C.E. (1953)	$d_{15}; d_{50}; d_{85};$	D_{15}

<i>U.S.B.R. (1955)</i>	$d_{15}; d_{50}$	$D_{15}; D_{50}; D_{100}$
<i>Sherard et al. (1984a)</i>	d_{85}	D_{15}
<i>Honjo e Veneziano (1989)</i>	$d_{75}; d_{85}$	$D_{15}; D_{95}$

De acordo com Sousa (2011, *apud. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong 1993*), o dimensionamento de filtros granulares deve atender aos seguintes requisitos.

- Quanto à estabilidade: a abertura dos poros deve ser mínima para prevenir uma excessiva migração das partículas do solo-base, gerando assim uma estabilidade estrutural e, ao mesmo tempo, deve também garantir estabilidade do próprio filtro, evitando que ocorra a migração do próprio material granular utilizado no filtro.
- Quanto à permeabilidade: o filtro deve apresentar uma permeabilidade maior do que a do solo que será drenado.
- Quanto à segregação: As características granulométricas do filtro devem permanecer continuamente ao longo da vida útil do filtro, ou seja, os agregados usados devem manter as suas características originais, antes, durante e após a instalação.
- Quanto à resistência: deve apresentar uma resistência físico-química, garantindo que o material granular possua resistência às ações químicas que podem alterar as características granulométricas, bem como devem apresentar resistência mecânica, resistindo às movimentações do solo, que podem ser geradas por vibrações, como no caso de passagem de caminhões e abalos sísmicos.

2.3.2 FILTROS SINTÉTICOS

O geotêxtil como elemento de filtro pode apresentar como vantagens, se comparado com os filtros granulares, a facilidade de transporte, facilidade e rapidez de instalação e a ocupação de um menor volume de material, conforme ilustra a Figura 2.15.

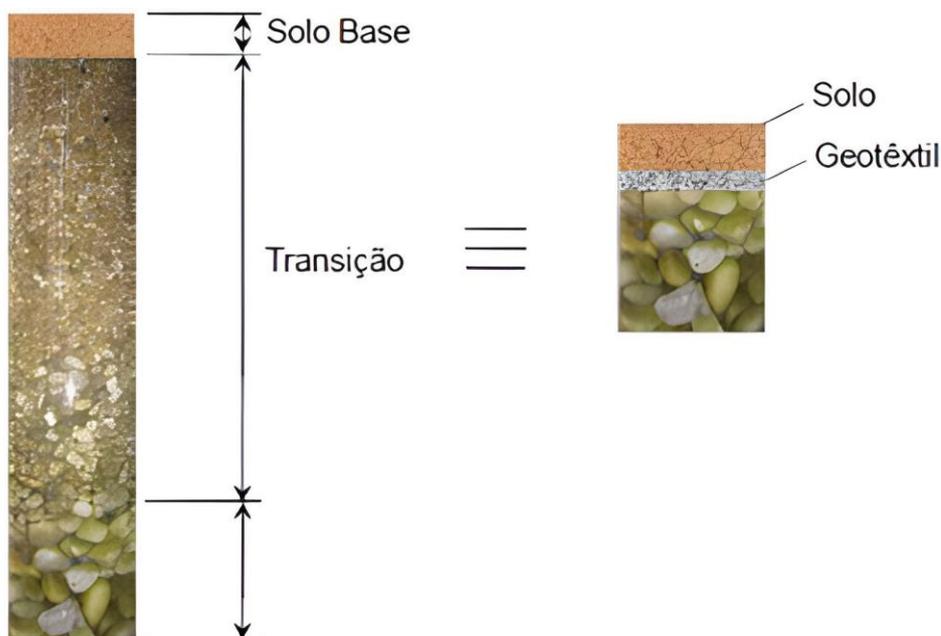


Figura 2.15: Filtro Granular x Filtro Geotêtil (Adaptado de PALMEIRA, 2015).

Segundo Vertemati (2018), para que um filtro geotêtil seja considerado bem especificado, é necessário que, quando dado o estabelecimento do fluxo permanente, a estrutura do solo em contato com o filtro se mantenha estável, normalmente com a presença de pontes de grãos de solo no contato com o filtro. A Tabela 2.8 apresenta algumas semelhanças e diferenças entre os filtros granulares e os filtros de materiais geossintéticos.

Tabela 2.8: Semelhanças e diferenças entre filtros granulares e geossintéticos (Adaptado de SOUSA, 2011).

	Agregados	Geossintéticos
Semelhanças		
Riscos de colmatção interna em ambos por:		
1. partículas finas do solo a filtrar		
2. atividade de bactérias (ocre)		
3. precipitação de sais		
Diferenças		
- Espessura	Elevada (>150mm)	Baixa (<30mm)
- Porosidade	25-40%	75-95%
- Capilaridade, h_c	Importante ($h_c < 500\text{mm}$)	Baixa ($h_c < 50\text{mm}$)

- Resistência à tração	Não tem	Baixa a elevada
- Compressibilidade	Desprezível	Média a elevada
- Transmissividade sob tensão de confinamento	Constante	Variável
- Uniformidade	Gradualmente variável	Controlada por meio da massa por unidade de área e da espessura
- Durabilidade	Inerte	Sensível as radiações UV
- Instalação	Evitar a contaminação pelo solo envolvente Compactação	Deve ser instalado em contato direto com o solo a filtrar A instalação é facilitada pela costura das juntas
-Risco de danificação	Não tem	Sensível ao punçionamento e ao rasgamento

Geotêxteis do tipo tecido e não tecido podem ser utilizados como filtros. Porém, há uma predominância no uso de geotêxteis do tipo não tecido nessas aplicações, embora sua estrutura seja mais complexa. As principais razões para essa predominância são por possuir uma maior estabilidade quanto as dimensões das aberturas dos filtros e por apresentar uma menor susceptibilidade a danos mecânicos e tendência de menores danos no funcionamento do filtro no campo (PALMEIRA, 2018).

2.4 FATORES DE INFLUÊNCIA NO SISTEMA DE FILTRO

2.4.1 CONCEITOS GERAIS

Segundo Muñoz (2005), a filtração não é uma função exclusiva e tão somente do geotêxtil, mas também do solo que está adjacente a ele, principalmente em condições em

que o fluxo é do tipo unidirecional, pois há uma perda de partículas finas quando submetidas ao primeiro fluxo. Com a realização desse primeiro fluxo, é criada uma zona em que as partículas maiores, quando retidas, começam a limitar a movimentação das partículas finas, que segundo John (1987), dá origem ao pré-filtro (Figura 2.16). De acordo com Urashima (1996), o tempo de formação desse pré-filtro é particular a cada situação existente, entretanto, ressalta que, de acordo com a literatura, esse processo é realizado em questão de algumas horas. Assim, quanto mais bem graduado for o solo adjacente ao geotêxtil, mais eficiente será a estrutura do pré-filtro formado.

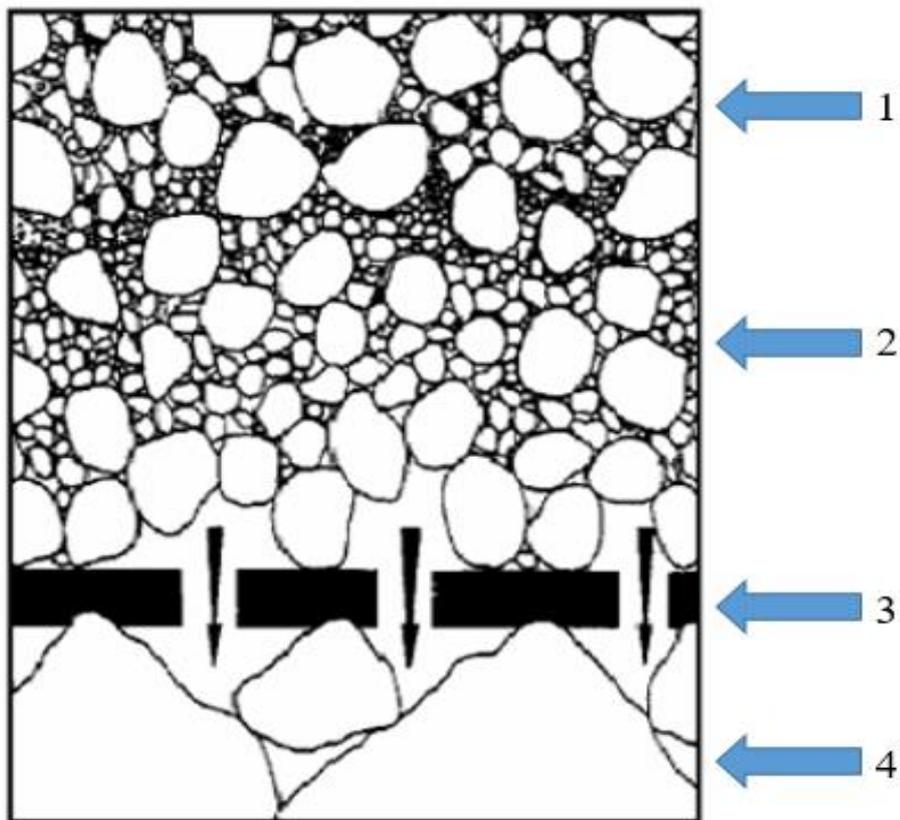


Figura 2.16: Estrutura de composição de um pré-filtro, em que: 1- Solo natural; 2. Pré-filtro, 3- Geotêxtil; 4- Camada drenante. (Adaptado de Muñoz, 2011).

Spada (1991) cita a formação de rede de arcos de grãos da solo base. A formação dessa rede de arcos acarreta um arqueamento na disposição das partículas de solo, conforme é ilustrado na Figura 2.17.

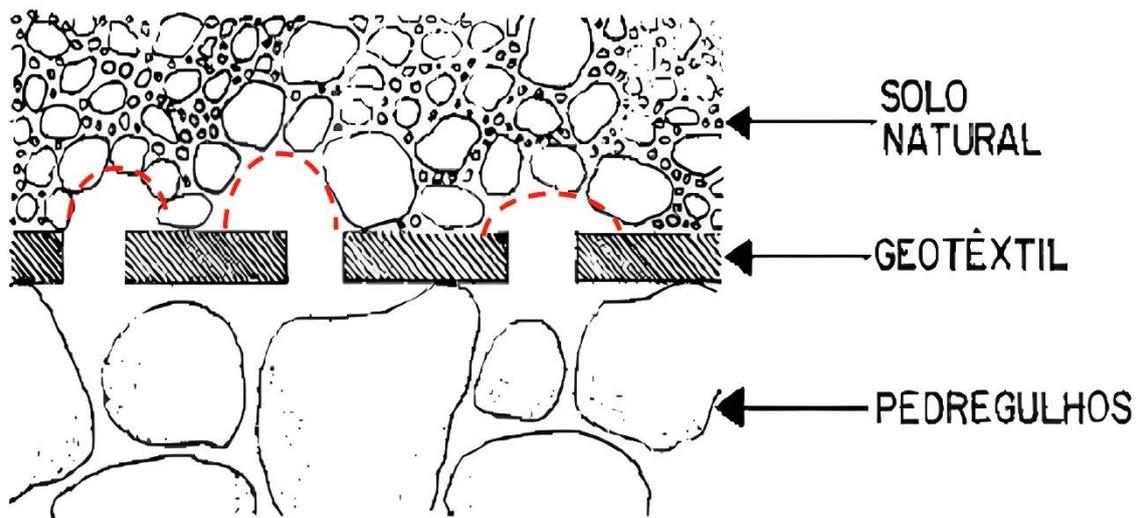


Figura 2.17: Arcos de solos sobre os geotêxteis (Adaptado de SPADA, 1991).

Segundo ROLLIN e LOMBARD (1988), existem quatro propriedades do geotêxtil que são capazes de acelerar a formação de arcos, que são:

- Baixa permeabilidade, para reduzir as forças de percolação sobre a partícula;
- Baixa porosidade, para não permitir carregamento excessivo de partículas;
- Grande espessura para aumentar a área de molhagem d'água, buscando um decréscimo das forças de percolação sobre as partículas de solo;
- Superfície com característica de abundância de fibras livres em contato com o solo.

Como já discutido nesta dissertação, diferentes critérios e parâmetros devem ser levados em consideração no momento de projetar um filtro, como tipo de solo base, tipo de fluido, tipo de geotêxtil, estrutura do meio filtrante e as influências devido a diferentes solicitações que os geotêxteis possam sofrer. Alguns destes itens serão discutidos nos tópicos a seguir.

2.4.2 TIPO DE GEOTÊXTIL

O tipo de geotêxtil a ser escolhido é um dos fatores que possui grande influência no sistema de filtração, devido a algumas de suas características, como a sua espessura e a dimensão de poros.

De acordo com Urashima (2002), em um geotêxtil tecido existe um único contato entre o filtro e as partículas, definindo assim, se as partículas passarão ou ficarão retidas. Caso a partícula fique retida, problemas como bloqueamento dos vazios do material, já que para esse tipo de geotêxtil, os vazios possuem praticamente as mesmas formas e dimensões. Porém, para o caso de um geotêxtil não tecido do tipo agulhado, praticamente não há ligação entre as fibras, exceto caso ele esteja sob tensão de confinamento.

A partícula de solo pode passar entre as fibras do geotêxtil, caso seja menor que a abertura entre elas. A Figura 2.18 ilustra este processo. A partícula será retida no canal de fluxo ao encontrar uma constrição menor que seu diâmetro.

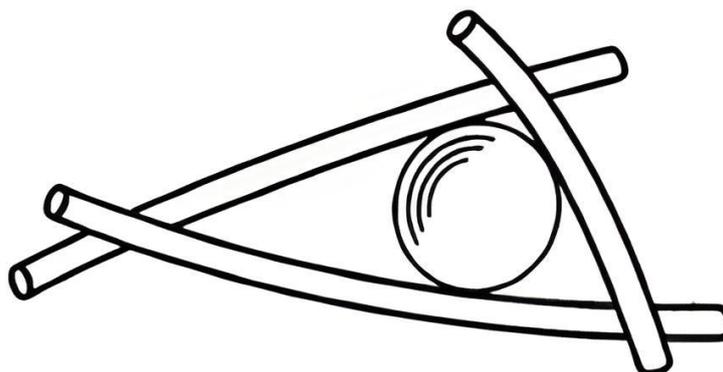


Figura 2.18: Partícula entre filamentos (MUÑOZ, 2005).

Giroud (1996) apresentou uma fórmula destinada para o cálculo da distância média entre duas constrições, que é apresentada na Equação 2.10.

$$d_c = \frac{d_f}{\sqrt{1-n}} \quad (2.10)$$

Em que:

d_c é a distância entre duas constrições sucessivas no geotêxtil;

d_f é o diâmetro das fibras.

n é a porosidade do geotêxtil.

2.4.3 ESTRUTURA DO MEIO FILTRANTE

De acordo com Lima Júnior (2014), a interação solo-geotêxtil pode ocasionar duas condições distintas de filtração, que são as que ocorrem em um meio poroso e a filtração de partículas em suspensão.

2.4.3.1 Filtração de líquido em meio poroso

A filtração pode ser considerada em meio poroso quando as partículas da base a filtrar possuem contatos superficiais, formando uma estrutura composta pelos grãos de solo. As condições de filtração em meio poroso são influenciadas principalmente pelo tipo de solo a ser retido, pela sua distribuição granulométrica e densidade (MUÑOZ, 2005).

Segundo Giroud (1996), o fluxo exerce forças de arraste nas partículas do solo, e como resultado, essas partículas tendem a movimentar. Elas realmente sofrerão movimento se as forças de arraste superarem as forças resistentes, as quais são função dos seguintes mecanismos: entrosamento das partículas, atrito entre partículas e a atração em solos coesivos.

De acordo com Vidal e Urashima (1999), os solos coesivos podem constituir formações reticuladas em forma de abóbadas na interface solo/geotêxtil devido às forças elétricas e de absorção entre os grãos e as fibras têxteis, mesmo para aberturas de filtração do geotêxtil relativamente grandes. Os solos granulares, os quais tem contato apenas devido ao atrito intergranular das partículas, podem formar arcos somente pela ação da gravidade. Já para os solos não uniformes, a filtração pode apresentar uma maior complexidade, em função da condição de estabilidade ou instabilidade interna.

2.4.3.2 Filtração de Partículas em Suspensão

A filtração de partículas em suspensão é um problema crítico, pois, ela tende a se depositar na superfície do filtro, o que pode ocorrer mesmo para partículas muito pequenas, bem menores que a abertura de filtração do elemento filtrante (LIMA JÚNIOR,

2014). Este tipo de ocorrência pode se dar na filtração de rejeitos finos, águas em estações de tratamento, entre outros.

Segundo Urashima (2002), o comportamento de um sistema de filtração que apresente partículas em suspensão pode ocorrer de maneiras diferentes, variando de acordo com o tipo de material. Para o caso de solos granulares, as partículas que ficam retidas formam uma camada de material ainda permeável, em um fenômeno equivalente ao aumento da espessura do filtro. Para o caso dos solos coesivos, a possibilidade haver problemas relacionados a colmatação do geotêxtil é maior, exigindo análises mais detalhadas sobre seu comportamento no sistema de filtração.

Conforme exposto por Muñoz (2005), em solos com altas condutividades hidráulicas localizadas e com tendências ao fenômeno de sufusão, é possível a ocorrência de filtração de partículas em suspensão em virtude do carreamento de partículas finas do material de base e a existência de grandes vazios, havendo, assim, a possibilidade da filtração em meio poroso tornar-se uma filtração de partículas em suspensão.

De acordo com Vidal (1992), as partículas muito finas criam rapidamente uma barreira de baixa condutividade hidráulica que, em função da sua concentração na suspensão, pode exigir troca ou lavagem do filtro com muita frequência. O tempo de manutenção destes filtros é função do tipo de partícula, de sua concentração no fluido e da velocidade de fluxo.

Problemas relacionados a solos de instabilidade interna, como os casos estudados por KENNEY E LAU, 1985; SPADA, 1991; URASHIMA, 1996 e 2002; GARDONI, 2000; FREITAS, 2003; BEIRIGO, 2005; MUÑOZ, 2005; ORTIZ, 2012; SILVA, 2016, entre outros, mostram a possibilidade de colmatação devido aos processos de erosão e sufusão.

2.4.4 INFLUÊNCIA DE SOLICITAÇÕES DIVERSAS

O geotêxtil aplicado na função de filtro pode sofrer algumas solicitações como, por exemplo, as causadas por diferenças de carga hidráulica, direção e sentido do fluxo. Fatores como solicitações mecânicas e condições do meio em que esteja aplicado também podem influenciar o seu funcionamento.

Vidal e Urashima (1999) citam algumas condições de solicitação que podem influenciar no comportamento do filtro, sendo elas:

- Solicitações de compressão e tração do filtro;
- Carregamento cíclico;
- Intensidade, direção e sentido do fluxo, devendo-se considerar a direção da gravidade (possibilidade de formação de arco), a possibilidade de mudança no sentido do fluxo e de sua direção (proteção de encostas) e velocidade do fluxo,
- Condições ambientes – características do fluido, riscos de degradação do filtro, alterações químicas no meio a filtrar, possibilidade de colmatção química ou biológica.

Carregamentos cíclicos podem ocorrer por solicitações mecânicas ou hidráulicas. Quando ocorrem por solicitações mecânicas, levam a um processo de passagem de partículas concentrado nos pontos de contato, conforme estudo de Saxena e Hsu (1986). Já os carregamentos cíclicos hidráulicos normalmente estão associados aos problemas de inversão do sentido do fluxo. A inversão do sentido do fluxo pode provocar movimentos no geotêxtil (LIMA JÚNIOR, 2014).

Situações em que os geotêxteis sejam submetidos a condições ambientais severas podem alterar as características originais do filtro devido à ação do fluido que por ele passe ou contato com material agressivo quimicamente que possa degradar o geotêxtil.

Conforme exposto na pesquisa de Trejos (2016), as previsões de valores que foram feitas pela equação proposta por Giroud (1996) para estimativa da abertura de filtração de geotêxteis não tecidos compararam satisfatoriamente com os resultados obtidos nos ensaios de ponto de bolha, tanto para ensaios em amostras virgens quanto em ensaios em amostras impregnadas e tracionadas, validando assim este método de dimensionamento para este caso.

Vale ressaltar também que, caso ocorra algum dano durante a instalação, o material deve ser substituído para que assim não comprometa todo o conjunto da obra.

2.5 SOLOS INTERNAMENTE INSTÁVEIS

O termo estabilidade interna refere-se à capacidade de um material granular em evitar a perda (sufusão) de suas próprias pequenas partículas devido a um agente perturbador, como percolação e vibração (KENNEY E LAU, 1985).

De acordo com Palmeira (2018), solos com instabilidade interna geralmente apresentam curvas granulométricas com concavidade voltada para cima ou são solos descontínuos. Além disso, na identificação de um solo internamente instável, são de particular relevância os valores dos coeficientes de uniformidade ($C_u = D_{60}/D_{10}$) e de curvatura ($C_c = D_{30}^2/D_{60}.D_{10}$) do solo.

Para a análise da estabilidade interna dos solos, existem na literatura alguns métodos e critérios, tais como: Kenney e Lau (1985), Christopher e Holtz (1985); Bathia e Huang (1995); Lafleur (1999). A Tabela 2.9 apresenta as informações que cada um dos métodos citados utiliza para verificar o potencial de instabilidade interna do solo.

Tabela 2.9: Critérios de verificação para potencial de instabilidade interna de solos (Adaptado de Palmeira, 2018).

Referência	Condição
Kenney e Lau (1985)	Um solo pode ser intermitente instável se sua fração mais fina (30%) não atender à condição $w_{4D} > 2,3W_D$, em que W_{4D} e W_D são as percentagens (em massa) de partículas menores que dados diâmetros 4D e D, respectivamente.
Christopher e Holtz (1985)	Solos com $C_u > 20$ e curva granulométrica com concavidade voltada para cima.
Bathia e Huang (1995)	Solos com $C_c > 7$.
Lafleur (1999)	Solos com $C_u > 6$ e curva granulométrica com concavidade voltada para cima.

Um dos principais problemas que podem ser provocados por solos de base internamente instáveis é ocorrência da colmatação interna do filtro ou seu cegamento, o que pode levar a deformações excessivas ou mesmo o colapso da estrutura.

Segundo Muñoz (2005), solos coluvionares podem conter em sua constituição diferentes tipos e tamanhos de partículas, e que suas propriedades físicas e mecânicas estão diretamente ligadas à sua geração e às características dos materiais do qual é originário. Ainda em relação aos solos coluvionares, outro ponto que pode agravar no quesito estabilidade interna é a alta permeabilidade destes solos, devido à sua condição natural de alta porosidade e aos seus macroporos.

Segundo Fell *et al.* (2015), um filtro constituído por solo internamente instável, tem grande potencial a erosão de partículas mais finas e, caso isso ocorra, deixa mais grossa a matriz do filtro e, por consequência, o torna menos eficaz quanto à retenção de partículas do solo base.

Segundo Silva (2016), para que o fenômeno de sufusão ocorra, algumas condições devem ser atendidas como, por exemplo:

- O tamanho das partículas finas do solo deve ser menor do que o tamanho dos espaços formados pelas partículas grossas que constituem o esqueleto básico do solo;
- A quantidade de partículas finas do solo deve ser apenas suficiente para preencher os vazios do esqueleto do solo-base, formado pelas partículas grossas. Se existir mais partículas finas do que o necessário para preencher os vazios, as partículas grossas irão "flutuar" na matriz de finos, em vez de formar o esqueleto do solo (INGOLD, 2012);
- A velocidade de fluxo, através da matriz do solo, deve impor uma tensão suficientemente elevada para superar as tensões efetivas do solo e mover as partículas finas através dos vazios.

Portanto, é necessário que haja uma boa avaliação quanto aos dados do comportamento do solo para que, assim, seja possível realizar um melhor e mais correto dimensionamento do filtro, atentando a todas as particularidades existentes. A Figura 2.19 apresenta um comparativo esquemático entre a erosão interna do solo e o fenômeno de sufusão.

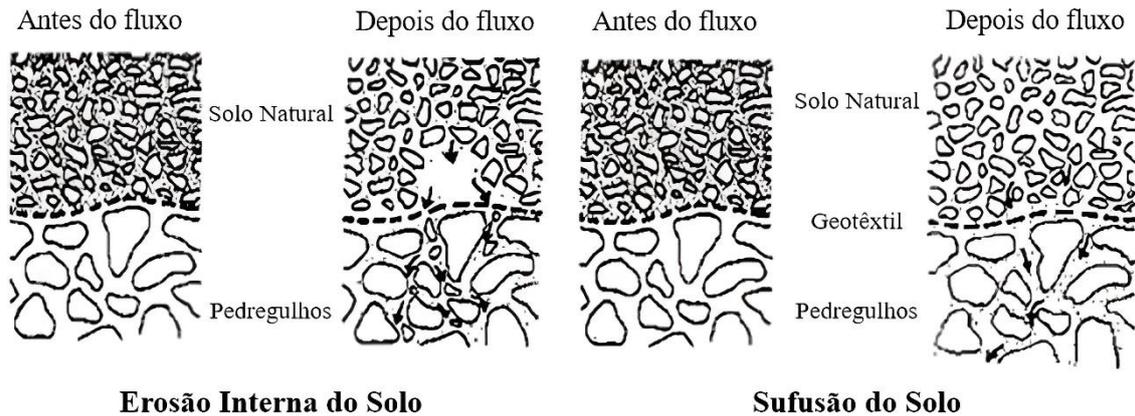


Figura 2.19: Erosão interna X Sufusão do solo (Adaptado de MUÑOZ, 2011).

2.6 ASPECTOS RELEVANTES ASSOCIADOS AOS GEOTÊXTEIS

A perda da funcionalidade do geotêxtil é uma das grandes preocupações durante o seu uso em obras de filtração. Mesmo sendo composto de um bom material e um processo de fabricação controlado, estes materiais podem estar sujeitos a problemas durante o período em que estiverem atuando.

No caso da possibilidade de danos mecânicos, o método mais usual para levar em conta as consequências destes é a utilização de fatores de redução. De acordo com Silva (2011) e Santos (2016), o fator de redução devido a danos mecânicos (Tabelas 2.10 e 2.11) torna-se mais difícil de ser estimado devido à influência do fator humano. Esse fator acarreta na introdução de elementos mais complexos de serem quantificados como, por exemplo, o descuido dos funcionários com o manuseio de ferramentas durante a execução da instalação.

Tabela 2.10: valores mínimos típicos de Fator de redução de danos mecânicos (FR_{dm}) para geotêxteis tecidos à base de poliéster (PALMEIRA, 2018).

Tipo de aterro	FR_{dm}
Pedras	1,40
Pedregulhos	1,35
Areias	1,17

Tabela 2.11: Valores mínimos típicos de FR_{dm} para geotêxteis não tecidos (PALMEIRA, 2018).

Tipo de aterro	D_{max} (mm)	Valores mínimos de FR_{dm}		
		$1400 < M_A \leq 200$ (g/m ²)	$200 < M_A \leq 400$ (g/m ²)	$400 < M_A \leq 600$ (g/m ²)
Pedras	< 200	1,50	1,45	1,40
Pedregulhos	< 100	1,35	1,30	1,25
Areias	< 4	1,30	1,25	1,20
Siltes e argilas	< 0,06	1,20	1,15	1,10

Fatores de redução devem também ser aplicados no cálculo da vazão de dimensionamento do sistema filtro-drenante. A Equação 2.11 apresenta o cálculo da vazão admissível através ou ao longo do sistema.

$$q_{adm} = \frac{q_{max}}{FR_{CC}FR_{FLC}FR_{IMP}FR_{CQ}FR_{CB}} \quad (2.11)$$

Em que:

q_{adm} é a vazão máxima admissível ou vazão de projeto;

q_{max} é a vazão máxima através ou ao longo da camada;

FR_{CC} é o fator de redução de cegamento ou colmatação do dreno;

FR_{FLC} é o fator de redução para redução de vazios do geotêxtil decorrente da fluência sob compressão

FR_{IMP} é o fator de redução para impregnação dos vazios do geossintético;

FR_{CQ} é o fator de redução para colmatação química e;

FR_{CB} é o fator de redução para colmatação biológica.

A Tabela 2.12 apresenta valores de redução para geotêxteis, de acordo com a função em que ele será empregado, enquanto a Tabela 2.13 apresenta valores de fatores de redução considerando a severidade do meio e a sobrevivência do geotêxtil.

Tabela 2.12 Fatores de redução para geotêxteis de acordo com a função desempenhada, (PALMEIRA, 2018).

Aplicação	Faixas de variação de fatores de redução			
	FR_{dm}	FR_{fl}	FR_{dq}	FR_{db}
Separação	1,1 - 2,5	1,5 - 2,5	1,0 - 1,5	1,0 - 1,2
Colchão	1,1 - 2,0	1,2 - 1,5	1,0 - 2,0	1,0 - 1,2
Estradas não pavimentadas	1,1 - 2,0	1,5 - 2,5	1,0 - 1,5	1,0 - 1,2
Muros	1,1 - 2,0	2,0 - 4,0	1,0 - 1,5	1,0 - 1,3
Aterros	1,1 - 2,0	2,0 - 3,5	1,0 - 1,5	1,0 - 1,3
Capacidade de carga	1,1 - 2,0	2,0 - 4,0	1,0 - 1,5	1,0 - 1,3
Estabilização de taludes	1,1 - 1,5	2,0 - 3,0	1,0 - 1,5	1,0 - 1,3
Recapeamento de pavimentos	1,1 - 1,5	1,0 - 2,0	1,0 - 1,5	1,0 - 1,1
Ferrovias (filtro/separação)	1,5 - 3,0	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0	1,0 - 1,2
Formas flexíveis	1,1 - 1,5	1,5 - 3,0	1,0 - 1,5	1,0 - 1,1
Barreiras de sedimentos	1,1 - 1,5	1,5 - 2,5	1,0 - 1,5	1,0 - 1,1

Em que: FR_{dm} – Fator de Redução para danos mecânicos, FR_{fl} – Fator de Redução para fluência do reforço geossintético, FR_{dq} – Fator de Redução a ataques por substâncias químicas, FR_{db} – Fator de Redução por danos de agentes biológicos.

Tabela 2.13: Valores de FR considerando a severidade do meio e a sobrevivência do geotêxtil (Adaptado de Palmeira, 2018).

Tipo de geossintético	Capacidade de sobrevivência	Severidade do meio			
		Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
Tipo de geossintético	Baixa	1,30 – 1,45	1,40 – 2,0	Não Recomendado	Não Recomendado
	Moderada	1,20 – 1,35	1,30 – 1,80	Não Recomendado	Não Recomendado
Geotêxtil tecido de polipropileno	Alta	1,10 – 1,30	1,20 – 1,70	1,60 – Não Recomendado	Não Recomendado
	Alta	1,10 – 1,40	1,20 – 1,70	1,50 – Não Recomendado	Não Recomendado
Geotêxtil não tecido poliéster	Baixa	1,15 – 1,40	1,25 – 1,70	Não Recomendado	Não Recomendado
	Moderada	1,10 – 1,40	1,20 – 1,50	Não Recomendado	Não Recomendado
	Alta	1,05 – 1,20	1,10 – 1,40	1,35 – 1,40	Não Recomendado

Um dos pontos mais importantes com relação a má funcionalidade dos filtros geotêxteis é a redução de sua permeabilidade e a colmatação do filtro (Figura 2.20). De acordo com Silva (2005), os mecanismos de colmatação podem ser classificados basicamente em:

- **Cegamento:** o geotêxtil está em contato com solos internamente instáveis, onde há tendência para o movimento de pequenas partículas de solo, que ficam retidas na fronteira formada pelo geotêxtil e o solo. Este acúmulo de pequenas partículas tende a formar uma camada de baixa permeabilidade, que impede ou dificulta a passagem da água através do geotêxtil, e, portanto, de percolar livremente pelo solo.

- Bloqueamento: as partículas de solo têm dimensões muito semelhantes às dimensões dos poros dos geotêxteis, bloqueando estes poros.
- Obstrução interna: existe uma acumulação excessiva de partículas de solo nos vazios do geotêxtil, o que impede a água de atravessá-lo livremente. Este impedimento da passagem da água pode dar-se também devido à precipitação de substâncias químicas (sais) ou como resultado de atividade bacteriológica.

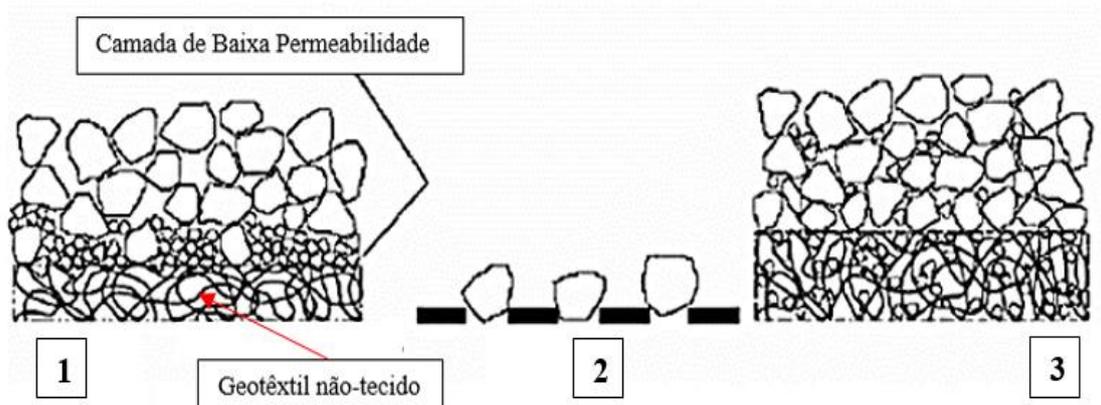


Figura 2.20: Mecanismos de colmatção em filtros geotêxteis, em que: 1- Cegamento; 2- Bloqueamento; 3- Obstrução interna (Adaptado de PALMEIRA, 2003).

Uma das possíveis causas de mau funcionamento de um filtro geotêxtil está associada também a danos causados no momento de instalação do produto, como, por exemplo, o tráfego direto de caminhões no momento do lançamento do solo (Fig. 2.21), podendo, assim, fazer com que o geotêxtil sofra algum dano, como rasgos e perfurações.



Figura 2.21: Tráfego de caminhão diretamente sobre o geotêxtil. (Adaptado de PALMEIRA, 2018).

Outro ponto é o emprego de material de aterro inadequado ou com o filtro instalado sobre base mecanicamente agressiva, como ilustra a Figura 2.22. Esta é uma prática inaceitável, pois as chances de danificação do geotêxtil são extremamente altas.



Figura 2.22 Instalação incorreta de geotêxtil em aterro (PALMEIRA).

Atenção também deve ser dada em relação a contaminação da camada de filtro devido a corridas de lama (Fig. 2.23), ao acúmulo de poeira e contaminação do núcleo drenante de geocompostos para drenagem. Caso isso ocorra, a camada drenante deverá ser lavada de maneira a limpar o geotêxtil o máximo possível e, se a limpeza não for satisfatória, será necessária a substituição do trecho contaminado.

Silva (2005) apresentou em seu trabalho análises laboratoriais e *in situ*, simulando as mesmas condições, em ambos os casos, em pavimentos ferroviários. O autor destacou ainda que as aplicações realizadas *in situ* confirmaram a eficiência geral dos geotêxteis que foram empregados nas funções de filtração e drenagem. Porém, ressaltou que danos mecânicos no momento da instalação foram classificados como severos, provocando cortes e perfurações nos geotêxteis.

Notou-se também a existência de problemas associados ao geotêxtil no decorrer de sua instalação, como a disposição do geotêxtil em locais inadequados, sem a devida limpeza e manutenção minimamente necessária; impregnação do geotêxtil por corrida de lama e a posição inadequada do material. Problemas como esses podem ser evitados, desde que haja um certo nível de atenção e acompanhamento adequado no momento da execução. Vale a pena ressaltar que a capacitação da mão-de-obra é um importante fator para evitar estes tipos de problemas.



Figura 2.23: Corrida de lama sobre o geotêxtil (PALMEIRA, 2018).

Instalações que venham a ser realizadas onde sejam aplicados diferentes tipos de geotêxteis com especificações distintas (abertura de filtração, permissividade, etc.), sob uma mesma camada de solo (Fig. 2.24), podem levar a problemas no sistema, caso os critérios de filtro não sejam atendidos por todos os produtos empregados.



Figura 2.24: Instalação de diferentes tipos de geotêxtil em uma mesma camada de solo (PALMEIRA, 2018).

Outro ponto, são problemas relacionados ao mau posicionamento do filtro e a má instalação da camada de geotêxtil em drenos também pode comprometer a sua eficiência. No caso de instalações em valas drenante, é necessário garantir que seguramente haverá contato entre o filtro e as paredes internas da vala, pois a presença de espaços vazios entre eles pode fazer com que ocorra a migração de finos do solo em suspensão, o que pode causar o cegamento do geotêxtil. A Figura 2.25 ilustra a instalação incorreta de filtro geotêxtil em uma vala drenante.

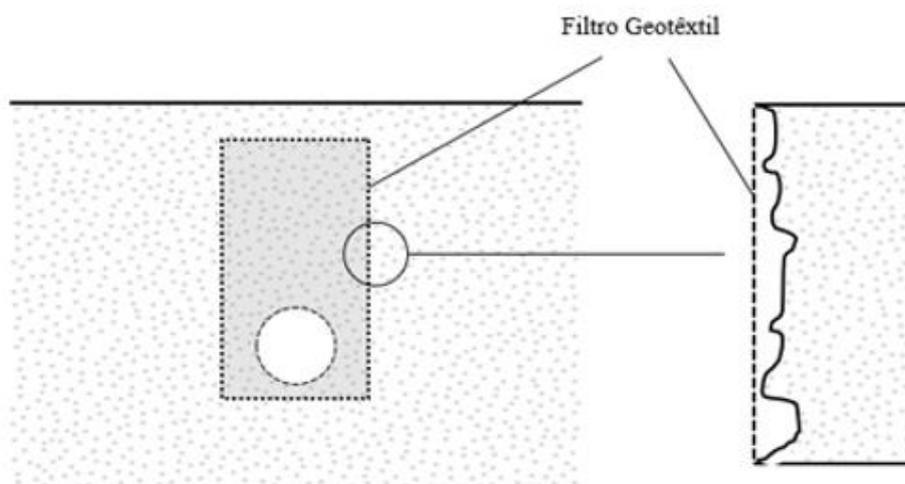


Figura 2.25 Instalação incorreta de filtro geotêxtil em vala drenante (Adaptado de PALMEIRA, 2015).

No caso de instalação em valas drenantes, problemas podem decorrer do posicionamento incorreto do filtro, conforme mostrado na Figura 2.26, onde o geotêxtil deveria estar entre o solo fino e a brita (Figura 2.27).

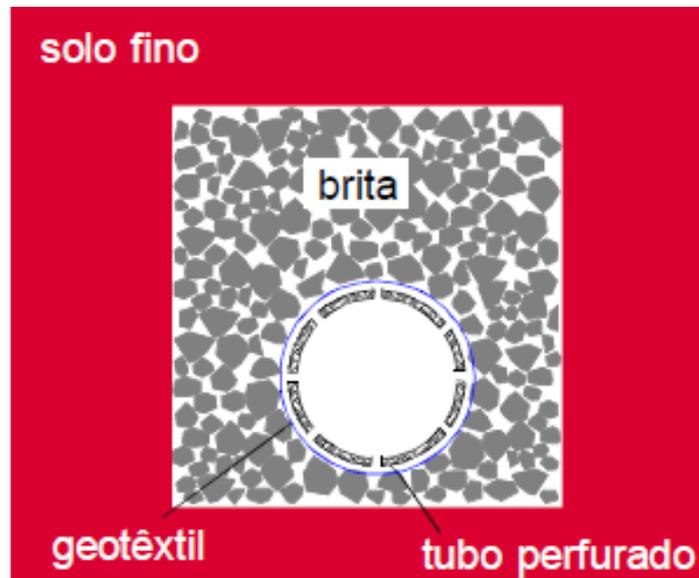


Figura 2.26: Posicionamento incorreto do filtro geotêxtil (PALMEIRA, 2015).

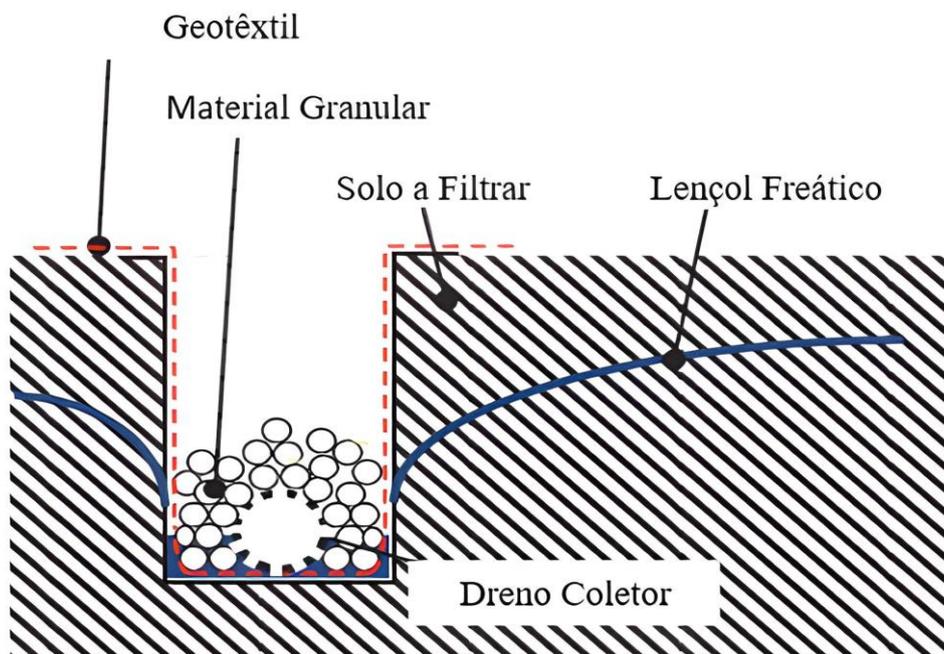


Figura 2.27: Exemplo de um geotêxtil para filtração em uma vala de drenagem (Adaptado de CFG, 2015).

Muitos desses problemas geralmente podem ser previstos e evitados, se forem feitos um bom dimensionamento e instalação correta, atentando para os detalhes que foram aqui descritos. Quanto aos problemas associados à instalação, é necessário que a equipe que irá realizá-la possua um certo nível de conhecimento sobre a instalação desse tipo de material. Cursos, palestras e manuais com instruções podem auxiliar neste quesito.

A difusão do conhecimento em relação aos geossintéticos vem aumentando ao decorrer do tempo, porém, de maneira geral, ainda não são tratados de maneira mais ampla no meio de obras civis. A falta de conhecimento sobre estes materiais, como sua funcionalidade e aplicabilidade em cada tipo de obra, podem levar a insucessos na aplicação.

2.7 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE FILTROS GEOTÊXTEIS

Para que o filtro exerça sua função com excelência, desempenhando corretamente o papel para o qual foi designado, é de suma importância que ele atenda à alguns critérios, como o de retenção de partículas, permeabilidade, anticolmatação e sobrevivência e durabilidade. Esses critérios citados serão discutidos e analisados nos itens a seguir.

Para que esses critérios sejam aplicados é necessário ter conhecimento de algumas propriedades físicas e hidráulicas do filtro, como a espessura, coeficiente de permeabilidade, abertura de filtração etc., como também as propriedades do solo e do fluido percolante. Segundo Palmeira (2003), para casos rotineiros, a correta especificação de um filtro geotêxtil requer dados disponibilizados pelos fabricantes de geossintéticos e da curva granulométrica do solo.

2.7.1 CRITÉRIOS DE RETENÇÃO

O critério de retenção tem como premissa garantir que as partículas do solo de base não atravessem o filtro em quantidades que possa desestabilizar o maciço, podendo ser expressa por

$$O_n \leq aD_s \quad (2.12)$$

Em que:

O_n é a dimensão representativa das aberturas do geotêxtil por onde as partículas podem passar,

a é o número que multiplica o diâmetro característico dos grãos de solo e ;

D_s é a diâmetro característico dos grãos de solo.

De acordo com Urashima (2002), dependendo do método adotado para sua determinação a abertura de filtração (O_f) recebe diferente denominações, tais como:

- AOS (Apparent Opening Size) – normalizado pela *ASTM 4751/1987*, e obtido por peneiramento a seco utilizando frações uniformes de esferas de vidro;
- O_{95} – (abertura de filtração característica) normalizado pela *AFNOR NFG38014*, peneiramento hidrodinâmico utilizando solo padrão bem graduado, bem como por outras técnicas mais recentes (ensaio de Ponto de Bolha, por exemplo);
- O_{90} – (abertura de filtração característica) normalizado pela *ISO 12956*, e obtido por peneiramento úmido utilizando partículas de areia bem graduada.

Diversos critérios de retenção podem ser encontrados na literatura. A Tabela 2.14 reúne alguns dos métodos existentes. É importante ressaltar que existem outros métodos que também são válidos e podem ser empregados.

Tabela 2.14: Critérios de Retenção encontrados na literatura (Adaptado de Palmeira, 2018).

Referência	Critério	Comentários
USACE (1977)	$0,149 \text{ mm} \leq O_{95} \leq 0,211 \text{ mm}$	$D_{50} > 0,074 \text{ mm}.$ $D_{50} \leq 0,074 \text{ mm}.$
	$0,149 \text{ mm} \leq O_{95} \leq D_{85}$	Geotêxteis não devem ser utilizados se $D_{85} < 0,074 \text{ mm}.$

AASHTO (1986)	$O_{95} < 0,59 \text{ mm}$ $O_{95} < 0,30 \text{ mm}$	Se 50% dos grãos de solo $\leq 0,074 \text{ mm}$. Se 50% dos grãos de solo $> 0,074 \text{ mm}$. Sem limitações no tipo de geotêxtil ou solo
Giroud (1982)	$O_{95}/D_{50} < C'_U$ $O_{95}/D_{50} < 9/C'_U$ $O_{95}/D_{50} < 1,5C'_U$ $O_{95}/D_{50} < 13,5/C'_U$ $O_{95}/D_{50} < 2C'_U$ $O_{95}/D_{50} < 18/C'_U$	Se $I_0 < 35\%$, $1 < C'_U < 3$. Se $I_0 < 35\%$, $C'_U > 3$. Se $35\% < I_0 < 65\%$, $1 < C'_U < 3$. Se $35\% < I_0 < 65\%$, $C'_U > 3$. Se $I_0 < 65\%$, $1 < C'_U > 3$. Se $I_0 < 65\%$, $C'_U > 3$. Admite migração de finos para valores altos de C_U .
Carroll (1983)	$O_{95}/D_{50} \leq 2-3$	Tecidos e não tecidos
Lawson (1987 apud GEO, 1993)	$O_{90}/D_{85} \leq 1$ $0,08 \text{ mm} \leq O_{90} \leq 0,12 \text{ mm}$ $0,03 \text{ mm} \leq O_{90} < D_{85}$	Solo predominante arenosos com $D > 0,1 \text{ mm}$, por exemplo, solos residuais granulares e solos arenosos aluvionares. Solos não coesivos, por exemplo, siltes de origem aluvial ou de outra origem, e para solos coesivos não dispersivos. Solos coesivos dispersivos.
FHWA – Christopher e Holtz (1985)	$O_{95}/D_{85} \leq 1 - \frac{1}{2}$ $O_{95}/D_{85} \leq 1$ ou $O_{50}/D_{85} \leq 0,5$	Depende do tipo de solo e do valor de C_U . Fluxo dinâmico, pulsante ou cíclico se o solo pode se mover abaixo do geotêxtil.

CFGG (1986)	$O_f/D_{85} \leq 0,38$ – 1,25 $O_f \leq 0,5D_{85}^{(*)}$ $O_f \leq 0,75D_{85}^{(*)}$	Depende do tipo de solo, compactação, condições hidráulicas e de aplicação. Fluxo reverso, tecidos e não tecidos, solo fofo. Fluxo reverso, tecidos e não tecidos, solo denso.
Fischer et al. (1990)	$O_{50}/D_{85} \leq 0,8$ $O_{95}/D_{15} \leq 1,8$ – 7,0 $O_{50}/D_{50} \leq 0,8$ – 2,0	Baseado na distribuição de poros do geotêxtil, depende do valor de C_U .
Luetlich et al. (1990)	$O_{95} < 1$ a $1,5D_{85}$	Obtido a partir de ensaios com solo arenoso fino e para três não tecidos agulhados utilizando aparelho de filtração com fluxo ascendente.
CGS (1992)	$O_f/D_{85} < 1,5$ $O_f/D_{85} < 3,0$	Solos uniformes. Solos bem granulados.
Fannin et al. (1994)	$O_f/D_{85} < 1,5$ e $O_f/D_{50} < 1,8$ $O_f/D_{85} < 0,2$, $O_f/D_{50} < 2,0$, $O_f/D_{50} > 2,5$ e $O_f/D_{15} < 4,0$	Não tecidos, $1 < C_U < 2$. Não tecidos, $3 < C_U < 7$.
Bhatia e Huang (1995)	$O_{95}/D_{85} < 0,65$ – $0,05 C_c$ $O_{95}/D_{85} < 2,71$ – $0,36 C_c$ $O_{95} < D_{85}$	$n < 60\%$ e $C_c > 7$. $n < 60\%$ e $C_c < 7$. $n < 60\%$
Lafleur (1999)	$O_f/D_1 < 1$	Solos estáveis ($C_U \leq 6$ e $D_1 = D_{85}$ nesse caso), solos com $C_U > 6$, mas com curva granulométrica linear ($D_1 = D_{50}$), nesse caso, solos descontínuos ($C_U > 6$ internamente instáveis ($D_1 = D_G$) e solos com $C_U > 6$ com curva granulométrica com concavidade voltada para cima e internamente estáveis ($D_1 = D_{30}$).

	$1 < O_f/D_1 < 5$	Solos instáveis com $D_1 = D_{30}$ para solos descontínuos internamente instáveis e para solos instáveis com curvas granulométricas com concavidades voltadas para cima (risco de migração de finos). Critério desenvolvido para solos não coesivos.
--	-------------------	--

O critério do *Federal Highway Administration* – (FHWA, 1985) foi desenvolvido por Christopher e Holtz, sendo considerado por diversos autores uma das metodologias mais completas e práticas para o dimensionamento de filtros geotêxteis.

O critério de retenção avalia, para condições de fluxo permanente, a relação entre a abertura de filtração do geotêxtil (O_{95}) e D_{85} e um função de um parâmetro B, dependente das características do solo. A Equação 2.13 apresenta esta relação.

$$O_{95} < B D_{85} \quad (2.13)$$

Para materiais como areias, areias com pedregulhos, areias siltosas e areias argilosas (que possuam menos de 50% em peso, dos grãos $< 0,075$ mm), tem-se

- Se $C_u \leq 2$ ou $C_u \geq 8 \rightarrow B = 1$;
- Se $2 \leq C_u \leq 4 \rightarrow B = 0,5/C_u$;
- Se $4 < C_u \leq 8 \rightarrow B = 8/C_u$.

Sendo C_u = coeficiente de uniformidade do solo = D_{60}/D_{10} .

Para o caso de solos finos, o método utiliza a fração granulométrica $< 4,75$ mm para a seleção do filtro geotêxtil. Com isso, para solos como siltes e argilas com mais de 50% de partículas menores que 0,075mm, o parâmetro B depende do seguinte tipo de geotêxtil:

- Para geotêxteis tecidos $\rightarrow B = 1$ e $O_{95} \leq 0,3$ mm;
- Para geotêxteis não-tecidos $\rightarrow B = 1,8$ e $O_{95} \leq 0,3$ mm;

Para condições de fluxo dinâmico, o critério recomenda que O_{95} seja menor que $0,5D_{85}$. Já os solos cujo C_u seja maior que 20 e a curva de distribuição granulométrica seja com

concavidade voltada para cima ou com solos faltando uma faixa granulométrica, são considerados com internamente instáveis.

O Critério do Comitê Francês de Geotêxteis e Geomembranas – *CFGG (1986)*, relaciona a abertura de filtração do geotêxtil obtida por peneiramento hidrodinâmico (O_f) com o valor do diâmetro equivalente do solo correspondente a 85% passando (D_{85}), às condições de contorno do meio (distribuição granulométrica, densidade e gradiente hidráulico) e à situação para o qual é empregado, ou seja, filtro trabalhando ou não como elemento drenante (SILVA, 2013). A Equação 2.14 apresenta o critério de retenção do *CFGG (1986)*.

$$O_f < C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times D_{85} \quad (2.14)$$

Em que:

C_1 é o coeficiente relativo ao gradiente hidráulico;

C_2 é o coeficiente relativo à densidade do solo;

C_3 é o coeficiente relativo a granulometria do solo;

C_4 – coeficiente relativo às funções do geotêxtil.

A Tabela 2.15 apresenta os valores de C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , bem como suas condições de aplicação.

Tabela 2.15: Valores dos coeficientes C_1 , C_2 , C_3 , C_4 e suas aplicações (JÚNIOR, 2014).

Coeficiente	Valor	Aplicação
C_1	1,00	Solos bem graduados e contínuos
	0,80	Solos uniformes e contínuos
C_2	1,25	Solos densos e confinados
	0,80	Solos fofos e desconfinados
C_3	1,00	Gradiente Hidráulico, $i < 5$

	0,80	Gradiente Hidráulico, $5 < i < 20$
	0,60	Gradiente Hidráulico, $20 < i < 40$
C₄	1,00	Uso somente para filtração
	0,38	Uso para filtração e drenagem

De acordo com Silva (2014), Giroud (1996) propôs um critério de retenção com base no coeficiente de não uniformidade do solo, definido como a razão entre os diâmetros das partículas correspondentes a 60% e 10% dos grãos passante na curva de distribuição de tamanho de partículas do solo e Mlynarek *et al.* (1993) propuseram um critério baseado no tamanho de abertura de filtração.

Segundo Urashima (2002), Lafleur (1999) criou um critério de dimensionamento para aprimorar os critérios já existentes, visto que parte destes não levam em consideração os solos com granulometria ampla. Devido a esta observação, foi proposto por ele um critério de retenção para solos problemáticos, não coesivos, com coeficientes de uniformidade maiores que 6 e que é baseado na curva granulométrica do material filtrante, assim como na condição de estabilidade interna do solo, conforme descritas na Tabela 2.14.

2.7.2 CRITÉRIO DE PERMEABILIDADE

A permeabilidade inicial do filtro deve ser maior ou igual a do solo para evitar qualquer perda de carga significativa. Sob condições normais de funcionamento, a maioria das mantas, devido à sua porosidade e pequena espessura, introduz uma perda de carga hidráulica pequena no sistema (TREJOS, 2015). Com isso, os critérios de permeabilidade propostos foram desenvolvidos na premissa de que o geotêxtil deve ser suficiente permeável, a fim impedir o desenvolvimento de pressão de água na interface solo-filtro e proporcionar em uma capacidade de fluxo adequada. A Tabela 2.16 apresenta alguns dos critérios de permeabilidade ou permissividade existentes na literatura.

Tabela 2.16: Critérios de Permeabilidade ou permissividade (Adaptado de Palmeira, 2018)

Referência	Critério	Observações
Calhoun (1972), Shoerber e Teindl (1979), Wates (1980), Giroud (1982), Carroll (1983) e Christopher e Holtz (1985)	$k_{GT} > k_S$	Fluxo estacionário em aplicações não críticas e condições de solo não severas.
Carroll (1983) e Christopher e Holtz (1985)	$k_{GT} > 10k_S$	Condições críticas e condições severas hidráulicas e de solo.
Christopher e Holtz (1985)	$k_{GT} > 100k_S$	Quando houver risco de colmatção biológica.
Departamento de transportes so Reino Unido – Corbet (1993)	$k_{GT} > 10k_S$ $k_{GT} > 100k_S$	Para geotêxtis tecidos e não tecidos finos ($t_{GT} < 2$ mm). Para não tecidos espessos ($t_{GT} < 2$ mm).
Lafleur (1999)	$k_{GT} > 20k_S$	

De acordo com Palmeira (2018), os critérios de permeabilidade e de permissividade do filtro devem analisar as condições críticas e de severidade (Tabela 2.17), da seguinte maneira:

- Para condições não críticas e menos severas, $k_{GT} > k_S$
- Para condições críticas e severas, $k_{GT} > 10k_S$
- Para possibilidade de colmatção biológica, $k_{GT} > 100k_S$

Critério de permissividade

- $\Psi \geq 0,5 \text{ s}^{-1}$ para menos de 15% em peso de partículas menores de 0075mm.

- $\Psi \geq 0,2 \text{ s}^{-1}$ para 15% a 50% em peso de partículas menores que 0,075 mm.
- $\Psi \geq 0,1 \text{ s}^{-1}$ para mais de 50% em peso de partículas menores que 0,075 mm

Tabela 2.17: Avaliação de natureza crítica ou severidade (Adaptado de Palmeira, 2018).

Natureza crítica ou não crítica da aplicação		
Item	Condição crítica	Condição não crítica
1. Risco de perda de vida e/ou dano estrutural devido à falha do dreno	Alto	Nenhum
2. Custo de reparo <i>versus</i> custo de instalação do dreno	Muito maior	Igual ou menor
3. Evidência de colmatação do dreno antes de potencial falha catastrófica	Nenhuma	Sim
Grau de severidade de aplicação		
Item	Condição severa	Condição não severa
1. Solo a ser drenado	Solos descontínuos, sujeitos a <i>piping</i> ou dispersivos	Solos bem granulados ou uniformes
2. Gradiente hidráulico	Alto	Baixo
3. Condições de fluxo	Dinâmico, cíclico ou pulsos	Fluxo permanente

2.7.3 CRITÉRIO ANTICOLMATAÇÃO

O critério anticolmatação visa garantir que a maioria das aberturas sejam grandes o suficiente para deixar passar as partículas pequenas através do filtro, de modo a que ele não colmate (MORAES FILHO, 2018).

Para condições menos críticas e menos severas, o critério de Christopher e Holtz recomenda o seguinte:

- para $C_u > 3 \rightarrow O_{95} \geq 3D_{15}$;

- Para $Cu \leq 3 \Rightarrow$ selecionar o geotêxtil com maior valor de O_{95} que atenda simultaneamente ao critério de retenção.

Recomenda-se ainda que, para as condições mais severas e críticas, sejam executados ensaios de compatibilidade, como o de Razão entre Gradientes ou Condutividade Hidráulica, dependendo da permeabilidade do solo. Estes ensaios buscam avaliar o potencial de colmatção e a capacidade de retenção de filtros geotêxteis em contato com o solo.

A Tabela 2.18 apresenta as principais considerações sobre os critérios de prevenção à colmatção, de acordo com o critério *FHWA* (1985).

Tabela 2.18: Critério de prevenção à colmatção (Adaptado de *FHWA*, 1985).

Critério	Geotêxtil	Aplicação
GR < 3	--	Severa
Porcentagem de área aberta > 4%	Tecido	Não severa
Porosidade > 30%	Não tecido	Não severa

Veylon *et al.* (2016), avaliou o desempenho de geotêxteis dos tipos tecidos e não tecidos que foram instalados com função de filtro durante dezoito anos (instalados em 1994) em valas de drenagem. Foram avaliadas suas propriedades mecânicas e hidráulicas. Foram realizados testes de razão entre gradiente, demonstrando alterações em seus valores. Vários possíveis mecanismos explicativos envolvidos na deterioração do desempenho da trincheira foram revisados: colmatção do filtro de superfície, colmatção interna e colmatção química a jusante. Os autores destacam ainda que, o principal mecanismo subjacente à diminuição do desempenho hidráulico dos filtros geotêxteis foi a formação de uma camada calcítica na face jusante dos geotêxteis.

2.7.4 CRITÉRIO DE SOBREVIVÊNCIA E DURABILIDADE

Além da condição de filtro, o geossintético deve atender um critério mínimo de durabilidade. Para isso, deve atender a condições envolvendo resistência mecânica, de agressividade do fluido percolante e do ambiente (MORAES FILHO, 2018). A Tabela

2.19 apresenta os critérios de sobrevivência do geotêxtil recomendados pela *ASTM*. De acordo com Melo (2018), os geotêxteis devem apresentar resistência à tração, deformação e resistência ao puncionamento compatíveis com as solicitações da obra, bem como devem resistir a degradações por radiação ultravioleta e químicas, garantindo assim que a estrutura do geotêxtil seja preservada durante a vida útil da obra.

Tabela 2.19: Requisitos para sobrevivência do geotêxtil (PALMEIRA, 2018).

Propriedade	Drenagem		Método de ensaio
	Alta sobrevivência (classe 2)	Sobrevivência moderada (classe 3)	
Resistência no ensaio de tração tipo <i>grab</i> (N)	700	500	<i>ASTM D4632</i>
Deformação (%)	n/a	n/a	<i>ASTM D4632</i>
Resistência da costura (N)	630	450	<i>ASTM D4632</i>
Resistência à perfuração (N)	250	180	<i>ASTM D4833</i>
Resistência ao rasgo (trapezoidal) (N)	250	180	<i>ASTM D4533</i>
Resistência ao estouro (kN/m ²)	1.300	950	<i>ASTM D3786</i>
Degradação por radiação ultravioleta	50% da resistência mantida após 500 h	50% da resistência mantida após 500 h	<i>ASTM D4355</i>

3 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

3.1 CONCEITO GERAL

De acordo com Silva (2021), uma das definições de banco de dados é que se trata de uma coleção de informações que se relacionam de modo que criem algum sentido, isto é, uma estrutura bem organizada de dados que permite a extração de informações.

Na engenharia civil, mais especificamente na engenharia geotécnica, os bancos dos dados são criados, em geral, diante da necessidade de se agrupar informações de investigações geotécnicas, como ensaios de campo e laboratório, realizadas ao longo de muitos anos, na mesma ou em diferentes áreas, para possíveis análises em projetos geotécnicos atuais e futuros. (BARBOSA, 2018)

Uma das vantagens relacionadas à criação de um banco de dados é a facilidade em acessar diferentes informação reunidas em um único lugar, fazendo assim, com que haja uma otimização de tempo em procura de informações e diversidades de dados e fatores sobre o assunto. Com isso, esta pesquisa reuniu diferentes tipos de informações sobre filtros geotêxteis, como o tipo de estudo da obra analisada, tipos de ensaios realizados, tipos de solos utilizados, tipos de geotêxteis e condições apresentadas pelo geotêxtil, que serão explicadas mais detalhadamente nos itens a seguir.

A Figura 3.1 ilustra por meio do fluxograma, as etapas que foram seguidas para a elaboração desse Banco de Dados. A Figura 3.2 apresenta já o Banco de Dados em sua versão final, que pode ser encontrada na seção de anexos desse trabalho.

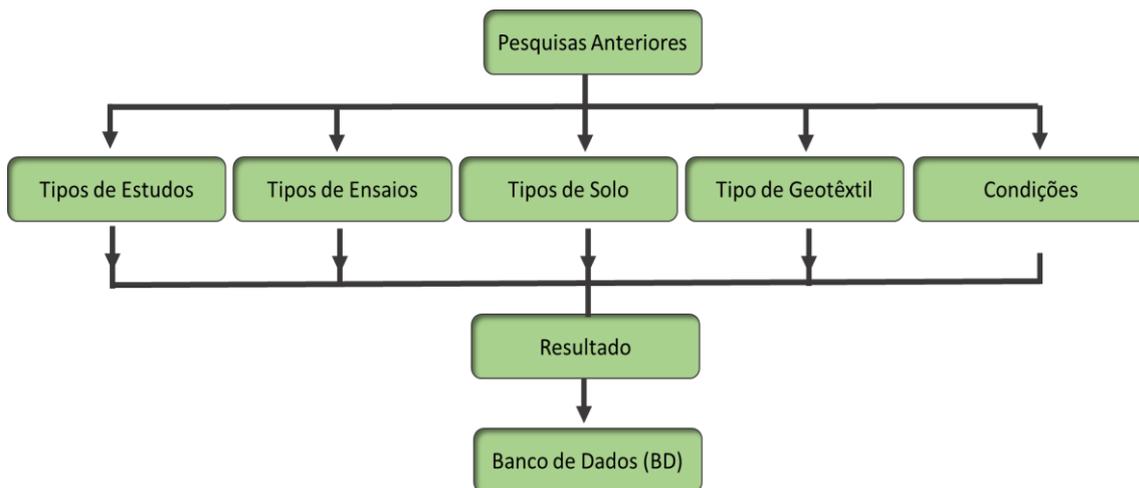


Figura 3.1: Fluxograma das etapas adotadas para a elaboração do Banco de Dados (DO AUTOR, 2021).

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
GIROUD J. P.	<i>Filter Criteria for Geotextiles</i>	1982	ANÁLISE TEÓRICA	Crítérios avaliados: permeabilidade e critério de retenção	Para todos os tipos de solo, para que assim sejam analisados os critérios necessários para aplicação.	Geotêxteis tecidos e não tecidos
<p>Resultados: Foram avaliados os critérios de retenção e permeabilidade. Segundo o autor, foram utilizados uma abordagem racional, onde foram estabelecidos critérios de filtragem para geotêxteis. Embora estes critérios possam não parecer os critérios bem conhecidos para filtros granulares, eles são provavelmente tão válidos quanto.</p>						
<p>Comentários: Neste trabalho, foram realizadas discussões acerca dos mecanismos de filtração com geotêxteis, existentes na década de 1980. Foi demonstrado a necessidade de aperfeiçoamentos nos métodos de dimensionamento utilizados para a época.</p>						

Figura 3.2: Banco de Dados em seu formato final (DO AUTOR, 2021).

3.2 TIPO DE ESTUDO

Esta etapa visa identificar e catalogar as características de cada caso de emprego de filtro geotêxtil, seja ele pertencente a um caso de obra real, ensaio de laboratório ou estudo teórico sobre o assunto. Com esses dados analisados, é possível realizar o agrupamento de diferentes tipos de utilização de geossintéticos com função de filtração, podendo, assim, correlacionar resultados de estudos laboratoriais com desempenhos reais.

3.3 TIPO DE ENSAIO

Para avaliar as propriedades físicas dos geossintéticos, nesta etapa serão verificados os diferentes tipos de ensaios realizados com os geotêxteis.

Foram estudados e analisados os valores encontrados em ensaios como de permeabilidade e permissividade, transmissividade, condutividade hidráulica, bem como valores de razão entre condutividades hidráulicas *HCR (Hydraulic conductivity ratio)* e razão entre gradientes (GR). Outro ponto importante examinado foi a influência da aplicação de tensões verticais e uma possível faixa de variação dos valores encontrados.

3.4 TIPO DE SOLO

A fim de estabelecer uma análise quanto ao tipo de solo, foram consideradas as informações obtidas quanto ao tipo de amostra de solo utilizada, como também os valores de D_{85} , D_{50} , D_{30} e D_{10} , quando estes disponíveis, que são considerados os principais valores de diâmetros para análises granulométricas de solos no que se refere ao dimensionamento de filtros. Também foi investigada a condição de estabilidade interna do solo, quanto a influência dessa condição na aplicação do geotêxtil.

3.5 TIPO DE GEOTÊXTIL

Nesta etapa foi identificado o geotêxtil utilizado em cada caso estudado, bem como, por exemplo, sua abertura de filtração, os ensaios utilizados para a determinação da abertura de filtração, espessura e afins, bem como se o geotêxtil era do tipo tecido ou não-tecido. Essas informações serão agrupadas de acordo com cada característica específica de cada material, verificando-se a sua eficiência.

3.6 RESULTADOS

Após verificar e ponderar os dados e valores encontrados nas etapas realizadas anteriormente e montagem do banco de dados, foi possível identificar possíveis problemas como, por exemplo, possibilidade de haver formação de *piping*, sinais de

colmatação do filtro e a eficiência ou ineficiência dos métodos de dimensionamento testados.

Esta etapa é também composta por comentários e sugestões relevantes ao assunto, as quais serão agregadas para um melhor funcionamento do Banco de Dados descrito anteriormente.

4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Neste capítulo serão apresentadas as principais conclusões obtidas por meio da realização desta dissertação, bem como as considerações e sugestões para trabalhos futuros.

4.1 CONCLUSÕES

O objetivo da realização desta dissertação foi produzir um banco de dados sobre desempenho de filtros geotêxteis, por meio do agrupamento de diferentes dados extraídos de casos encontrados na literatura, tanto para casos de simulações e ensaios realizados em laboratório ou em obras civis.

Foram avaliados os diferentes processos de dimensionamento que atestaram suas eficiências nos casos em que foram empregados corretamente, mostrando conformidade com os valores obtidos de ensaios e casos de obra.

Falhas encontrados na utilização dos geotêxteis foram resultado, em sua grande maioria, da ausência ou mau dimensionamento, má instalação ou disposição do geotêxtil no local e a influência do nível de tensões atuantes. Outros fatores, porém, em menores quantidades, também devem ser citados, como solos internamente instáveis, tais como argilas dispersivas.

Os efeitos produzidos pelos problemas citados no parágrafo anterior estão associados ao tamanho dos poros dos geotêxteis, perda de solo com obstrução do filtro. Vale ressaltar que todos esses problemas poderiam ser evitados com um bom projeto de filtro.

Foi analisada uma ampla gama de casos utilizando filtros geotêxteis, desde a década de 1980 até o ano de 2020. O banco de dados produzido reuniu mais de 50 casos, entre laboratoriais, casos reais de obras ou ensaios *in-situ*, gerando um volume de informações sobre diferentes ensaios realizados; dados referentes ao solo, como D_{85} , D_{50} , D_{30} , D_{10} e instabilidade interna; condições aplicadas aos geotêxteis; especificações de diferentes tipos de geotêxteis e problemas associados caso a caso. Também foram realizadas análises

pelo autor, em contexto único, de cada caso em específico, permitindo assim, uma melhor compreensão do banco de dados desenvolvido nessa dissertação.

Fatores que podem influenciar no bom desempenho do filtro podem ser considerados por meio de um bom dimensionamento, utilizando, por exemplo, os critérios de retenção de Giroud (1982), Carrol Jr (1983), Lafleur (1999); critérios de permeabilidade ou permissividade de Christopher e Hotlz (1985), Lafleur (1999) etc, devendo sempre ser avaliado a pertinência de cada método para o caso em questão. Notou-se que os métodos utilizados nos casos avaliados demonstraram serem bons para o processo de dimensionamento de filtros sintéticos em que foi empregado.

Outros fatores também importantes, como influência do nível de tensões atuantes sobre o geotêxtil e a presença de partículas de solo no seu interior, também afetaram comportamento dreno-filtrante esperado dos geotêxteis. Esse é um dos pontos que deveriam ser levados em consideração pelos critérios de dimensionamento, o que ainda não é feito.

Foram observados poucos casos de colmatação e, na grande maioria, colmatação parcial, de modo a que os filtros continuaram com boa funcionalidade, mesmo quando o filtro geotêxtil foi submetido a diferentes situações como, por exemplo, em situações críticas.

Outro ponto avaliado é sobre os testes e ensaios realizados em laboratório, que em certos casos tendem a submeter o filtro geotêxtil a situações bem mais severas e rigorosas do que aquelas que ele possa encontrar em condições reais de aplicação.

Do mesmo modo, foi visto que técnicas experimentais que simulem de maneira mais realística as condições de campo se fazem necessárias para um maior entendimento do comportamento dos geotêxteis como filtro. Situações envolvendo, por exemplo, filtros sobre camadas graúdas, filtros comprimidos e filtros tracionados, são circunstâncias que podem estar presentes em campo e que demandam maiores atenções.

É notório que, com o avanço da tecnologia, técnicas e ferramentas computacionais têm auxiliado cada vez mais o entendimento do comportamento de diferentes materiais na engenharia. Com isso, o uso de simulações numéricas, como o método dos elementos discretos, pode contribuir para o conhecimento sobre o comportamento de filtros geotêxteis, estimando assim, uma maior assertiva quanto ao filtro.

Evidencia-se na presente pesquisa que os geotêxteis são materiais que apresentam uma boa eficiência como material filtrante, mesmo quando utilizados em situações adversas. Ressalta-se ainda que os conhecimentos sobre seu comportamento têm aumentado continuamente ao longo dos anos, apresentando aperfeiçoamentos sobre seu uso em obras geotécnicas. No entanto, mais estudos são necessários para um melhor conhecimento do comportamento de tais filtros em situações críticas de utilização.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados e informações obtidas na presente dissertação, são sugeridos os seguintes tópicos a fim de complementar os estudos e análises realizadas.

- Desenvolver técnicas experimentais mais realistas em relação às situações esperadas no campo;
- Executar ensaios com diferentes tipos de geotêxteis com solos de graduação aberta;
- Ensaiar geotêxteis em diferentes tipos de solo com potencial para ocorrência de colmatação química;
- Ampliar e aprimorar as informações no banco de dados.
- Utilizar ferramentas numéricas para compreender melhor o comportamento de filtros geotêxteis.

REFERÊNCIAS

- ABBASPOUR, A.; TANYU, B. F. *Evaluate Hydraulic Compatibility of Geotextile and RCA in Underdrain Systems Under Turbulent Flow Regime*. Houston, Texas, USA, 2019.
- ABINT, Associação Brasileira Das Indústrias de Não-tecidos e Tecidos Técnicos - Manual (2010). Curso Básico de Geotêxteis. 1ª Ed.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas (2018). NBR ISO 10318-1: Geossintéticos – Termos e definições
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas (2003). NBR 12553: Geotêxteis - Terminologia.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas (2013). NBR ISO 11058: Geotêxteis e produtos correlatos - Determinação das características de permeabilidade hidráulica normal ao plano e sem confinamento.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas (2013). NBR ISO 12958: Geotêxteis e produtos correlatos - Determinação da capacidade de fluxo no plano.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas (2013). NBR ISO 12956: Geotêxteis e produtos correlatos — Determinação da abertura de filtração característica.
- ABRAMENTO, M. (1995). Durabilidade e Comportamento de Longo Prazo de Geossintéticos - Parte 11- Durabilidade dos Materiais, São Paulo - II Simpósio de Aplicações de Geossintéticos, 227-235.
- ABROMEIT, H.-U., 2002. *Revetment damage as a result of geotextile colmation by flocculated ochreous products and possible repair methods*. In: *Proceedings 7th ICG*. A. A. Balkema Publisher, Nice, France, pp. 1085e1088.
- AFNOR, *American Society for Testing and Materials* (1989). *AFNOR G 38 017: Standard Test Method for Measuring the Soil-Geotextile System Clogging Potential by the Gradient Ratio*.
- AGUIAR, L. E. R. Você Sabe o que São Geossintéticos? – Engenharia 360. Disponível em: < <https://engenharia360.com/geossinteticos/>>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2021.
- ALLEN, D.L. & FLECKENSTEIN, L.J., (1993). *Field and laboratory comparison of pavement edge drains n Kentucky*. Paper No. 93609, University of Kentucky Transportation Centre, Transportation Research Record No. 1425, TRB, National Research Council, Washington, DC, USA.
- ALKHORSHID, N. R.; ARAÚJO, G. L. S.; PALMEIRA, E. M. *Behavior of geosynthetic-encased stone columns in soft clay: Numerical and analytical evaluations*. *Soils and Rocks*, v. 41, n. 3, p. 333-343, 2018.
- ANTAS, P.M; Vieira, A. (2010). Estradas- Projeto Geométrico e de terraplanagem. Interciencia: São Paulo, 1ª ed, 261 p.

- ASTM (2017). *Standard Test Method for Measuring the Soil-Geotextile System Clogging Potential by the Gradient Ratio*. American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM (2018). *Standard Practice for Exposure and Retrieval of Samples to Evaluate Installation Damage of Geosynthetics*. American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM (2008a) ASTM D3786: *Standard Test Method for Bursting Strength of Textile Fabrics—Diaphragm Bursting Strength Tester Method*. American Society for Testing and Materials. American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM (2011) ASTM D4355: *Standard Test Method for Deterioration of Geotextiles by Exposure to Light, Moisture, and Heat in a Xenon Arc-Type Apparatus*. American Society for Testing and Materials. American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM (2015) ASTM D4533: *Standard Test Method for Trapezoid Tearing Strength of Geotextiles*. American Society for Testing and Materials. American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM (2008b) ASTM D4632: *Standard Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles*. American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM (2007) ASTM D4833: *Standard Test Method for Index Puncture Resistance of Geomembranes and Related Products*. American Society for Testing and Materials, USA.
- BARBOSA, H. T. (2018). Banco de dados geotécnico das argilas moles da Região Metropolitana do Recife (RMRecife). Universidade Federal de Pernambuco, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 303 p.
- BARRERA, M. E. O. *Correlaciones Geométricas en Suelos Internamente Inestables*. 2010. Universidad de Chile – Faculdade de ciências físicas y matemáticas, Departamento de ingeniería Civil.
- BATHURST, R.J.; MIYATA, Y.; NERHNHEIN, A.; ALLEN, A. M. (2008). *Reinforcement loads in geosynthetic walls and the case for a new working stress design method*. *Geotextiles and Geomembranes*, v.23. p. 269-295.
- BEIRIGO, E. A. Comportamento filtro-drenante de geotêxteis em barragens de rejeitos de mineração. 2005. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.
- BEZGOVŠEK, Š. et al. *Influence of Structural Parameters of Nonwoven Geotextiles on Separation and Filtration in Road Construction*. *Autex Research Journal*, v. 20, n. 4, 2020.
- BHATIA, S.K., SMITH, J.L. and CHRISTOPHER, B.R. (1996). *Geotextile Characterization and Pore Size Distribution: Part III. Comparison of Methods and Application to Design*, *Geosynthetics International*, Vol. 3, No. 3, pp. 301-328.
- BIDIM. (2021). Geotêxteis não tecidos – Casos de obra. Disponível em: < <https://bidimwavingeossinteticos.com/> >. Acesso em: 22 de julho de 2021.

- BLOND, Et al. *A Comprehensive Analysis of the Measurement Techniques used to Determine Geotextile Opening Size: AOS, FOS, O90, and 'Bubble Point'*.
- BOSCOV, M. E. G. *Geotecnia Ambiental* (2008). Oficina de textos, São Paulo, SP, 248 p.
- CARROL JR, R.G. (1983). *Geotextile Filter Criteria. Transportation Research Recorder*, Vol. 916, pp. 46-53.
- CHRISTOPHER, D. R. & FISCHER, G. R. (1992). *Geotextile filtration principles, practices and problems. Geotextiles and Geomembranes*, 11: 337-353.
- CARAPINHA, C. C. Compactação e deformabilidade de escória misturada com borracha para camada de sub-balastro ferroviário. 2021. Dissertação de Mestrado – Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia.
- CARVALHO, J. C., PALMEIRA, E. M., NETO, M. C. P., AGUIAR, L. A. (2009). Livro Comemorativo dos Vinte Anos do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília. Vol.1, Editora FT, 470 p.
- CASTRO, J.; OSTOJA-STARZEWSKI, M. *Particle sieving in a random fiber network. Applied Mathematical Modelling*, v. 24, n. 8-9, p. 523-534, 2000.
- CFGG, *Comité Français des Geotêxtils et Geomembrane (s.a). Recommandations pour l'emploi des Géosynthétiques dans les systèmes de Drainage et de Filtrations., Comité Français des Geosynthétiques*, 54 p.
- CORREIA, L. G. C. S.; EHRLICH, M.; MENDONÇA, M. B. The effect of submersion in the ochre formation in geotextile filters. *Geotextiles and Geomembranes*, v. 45, n. 1, p. 1-7, 2017.
- COSTA, C. M. L. (1999). Fluência de Geotêxteis. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP, 116 p.
- CRISTOPHER, B.R.G.; Holtz, R.D. (1985). *Geotextile engineering manual. Report number FHWA-TS-86/203. Washington, DC. Federal Highway Administration*. 1044 p.
- CHRISTOPHER, B.R. & HOLTZ, R.D., (1992). *Geotextile design and construction guidelines. Publication No. FHWA-HI-90-001, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA*.
- CRUZ, M. F., SOUZA, C. R., TOMINAGA, E., ANDRADE JÚNIOR, O. M. (2011). *Potencialidade dos geotêxteis não-tecidos. XV INIC / XI EPG – UNIVAP 2011, São José dos Campos, São Paulo, Brasil*, 6 p.
- CTG, Comitê Técnico Geotêxtil (2001). Curso Básico de Geotêxteis. Associação Brasileira das Indústrias de Não-Tecidos e Tecidos Técnicos. ABINT, Rooka'z, 1ª Ed., 95 p.

- DIAS, A. B. A. N. (2019). Aberturas de Filtração de Geotêxteis Confinados Sobre Material Granular com Uso do Ensaio de Ponto de Bolha. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 95 p.
- EMBU, EMBU GEOMEMBRANA. Geotêxteis – Tecidos e Não-Tecidos. Disponível em: < <https://embugeomembrana.com.br/geossinteticos-em-drenagem-e-filtracao/>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2021.
- FELL, R.; MACGREGOR, P.; STAPLEDON, D.; BELL, G. (2005). *Geotechnical Engineering of Dams*. Balkema, Leiden ISBN 04 1536 440 x.
- FANNIN, R., VAID, Y., SHI, Y., 1994. *Filtration behaviour of nonwoven geotextiles*. *Can. Geotech. J.* 31 (4), 555-563.
- FATEMA, N.; BHATIA, S. K. *Correlation between Capillary Flow and Dry Sieving Test Results of Woven and Nonwoven Geotextiles.*”. In: *Geosynthetics Conference, Houston, TX. 2019.*
- FATEMA, N., BATHIA, S.K. (2019). *Correlation Between Capillary Flow and Dry Sieving Test Results os Woven and Nonwoven Geotextiles, Houston, Texas, United States of America: 974-983 pp.*
- FERNANDES, G. (2005). Comportamento de Estruturas de Pavimentos Ferroviários com Utilização de Solos Finos e/ou Resíduos de Mineração de Ferro Associados a Geossintéticos. Tese (Doutorado em Geotecnia), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, 282 p.
- FERREIRA, A.C., Manta Geotêxtil Tecido e Não Tecido: quais as diferenças – geocontract (2019). Disponível em: < [69](https://www.blog.geocontract.com.br/2020/08/manta-geotextil-tecido-e-nao-tecido.html#:~:text=%2D%20Boa%20permeabilidade%3B,%2D%20Resistente%20a%20ataques%20qu%3ADmicos.&text=O%20geot%3AAxtil%20n%3A3o%20tecido%20C%3A9,ao%20rasgo%20e%20C%3A0%20pun%3A7%3A3o. />. Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.</p>
<p>FERREIRA, J.C. (2009). Estudos sobre drenagem e redução de umidade do minério de ferro de carajás com a utilização de geossintéticos. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, UnB, Brasília, DF, 108 p.</p>
<p>FISCHER, G.R., HOLTZ, R.D. & CHRISTOPHER, B.R., (1994). <i>Filtration behaviour of broadly graded, cohesionless tills. Proceedings of the 5th International Conference on Geosynthetics, Singapore, vol. 1, pp. 659-662.</i></p>
<p>FISCHER, G.R., HOLTZ, R.D. and CHRISTOPHER, B.R. (1995), “<i>Characteristics of Geotextile Pore Structure</i>”, <i>Recent Developments in Geotextile Filters and Prefabricated Drainage Geocomposites</i>, Bhatia, S.K. and Suits, L.D., Editors, ASTM Special Technical Publication 1281, proceedings of a symposium held in Denver, Colorado, USA.</p>
<p>FLEMING, I., ROWE, R., 2004. <i>Laboratory studies of clogging of landfill leachate collection and drainage systems</i>. <i>Can. Geotech. J.</i> 41 (1), 134-153.</p>
</div>
<div data-bbox=)

- FOURIE, A. B.; KUCHENA, S. M., 1995. *The influence of tensile stresses on the filtration characteristics of geotextiles. Geosynthetics International*, v. 2, n. 2, p. 455-471, 1995.
- FOURIE, A. B.; ADDIS, P. C. *Changes in filtration opening size of woven geotextiles subjected to tensile loads. Geotextiles and Geomembranes*, v. 17, n. 5-6, p. 331-340, 1999.
- FREITAS, R. A. S., (2003). Comportamento de geotêxteis como filtro em resíduos-fosfogesso e lama vermelha. Dissertação de Mestrado. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 131p. Tese de doutorado. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 180p.
- GARDONI, M. G.; PALMEIRA, E. M. *The performance of a geotextile filter in tropical soil. In: 6th International Conference on Geosynthetics, Atlanta, USA. 1998. p. 1027-1032.*
- GARDONI, M. G. A. (2000). Estudo do Comportamento Dreno-Filtrante de Geossintéticos sob Compressão. Tese (Doutorado em Geotecnia), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, 313 p.
- GARDONI, M. G.; PALMEIRA, E. M., 2002. *Microstructure and pore characteristics of synthetic filters under confinement. Geotechnique*, v. 52, n. 6, p. 405-418, 2002.
- GEOSUL GEOSSINTÉTICOS. (2021). Geotêxteis não tecidos – Tipos e aplicações em obras. Disponível em: < <https://www.geosul.eng.br/geotextil-naotecido/> >. Acesso em: 22 de julho de 2021.
- GIROUD, J.P. (1982). *Discussion on Filter Criteria for Geotextiles. Proceedings of the Second International Conference on Geotextiles*, Vol. 4, Las Vegas, NV, USA, August 1982, pp. 36-38.
- GIROUD, J.P. (1992). *Geotextile Filter Design Guide. Geosynthetics in Filtration, Design and Erosion Control*, Ed., Elsevier Applied Science, London, UK, *Proceedings of the Fifth Geosynthetic Research Institute Seminar*.
- GIROUD, J.P. (1996). *Granular Filters and geotextiles filters. Geofilters' 96*, Jean Lafleur and Andre L rollin (eds.), Montreal, Quebec, Canada, pp. 565-678.
- GIROUD, J.P., ARTIÈRES, O. (1998). *Theoretical Basis for Development of a Two-Layer Geotextile Filter. International Conference on Geosynthetics, Montreal*, (6): 1037-1044 pp.
- GIROUD, J. P. (2005). *Quantification of geosynthetic behavior. Geosynthetics International*, 12 (1), 2–27.
- GIROUD, J. P. (2010). *Development of criteria for geotextile and granular filters. 9th International Conference on Geosynthetics, Guarujá, Brasil*, 23–27.

- GOYCOCHEA, J., MONTORO, M. A., GLASTEIN, D. A., (2020). *Effects of bio clogging on leachate exposed geotextiles for filter and drainage layer construction. GeoAmericas2020 – 4th Pan American Conference on Geosynthetics*. Rio de Janeiro, Rj, Brasil.
- GONZÁLES, M. (2019). O que é acurácia? Entenda o conceito e sua importância. Disponível em: <<https://blog.idwall.co/o-que-e-acuracia/>>. Acesso em: 9 de setembro de 2021.
- GUIDA, G., ACIKEL, A. S., VECCHIA, G. D., (2021). *Modellazione della curva di ritenzione idrica dei geocompositi bentonitici. Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2021 – IARG2021*, 6p.
- HALIBURTON, T.A. & WOOD, P.D., (1982). *Evaluation of the U.S. Army Corps of Engineer gradient ratio test for geotextile performance. Proceedings of the 2nd International Conference on Geosynthetics, Las Vegas, USA, vol. 1, pp. 97-101.*
- HEIBAUM, M. *Rethinking geotextile filter design. In: 10th International Conference on Geosynthetics (10ICG), 22.-25.09. 2014 Berlin. 2014.*
- HOLTZ, R.D, CHRISTOPHER, B.R. & BERG, R.R. (1997). Geosynthetic Engineering. BiTech Publishers Ltd., Richmond, B.C., 452p.
- HOLTZ, R. D., CHRISTOPHER, B. R. & BERG, R.R. (1998). Geosynthetic design and construction guidelines. Participant Notebook. U.S. Federal Highway Administration FHWA. Washington, D.C., pp. 31-54.
- HONG, Y.-S.; WU, C.-S. *Filtration behaviour of soil-nonwoven geotextile combinations subjected to various loads. Geotextiles and Geomembranes*, v. 29, n. 2, p. 102-115, 2011
- INGOLD, T. S., MILLER, K.S. (2012). *Geotextiles handbook, 1th Edition, Mumbai, Índia, Editora The Bombay Textile Research Association*, 152 p.
- IGS. (2017). *Geosynthetics Functions. International Geosynthetics Society*. Disponível em: <<https://www.igs-uk.org/wp-content/uploads/2017/03/Functions>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.
- JOHN, N. W. (1987). *Geotextiles. Glasgow*, 267 p.
- KENNEY, T.C.; CHAHAL, R.; CHIU, E.; OFOEGBU, G.I.; OMANGE, G.N. & Ume, CA. (1984). Controlling constriction sizes of granular filters. *Canadian Geotechnical Journal*, 22: 3243.
- KENNEY, T. C.; LAU, D. (1985). *Internal Stability of granular filters. Canadian Geotechnical Journal*, 215-225.
- KHAN, M. W.; DAWSON, A. R.; MARSHALL, A. M. A dynamic gradient ratio test apparatus. *Geotextiles and Geomembranes*, v. 46, n. 6, p. 782-789, 2018.

- KIM, K.-H., PARK, N.-H., KIM, H.-J. & SHIN, J.-H. (2020). *Modelling of hydraulic deterioration of geotextile filter in tunnels drainage system. Geotextiles and Geomembranes*, 48, 210-219.
- KOERNER, R.M., KOERNER, G.R., FAHIM, A. & WILSON-FAHMY, R.F., (1994). *Long-term performance of geosynthetics in drainage applications. Report 367, NCHRP, Transportation Research Board, Washington, DC, USA.*
- KOERNER, R. M. (2012). *Designing with geosynthetics*. Vol 1, 6th Edition, Nova Jersey, 508 p.
- KOERNER, R. M. (2012). *Designing with geosynthetics*. Vol 2, 6th Edition, Nova Jersey, 914.
- KOERNER, R. M. & KOERNER, G. R. (2015). Lessons learned from geotextile filter failures under challenging field conditions. *Geotextiles and Geomembranes*, 43(3), 272–281.
- KOPITAR, D.; SKENDERI, Z.; RUKAVINA, T. *Impact of calendaring process on nonwoven geotextiles hydraulic properties. Textile research journal*, v. 84, n. 1, p. 66-77, 2014.
- LAFLEUR, J. (1999). *Selection of geotextiles to filter broadly graded cohesionless soils. Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 17, pp. 299-312.
- LAWSON, C.R. (1982). *Filter criteria for geotextiles: Relevance and use. Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 108, GT10, American Society of Civil Engineers.
- LEE, I.-M., KIM, J.-H & REDDY, L.N., (2002). *Clogging phenomena of the residual soil-geotextile filter system. Geotechnical Testing Journal*, 25, No. 4, 1-12.
- LIMA, M.J. (2014). Utilização de geotêxtil não tecido como elemento constituinte de barreiras capilares. Tese de Doutorado, Publicação GTD - 095/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 128 p.
- LIMA JÚNIOR, J. C., (2014). Estudo do desempenho de barreiras de geotêxtil para contenção de sedimentos carreados pelo escoamento superficial. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, SP, 130 p.
- LIU, Y.; LIU, J. *The BioChemical Clogging of Landfill Leachate Collection System: Based on Laboratory Studies. International journal of environmental research and public health*, v. 17, n. 7, p. 2299, 2020.
- LUETTICH, S. M.; GIROUD, J. P.; BACHUS, R. C. *Geotextile filter design guide. In: Geosynthetics in Filtration, Drainage and Erosion Control*. Elsevier, 1992. p. 19-34.
- MACCAFERRI – MacGrid® AR. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br/produtos/geogrelhas-macgrid/macgrid-ar/>>. Acesso em: 5 de novembro de 2021.

- MANTAS BRASIL – Geocomposto 2L-G. Disponível em: <
<https://www.mantasbrasil.com.br/geotextil/geocomposto-drenante/geocomposto-2l-g/>>. Acesso em: 5 de novembro de 2021.
- MARKIEWICZ, A., KIRAGA, M. & KODA, E. (2022). *Influence of physical clogging on filtration performance of soil-geotextile interaction. Geosynthetics International*, Ahead of Print Version. DOI 10.1680/jgein.21.00033
- MELO, D. L. A. (2018). Avaliação da abertura de filtração de Geotêxteis não tecidos sob diferentes esforços Solicitantes. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 99 p.
- MLYNAREK, J., 1998. *Designing geotextile filters part 1: soil filtration. In: 51st Canadian Geotechnical Conference*, pp. 499-505.
- MISZKOWSKA, A.; KRZYWOSZ, Z.. *Evaluation of soil-geotextile filtration behaviour using the gradient ratio test. In: Proceedings of the 25th International PhD Students Conference*. 2018. p. 07-08.
- MISZKOWSKA, A. et al. *Laboratory tests of the influence of clogging on the hydraulic properties of nonwoven geotextiles. In: The International Congress on Environmental Geotechnics. Springer, Singapore, 2018. p. 686-691.*
- MISZKOWSKA, A. et al. *Laboratory tests of the influence of clogging on the hydraulic properties of nonwoven geotextiles. In: The International Congress on Environmental Geotechnics. Springer, Singapore, 2018. p. 686-691.*
- MORAES FILHO, I.P. (2018). Avaliação da abertura de filtração de geotêxteis sob diferentes condições de solicitação mecânica. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 142p.
- MUÑOZ, C. S.; (2005). Desempenho de geotêxteis na filtração de solos internamente instáveis. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infra-estrutura Aeronáutica, Área de Infraestrutura Aeroportuária- Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, SP, 119 p.
- NICOLATO, L. (2019). Geotêxtil como elemento de separação em pavimentos ferroviários. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 117 p.
- NIEC, J. ZAWADZKI, P. & NOWACKI, F., (2019). *Small dam drainage with nonwoven geotextile after 40 years of exploitation. Applied Sciences*, 9, 4161. doi:10.3390/app9194161.
- ORTIZ, C. A. H. (2012). Desempenho de geotêxteis na filtração de suspensões água-solo. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Geotécnia. 140p.
- PAIVA, C.E.L. (2016). Super e Infraestrutura de ferrovias. Campus: São Paulo, 1ª ed, 308 p.

- PALMEIRA, E. M. & FANNIN, R. J. (1998). *A methodology for the evaluation of geotextile pore opening sizes under confining pressure. Geosynthetics International*, 5 (3), 447–357.
- PALMEIRA, E.M. & MATHEUS, E., (2000). *Gradient ratio tests on artificially clogged nonwoven geotextiles. Proceedings of Filters and Drainage in Geotechnical and Environmental Engineering, Wolski & Mlynarek (editors), Balkema, ISBN 90 5809 1465, vol. 1, pp. 149-156.*
- PALMEIRA, E. M., FANNIN, R.J. (2002). *Soil geotextile compatibility in filtration, 7 ICG-Nice 2002, France, 853-870 pp.*
- PALMEIRA, E. M. (2003). Fatores Condicionantes do Comportamento de Filtros Geotêxteis. 4º Simpósio Brasileiro de Geossintéticos. Porto Alegre, 21 p.
- PALMEIRA, E. M.; BEIRIGO, E. A.; GARDONI, M. G. *Tailings-nonwoven geotextile filter compatibility in mining applications. Geotextiles and Geomembranes*, v. 28, n. 2, p. 136-148, 2010.
- PALMEIRA, E. M. (2015). Notas de Aula – Filtros Geotêxteis. Universidade de Brasília- Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (PPGG) UnB. Brasília, Distrito Federal. 18 p.
- PALMEIRA, E. M.; TREJOS GALVIS, H. L. *Opening sizes and filtration behaviour of nonwoven geotextiles under confined and partial clogging conditions. Geosynthetics International*, v. 24, n. 2, p. 125-138, 2017.
- PALMEIRA, E. M.; TREJOS GALVIS, H. L. *Evaluation of predictions of nonwoven geotextile pore size distribution under confinement. Geosynthetics International*, v. 25, n. 2, p. 230-241, 2018.
- PALMEIRA, E. M. (2018). Geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente. Oficina de textos, São Paulo, SP, 294 p.
- PALMEIRA, E.M. (2018). Notas de Aulas.
- PALMEIRA, E. *A review of some factors influencing the behaviour of nonwoven geotextile filters. Soils Rocks*, v. 43, p. 351-368, 2020
- PINTO, A. E. S. (2005). Aplicação de Geossintéticos em Linhas-Férreas Estudo Laboratorial dos Fenómenos de Danificação Durante a Instalação e Abrasão nos Materiais. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto 203 p.
- RAYMOND, G.P. & BATHURST, R.J., (1993). *Premanufactured drainage system effectiveness on Ontario Highway 402 near Strathroy. Report to Ministry of Transportation of Ontario, Canada*, 30 p.
- RIGO, J. M., LHOTE, E, ROLLIN, A. L., MLYNAREK, J., AND LOMBARD, G. (1990). *Influence of Geotextile Structure on Pore Size Determination, Geosynthetics: Microstructure and Performance, ASTM STP 1076, I. D. Peggs, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia*, pp. 90-101.

- ROSETO, A.J.C.P (2010). Durabilidade de geossintéticos em obras ferroviárias – abrasão e DDI. Universidade do Porto 136p.
- SANTOS, C. T. (2004). Influência do desempenho de filtros têxteis na estabilização de solos coluviais. 2004. Tese de Doutorado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica.
- SANTOS, J.C.S. (2019). Estudo dos tipos de drenagem na ferrovia norte-sul no trecho de santa rita a gurupi – TO. Universidade de Gurupi. 22p.
- SANTOS, L.F. (2011). Utilização de geotêxtil como elemento de separação, filtração e drenagem em malha ferroviária - Uruguai. Departamento Técnico de Atividades Bidim, 7 p.
- SAXENA, S. K., HSU, T. S. (1986). *Permeability of geotextiles included in railroad bed under repeated load. Geotextiles and Geomembranes*, 4, pp. 31-51.
- SILVA, J.L.V. (2013). Estudo de filtro aplicado ao controle de erosão interna em barragens. Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Programa de Pós-Graduação em Geotécnia. 181p.
- SILVA, A.M., (2014). Abertura de filtração de geotêxteis sob confinamento. 2014 Dissertação de mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.
- SILVA, D.S. (2016). Colmatação Biológica de Geotêxteis. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Geotécnia. 126p.
- SILVA, D. (2021). Banco de dados. Disponível em: < <https://www.estudopratico.com.br/banco-de-dados/>>. Acesso em: 1 de novembro de 2021.
- SOUSA, R. A. M. (2011). Ferramenta numérica para dimensionamento de filtros geotêxteis. Universidade de Aveiro, Portugal, 173p.
- SPADA, J. L. G., (1991). Ensaio de Filtração em Solos com Geotêxteis. Tese de Doutorado. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 180p.
- TATTO, J. (2010). Comportamento filtrante de geotêxteis não-tecidos sob diferentes condições de apoio. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 200 p.
- TAVARES, P. J. F. (2009). Reforço de Substrutura de Vias Férreas com Geossintéticos. Universidade do Porto 84p.
- TREJOS, H. L. (2016). Avaliação da abertura de filtração de geotêxteis sob confinamento e parcialmente colmatados. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-263/16, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 142 p..
- URASHIMA, D. C., (1996). Dimensionamento de filtros têxteis por teoria probabilística. Dissertação de Mestrado. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de

- Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, SP, 116 p.
- URASHIMA, D. C., (2002). Simulação do processo de retenção de partículas por filtros têxteis. Tese de Doutorado. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, SP, 199 p.
- VERTEMATTI, J.C. (2001). Curso básico de geotêxteis, ABINT, São Paulo, SP, pp.7-49.
- VERTEMATTI, J.C. (2014). Manual Brasileiro de Geossintéticos – MBG. 2ª Ed. Editora Blucher. São Paulo, São Paulo, Brasil, 570 p.
- VERTEMATTI, J.C. (2010). Associação Brasileira Da Indústrias de Não-Tecidos e Tecidos Técnicos.
- VEYLON, G., STOLTZ, G.; MÉRIAUX, P.; HENRFAURE, Y.H; TOUZE-FOLTZ, N., (2016). *Performance of geotextile filters after 18 years' service in drainage trenches. Geotextiles and Geomembranes 44, 2016. Elsevier. pp.515-533*
- VIDAL, D., (1992). Propriedades hidráulicas dos geotêxteis – Condições críticas de filtração e drenagem, I – Sem. Sobre Aplicações de Geossintéticos à Geotecnia, Brasília, 9 a 11 nov., pp. 78-92.
- VIDAL, D., URASHIMA, D. C., (1999). O conceito de fatores de redução aplicados às propriedades dos geossintéticos, 3º Simpósio Brasileiro de Geossintéticos, Rio de Janeiro.
- VILAR, O.M. (2014). Manual Brasileiro de Geossintéticos – MBG. 2ª Ed. Editora Blucher. São Paulo, São Paulo, Brasil, 570 p.
- WU, C. S. *et al.* *Soil-nonwoven geotextile filtration behavior under contact with drainage materials. Geotextiles and Geomembranes*, v. 24, n. 1, p. 1-10, 2006.

I. ANEXOS

I.1 BANCO DE DADOS

Tabela A.1: Banco de Dados (DB)

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
GIROUD J. P.	<i>Filter Criteria for Geotextiles</i>	1982	ANÁLISE TEÓRICA	Critérios avaliados: permeabilidade e critério de retenção	Para todos os tipos de solo, para que assim sejam analisados os critérios necessários para aplicação.	Geotêxteis tecidos e não tecidos
<p>Resultados: Foram avaliados os critérios de retenção e permeabilidade. Segundo o autor, foram utilizados uma abordagem racional, onde foram estabelecidos critérios de filtração para geotêxteis. Embora estes critérios possam não parecer os critérios bem conhecidos para filtros granulares, eles são provavelmente tão válidos quanto.</p>						
<p>Comentários: Neste trabalho, foram realizadas discussões acerca dos mecanismos de filtração com geotêxteis, existentes na década de 1980. Foi demonstrado a necessidade de aperfeiçoamentos nos métodos de dimensionamento utilizados para a época.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
LAWSON, C.R.	<i>Filter criteria for geotextiles: Relevance and use.</i>	1982	ANÁLISE TEÓRICA	Critérios avaliados: permeabilidade e critério de retenção	Para todos os tipos de solo, para que assim sejam analisados os critérios necessários para aplicação.	Geotêxteis tecidos e não tecidos

Resultados: As principais vantagens dos filtros geotêxteis em relação aos granulares são que os primeiros apresentam desempenho comparável, propriedades consistentes, facilidade de colocação e maior economia. O autor estima o tempo para a estabilização da ponte de partículas do solo de base retendo partículas de grão fino até quatro ou cinco meses após a instalação do geotêxtil.

Comentários: O autor discute a relevância e uso de critérios de filtro para geotêxteis. Destaca ainda que a função do geotêxtil na aplicação do filtro unidirecional é principalmente atuar como catalisador na formação de um filtro de solo estável a partir do solo-mãe *in situ*. É apresentada uma relação entre a permeabilidade à água do geotêxtil ($l/m^2/s$) necessária para uma altura de 10 cm e o tamanho de poro indicativo do geotêxtil. O artigo apresenta discussões sobre vários critérios de filtro, com ênfase particular no critério de retenção de filtro

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
HALIBURTON, T.A. & WOOD, P.D.	<i>Evaluation of the U.S. Army Corps of Engineer gradient ratio test for geotextile performance</i>	1982	ENSAIO LABORATORIAL	Razão entre Gradientes (GR)	Solos classificados como lacunas foram produzidos pela mistura de areia de Ottawa e loess de silte de Vicksburg com teores de lodo em peso variando entre 0 e 80%. O D_{85} do solo variou entre 0,6 mm a 0,85 mm	Seis geotêxteis (tecidos e não tecidos) foram testados com tamanhos de abertura equivalentes (EOS, peneiramento seco) variando entre 0,15 mm e 0,425 mm e porcentagem de área aberta (POA) no caso dos produtos tecidos entre 1% e 30%.

Resultados: Cinco dos geotêxteis testados ultrapassaram o valor limite GR de 3 para percentagens variáveis de lodo (entre 0% e 60%, dependendo do geotêxtil considerado). Observou-se que o aumento significativo do teor de silte no solo base ocorreu apenas nos 6 mm acima do filtro geotêxtil. Para valores de GR menores ou iguais a 3, um ligeiro aumento (menos de uma ordem de grandeza) no coeficiente de permeabilidade do sistema solo-geotêxtil foi observado para acompanhar a perda de solo. Para um dos geotêxteis agulhados testados notou-se que o fluxo ocorreu através dos orifícios das agulhas mesmo quando as outras porções dos geotêxteis estavam entupidas com lodo.

Comentários: Uma razão de gradiente do sistema de 1 foi usada para baixa porcentagem de lodo e maior que 10 para altas porcentagens de lodo e os valores de GR foram determinados após 24 horas de teste. Os autores notaram aumentos significativos em GR devido a novos aumentos no teor de silte quando os valores de GR já estavam próximos de 3. Um gráfico relacionando o POA de geotêxteis tecidos com a quantidade de fração de silte no solo de grau de lacuna para um valor de GR igual a 3 é apresentado, o que mostra que para um teor de 70% de lodo no solo base com gradação, o POA requerido correspondente (para GR = 3) seria da ordem de 23%. Os autores afirmam que não houve relação entre a resistência ao entupimento do geotêxtil e a EOS do geotêxtil.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
SPADA, J. L. G.	Ensaio De Filtração Em Solos Com Geotêxteis	1991	TESE - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de filtração de longa duração em amostras permanentes submersas; Razão entre gradientes, pH da água, condutância elétrica e turbidez. Critérios de retenção analisados: CFDD, FHWA, IRIGM/EPM (Universidade de Grenoble e Escola Politécnica de Montreal), GIROUD, CÓDIGO ALEMÃO, MLYNAREK.	Areia média de São Francisco com permeabilidade de $20 \cdot 10^{-4}$ m/s, solo de arenito caiuí e solos da unidade cenozóica	Geotêxtil não tecido de polipropileno termoligado de 0.41 mm de espessura. $D_w = 240 \mu\text{m}$, $D_{90} = 250 \mu\text{m}$; geotêxtil não tecido de poliéster agulhado de 0.40 mm de espessura, permeabilidade de $6,4 \cdot 10^{-2}$ m/s e $D_{95} = 400 \text{ mm}$; e geotêxtil tecido de 3.9 mm de espessura, com permeabilidade de $2,2 \cdot 10^{-3}$ m/s e $D_{15} = 750 \text{ mm}$

Resultados: Os valores de GR, ao longo do ensaio, mantiveram-se em torno de 1,0 para o ensaio com solo Caiuá e próximos a 1,6 para o ensaio com solo Cenozóico. O único critério de retenção que concordou integralmente com os resultados de ensaios foi o proposto em conjunto IRIGM/EPM. Já o critério do Comitê Francês de Geotêxteis e Geomembranas CFGGI distanciou-se inteiramente dos resultados obtidos. Os demais critérios não coincidiram com os valores obtidos nos ensaios realizados, pelo menos em dois dos três geotêxteis estudados.

Comentários: Foram realizados 18 ensaios de filtração. Os resultados obtidos indicaram bom desempenho dos geotêxteis. A comparação dos resultados de ensaios com os critérios da literatura, de seleção de filtros de geotêxteis revelou que os mesmos foram conservadores, em que somente um único critério, dos seis considerados, foi capaz de prever a boa performance de todos geotêxteis nos diferentes ensaios efetuados nesta pesquisa. Ressalta-se também que cuidados especiais devem ser tomados para evitar o surgimento de sedimentos ferruginosos na água em ensaios de filtração de longa duração. O desempenho dos filtros geotêxteis empregados foi bom tanto no que se refere à capacidade de drenagem da água como na filtração das partículas.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
LUETTICH <i>et al.</i>	<i>Geotextiles Filter design Guide</i>	1992	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - GUIA	Ensaio de retenção; permeabilidade, anticlmatação, sobrevivência e durabilidade.	Todos os tipos de solo	Geotêxteis Tecidos e não tecidos

Resultados: Para solos de granulação grosseira, as altas pressões de confinamento tendem a aumentar a densidade relativa do solo, aumentando assim a resistência à movimentação de partículas. Isto afeta a seleção de critérios de retenção. Para solos de grãos finos, as altas pressões de confinamento diminuem a condutividade hidráulica do solo (ks), e aumentam o potencial de o solo passar através do filtro geotêxtil. O gradiente hidráulico (is) irá variar dependendo da aplicação do filtro. Avaliaram-se também outras considerações que devem ser abordadas no projeto do filtro geotêxtil: - a estrutura geotêxtil; a intrusão do geotêxtil na camada de drenagem; extrusão do solo de grãos finos através do geotêxtil quando submetido a altas pressões confinantes; abrasão do geotêxtil devido à ação dinâmica; contato íntimo do solo e do geotêxtil;

Comentários: Foram estabelecidas algumas etapas para a escolha do filtro geotêxtil: Definir os requisitos do filtro de aplicação

Definir condições de contorno

Determinar os requisitos de retenção do solo

Determinar os requisitos de permeabilidade geotêxtil

Determinar os requisitos anticcolmatação

Determinar os requisitos de capacidade de sobrevivência

Determinar os requisitos de durabilidade

Diversas considerações de projeto

Selecione um filtro geotêxtil

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
KOERNER <i>et al.</i>	<i>Long-term performance of geosynthetics in drainage applications</i>	1994	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	Ensaio de retenção; permeabilidade, anticcolmatação, sobrevivência e durabilidade.	Diferentes misturas de frações de solo de granulação fina e grossa	Geotêxteis Tecidos e não tecidos

Resultados: Partículas em suspensão passaram pelo filtro geotêxtil e se acumularam no núcleo dos geocompósitos. A falta de técnicas de construção e manutenção adequadas também foi a razão para o baixo desempenho do filtro em um número significativo de casos. se os problemas relacionados à construção e manutenção fossem eliminados, apenas 4 dos 91 (4,4%) casos históricos seriam considerados situações inaceitáveis, o que é considerado um excelente registro de desempenho.

Comentários: Os autores descrevem 91 casos de geossintéticos e solos que foram exumados para testes. A maioria dos casos envolveu a realização de drenos de borda de rodovias e alguns casos de filtros para controle de erosão de paredes geotêxteis. A maioria dos problemas estava relacionada aos drenos de borda de geocompósitos pré-fabricados, devido à falta de contato íntimo entre seu filtro geotêxtil e o solo. O estudo também recomenda o uso do método de design FHWA (Christopher e Holtz, 1992).

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
FISCHER <i>et al.</i>	<i>Filtration behaviour of broadly graded, cohesionless tills.</i>	1994	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	Razão entre gradientes (GR).	Dois solos amplamente graduados. O solo MUK1 (SM-SC de acordo com <i>USCS</i>) teve um D_{85} de 27 mm, D_{50} de 0,15 mm, D_{10} de 0,0105 mm e $C_u = 43$ e o solo OLY1 (SM de acordo com <i>USCS</i>) teve um D_{85} de 14 mm, D_{50} de 0,6 mm, D_{10} de 0,048 mm e $C_u = 21$	4 geotêxteis (polipropileno ou poliéster, 3 não tecidos com diferentes processos de fabricação e um tecido), com MA entre 213 g/m ² e 281 g/m ² , valores AOS entre 0,08 mm e 0,21 mm e coeficientes de permeabilidade entre 0,00014 m/s e 0,0056 m/s (não tecido de poliéster perfurado com agulha).

Resultados: Os autores não apresentaram valores de razão de gradiente (GR) por não serem conclusivos. Reduções do coeficiente de permeabilidade da espessura inferior de 25 mm do sistema solo-geotêxtil (incluindo o geotêxtil) entre 85% e 94% (razões dos coeficientes de permeabilidade no início e no final do teste entre 6,5, para o geotêxtil com AOS de 0,21 mm e 16,6, para AOS de 0,08mm) para os sistemas com solo MUK1 e entre 68% e 76% (razões dos coeficientes de permeabilidade no início e no final do ensaio entre 3,13, para AOS de 0,08 mm, e 4,17, para AOS do geotêxtil com AOS de 0,12 -0,21 mm) para sistemas com solo OLY1. Essas reduções são para os coeficientes de permeabilidade da região que compreende 25 mm de solo e do geotêxtil. Os resultados de redução das porosidades dos geotêxteis indicam níveis muito baixos de impregnação dos geotêxteis ($\lambda < 1$), o que sugere o cegamento como principal mecanismo de colmatação.

Comentários: Foram realizados testes de razão de gradiente com durações de teste entre 600 e 1500 horas. Ambos os solos são suspeitos de serem internamente instáveis, de acordo com dois critérios disponíveis. As amostras de solo foram preparadas em estado solto com compactações relativas variando de 69% a 77% e 77% a 81% para solos MUK1 e OLY1, respectivamente. O autor afirma que foi observada capacidade de retenção adequada para todos os geotêxteis e solos testados e que alguma colmatação foi observada, mas o grau de entupimento e seu efeito no desempenho de cada filtro geotêxtil não puderam ser facilmente quantificados.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
FOURIE & KUCHENA	<i>The Influence Of Tensile Stresses On The Filtration Characteristics Of Geotextiles</i>	1995	LABORATORIAL	Teste de fluxo, ensaio sob tração	Areia grossa e bem graduada com uma condutividade hidráulica saturada de 1×10^{-4} m / se um teor de finos de 4%.	Geotêxteis não tecidos agulhados de polietileno, tecidos de polipropileno e tricotados de polipropileno de alta densidade. Suas gramaturas são de 282, 200 e 150 g/m ² , respectivamente.
<p>Resultados: Para os critérios de retenção analisados o geotêxtil tecido não satisfaz os critérios de Giroud (1982) e de Carrol (1983). Os geotêxteis não tecidos não atenderam somente ao critério de Christopher e Holtz (1985) e os tricotados atenderam a todos. Dois problemas diferentes relacionados ao efeito das tensões de tração nas características de permeabilidade e retenção de geotêxteis foram identificados: O uso de geotêxteis não tecidos e tecidos mostrou diminuições muito dramáticas na taxa de fluxo com aumentos relativamente pequenos na tensão de tração. No primeiro, uma aplicação em que solo colocado hidraulicamente é retido por uma barreira geotêxtil foi considerada problemática do ponto de vista da retenção de partículas. As deformações fora do plano resultaram em perda de partículas significativamente maior do que a observada para amostras sem tensão. As tensões de tração de menos de 3% da resistência à tração final do geotêxtil resultaram em diminuições na taxa de fluxo de até 80% em comparação com os espécimes sem tensão.</p>						
<p>Comentários: Os critérios de retenção analisados foram: Giroud (1982), Carroll (1983), Christopher e Holtz (1985) De acordo com os autores, os atuais critérios de retenção de geotêxteis foram adequados para aplicações desta natureza. Citam também que é necessário a realização de testes de desempenho com diferentes situações.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
URASHIMA. D. C.,	Dimensionamento De Filtros Têxteis Por Teoria Pro Balística	1996	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de peneiramento hidrodinâmico; filtração em suspensão; Razão entre gradientes, retroanálises e dimensionamento probabilístico.	Pó de pedra de Arujá, São Paulo.	Geotêxtil não tecido agulhado de filamentos contínuos de poliéster, com espessuras variando entre 1.33 e 3.67 mm, porosidade entre 91.4 e 92.8%, gramaturas entre 157 e 397 g/m ² ; Geotêxtil não tecido agulhado de fibras curtas de polipropileno com espessuras variando entre 0.93 e 2.28 mm, porosidade entre 84.1 e 88.9%, gramaturas entre 135 e 326 g/m ²

Resultados: Não houve passagem de material de base através do filtro, exceto quando se atingiu gradiente maior ou igual a 1.50. Todos os geotêxteis utilizados atenderam ao critério de retenção do CFGG. Para os geotêxteis finos, é possível prever o valor da distância entre confrontos e a curva de distribuição de poros, quando avaliadas as propostas de SILVEIRA E GOURC.

Comentários: Foram realizadas avaliações entre os métodos de dimensionamento tradicionais e realizados também pelo método probabilístico, que foi o foco da pesquisa. Ao realizar retroanálises, comparando com curvas teóricas de Gourc (1982), os resultados se mostraram promissores e permitiram fazer a utilização do método de dimensionamento de filtros por teoria probabilística.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
GARDONI & PALMEIRA	<i>The Performe Of A Geotextile Filter In Tropical Soil</i>	1998	LABORATORIAL	Permeabilidade teste de filtração, análises químicas e microscópicas	Areia residual de quartzito., com coeficiente de permeabilidade de 8.10^{-3} cm/s; Densidade das partículas de 2.71 e índice de vazios de 0.33.	Geotêxtil não-tecido agulhado de poliéster, com FOS (mm) de 0.130, AOS (mm) 0.12-0.21, t_{GT} (mm) 2.2, k_n (cm/s) de 0.55.
Resultados: A permeabilidade do geotêxtil reduziu cerca de 70 % de seu valor original. O ensaio de filtração indicou permissividade do geotêxtil de 0.15 s^{-1} .						
Comentários: Foram exumadas algumas amostras de geotêxteis que foram utilizadas como sistema de filtro/dreno durante 10 anos. Concluiu-se que o dreno ainda apresentava boas condições de funcionamento com este material. A análise das condições dos poros geotêxteis após 10 anos em operação mostrou que uma grande quantidade de poros livres ainda estava disponível.						
Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
PALMEIRA & FANIN	<i>A Methodology For The Evaluation Of Geotextile Opening Sizes Under Confining Pressure.</i>	1998	LABORATORIAL	Tamanhos de aberturas de poros de geotêxteis sob pressão de confinamento	Dois misturas de esferas de vidro mal graduadas chamadas de materiais A (de 20 a $90 \mu\text{m}$) e B (40 a $200 \mu\text{m}$.) e um solo bem graduado, chamado de Material C (areia siltosa, com partículas subangulares, D_{15} : $5 \mu\text{m}$, D_{50} : $158 \mu\text{m}$, D_{85} : $251 \mu\text{m}$, G_s 2.65 e $C_u = 105$)	Três tipos de geotêxteis de poliéster não tecidos agulhados. Geotêxtil 1: M_A : 180 g/m^2 , t_{GT} : 1.9, FOS: 140, k_{Ir} (cm / s): 0.70; Geotêxtil 2: M_A : 300 g/m^2 , t_{GT} : 2.7, FOS: 110, k_{Ir} (cm / s): 0.63; Geotêxtil 3: M_A : 600 g/m^2 , t_{GT} : 5.6, FOS: 60, k_{Ir} (cm / s): 0.28.

Resultados: Testes usando pressão de confinamento inferior a 25 kPa indicam que o O95 para geotêxteis relativamente pouco espessos, com aberturas de poros caracteristicamente maiores, é sensível ao valor da pressão imposta. Notou-se pouca dependência para qualquer um dos geotêxteis em pressões de confinamento entre 25 e 200 kPa e que todos os três Geotêxteis convergiram para um valor semelhante de O95, nos casos de pressões de confinamento mais altas. Sob inspeção visual usando um microscópio, os poros aparecem como vazios tubulares regulares através de uma estrutura de poros tridimensional complexa.

Comentários: Método de teste não se destina a replicar o comportamento de campo; em vez disso, é considerado um teste índice para avaliar a influência da tensão de confinamento no tamanho da abertura dos poros. Devido a quantidade limitada de dados disponíveis, algumas das conclusões deste trabalho devem ser consideradas em uma base preliminar.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
FOURIE & ADDIS	<i>Changes in Filtration opening size of woven geotextiles subjected to tensile loads</i>	1999	LABORATORIAL	Peneiramento hidrodinâmico modificado no qual o geotêxtil é submetido a uma carga de tração; Abertura de filtração peneiramento a seco ASTM D 4751-87	Areia fina, sem maiores informações	Geotêxtil tecido de polipropileno, tendo uma massa por unidade de área de 210 g/m ² e uma espessura média de 0,91 mm. As resistências à tração nas direções da urdidura e da trama eram de 45 e 24 kN/m, respectivamente.

Resultados: Nas análises realizadas, o FOS reduz de aproximadamente 0,82 mm no caso de um geotêxtil não tensionado, para cerca de 0,59 mm para o geotêxtil sujeito a uma carga de tração de 2,06 kN/m. Cargas de apenas 10% da resistência mínima à tração do geotêxtil causaram uma redução no tamanho da abertura de filtração de cerca de 28%. O geotêxtil mais espesso tinha filamentos que tendiam a engrossar e, assim, aumentar durante o carregamento, resultando em um fechamento das aberturas do geotêxtil, enquanto o geotêxtil menos espesso tinha filamentos que se alongavam e estreitavam durante o carregamento, causando um aumento no tamanho dos poros.

Comentários: Nesta pesquisa, foi apresentada uma técnica de peneiramento hidrodinâmica modificada na qual o geotêxtil é submetido a uma carga de tração e essa carga pode ser uniaxial ou biaxial.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
COSTA, C. M. L.	Fluência De Geotêxteis	1999	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Fluência confinada e não confinada;	Areia preparada por peneiramento, extraída no porto de areia Munhoz, em São Paulo. Material constituído de 65% de areia grossa e 35% de areia média. valores de $e_{max} = 0.840$ e $e_{min} = 0.533$	Geotêxteis não tecidos agulhados; do tipo poliéster e polipropileno

Resultados: A fluência do geotêxtil de poliéster foi bem menor que do geotêxtil de polipropileno; o confinamento reduziu as deformações ao longo do tempo para o geotêxtil. considerando uma pressão aplicada de 50 kpa, a taxa de deformação foi de até 2,8 vezes menor em relação à não confinada; para os ensaios confinados com modificações representando lama, o processo provocou impregnação do geotêxtil, embora não tenham alterado a fluência.

Comentários: Problemas relacionados a atrito nas interfaces solos-geotêxteis. Foram realizados ensaios alternativos retirando o solo e envolvendo o geotêxtil que apresentaram bons resultados, comprovando a redução da fluência em relação aos ensaios não confinados

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
GARDONI, M.G.A.,	Estudo do Comportamento do Dreno-Filtrante de Geossintéticos sob Compressão.	2000	TESE - ENSAIO LABORATORIAL E CASO DE OBRA	Impregnação do geotêxtil, transmissividade, permissividade, porometria, peneiramento hidrodinâmico, ensaios de filtração sob tensão tipo razão de gradientes, com tensões de contenção, variando de 20 a 550 kPa.	Areia média uniforme (SA), Areia fina amarela (SB), Rejeito da mineração (SC), Quartzito vermelho da lateral de um dreno (SD-L), Quartzito vermelho do topo do dreno (SD-T), Areia fina branca (SE), Argila quartzosa vermelha (SF), Argila vermelha (SJ), Areia rosada (SK), Areia rosada fina (SL) e esferas de vidro (SG, SH, SI). SA: D10 = 0.50, D50 = 0.5, D85 = 1.6, Cu = 2.0, W (%) = 0.0, ρ_s (g/cm ³) = 2.63 SB: D10 = 0.10, D50 = 0.27, D85 = 0.40, Cu = 2.9, W (%) = 0.2, ρ_s (g/cm ³) = 2.76 SC: D10 = 0.07, D50 = 0.15, D85 = 0.31, Cu = 2.6, W (%) = 21.2, ρ_s (g/cm ³) = 2.77 SD: D10 = 0.02, D50 = 0.11, D85 = 0.18, Cu = 5.9, W (%) = 11.4, ρ_s (g/cm ³) = 2.71 SE: D10 = 0.07, D50 = 0.07, D85 = 0.23, Cu = 2.4, W (%) = 0.2, ρ_s (g/cm ³) = 2.89 SF: D10 = 0.03, D50 = 0.07, D85 = 0.19, Cu = ---, W (%) = 16.6, ρ_s (g/cm ³) = 2.78	Geotêxteis não tecidos de fibras contínuas de poliéster com gramatura variando de 180 g/m ² a 650 g/m ² , denominados respectivamente G1, G2, G3 e G4; dois geotêxteis não tecidos de polipropileno (G5 e G6), um geotêxtil tecido de polipropileno, (G7), três georredes (GN1, GN2, GN3) com gramaturas 250, 450 e 550 g/m ² e quatro geocompostos formados pela combinação dos geotêxteis não tecidos G1 e G4 com as georredes, denominados GC11, GC14, GC21, GC24, GC31, GC34. G1: Gramatura (g/m ²) 200, Tipo de Polímero: PET, df (mm) 0.027, Tipo de tecido: não tecido, agulhado e filamentos contínuos. G2: Gramatura (g/m ²) 300, Tipo de Polímero: PET, df (mm) 0.027, Tipo de tecido: não tecido, agulhado e filamentos contínuos. G3: Gramatura (g/m ²) 400, Tipo de Polímero: PET, df (mm) 0.027, Tipo de tecido: não tecido, agulhado e filamentos contínuos. G4: Gramatura (g/m ²) 600, Tipo de Polímero: PET, df (mm) 0.027, Tipo

					<p>SG: D10 = ---, D50 =---, D85 = ---, Cu = 3.7, W (%) = 0.0, ps (g/cm³) = 2.38</p> <p>SH: D10 = ---, D50 =---, D85 = ---, Cu = 4.6, W (%) = 0.0, ps (g/cm³) = 2.43</p> <p>SI: D10 = ---, D50 =---, D85 = ---, Cu = 1.4, W (%) = 0.0, ps (g/cm³) = 2.43</p> <p>SJ: D10= ---, D50 =0.01, D85 = 0.1, Cu =---, W (%) = 21.5, ps (g/cm³) = 2.54</p> <p>SK: D10= 0.020, D50 =0.17, D85 =0.28, Cu = 7.8, W (%) =0.3 , ps (g/cm³) = 2.66</p> <p>SL: D10 = 0.48, D50 =0.17, D85 = 0.22, Cu = 3.8, W (%) = 0.3, ps (g/cm³) = 2.63</p>	<p>de tecido: não tecido, agulhado e filamentos contínuos.</p> <p>G5: Gramatura (g/m²) 150, Tipo de Polímero: PP, df (mm) 0.028, Tipo de tecido: não tecido, agulhado.</p> <p>G6: Gramatura (g/m²) 130 ,Tipo de Polímero: PP ,df (mm) 0.037, Tipo de tecido: não tecido, agulhado e filamentos contínuos .</p> <p>G7: Gramatura (g/m²) 150, Tipo de Polímero: PP ,Tipo de material: Tecido.</p>
--	--	--	--	--	--	---

Resultados: Impregnação do geotêxtil: Solo: SB- G1: 1,52; G2 = 0.65 e G4 = 0.5. Solo: SE- G1: 2.15; G2 = 0.72 e G4 = 0.30, Solo: SK- G1: 2,15; G2 = 0.97 e G4 = 0.87; Solo: SL- G1: 2.76; G2 = 1.35 e G4 = 0.50. Valores de transmissividade dos geotêxteis não tecidos foram maiores do que para o geotêxtil tecido. Quanto menor a gramatura do geotêxtil, menor sua transmissividade, particularmente para tensões verticais acima de 200 kPa. Quanto menor a gramatura do geotêxtil, menos uniforme é a variação da carga hidráulica ao longo do seu comprimento em ensaios de transmissividade. Para o geotêxtil de maior gramatura é notado uma variação aproximadamente linear da perda de carga. As propriedades físicas, tais como espessura e porosidade, variam intensamente com a tensão normal, sendo que os geotêxteis de maior gramatura sofreram maior compressibilidade para tensões mais elevadas. Resultado semelhante foi obtido em relação à porosidade para os geotêxteis de maior gramatura, os quais apresentaram os menores valores ao final dos ensaios. Os resultados obtidos da comparação da variável espessura obtidos pelo Analisador de Imagens compararam melhor com aqueles obtidos durante os ensaios de transmissividade sob pressão. Os resultados dos ensaios atenderam aos critérios de Giroud e FHWA. O critério de CFGG não foi atendido por nenhum dos ensaios. O critério de colmatação proposto por FHWA, $GR < 3$ e porosidade $> 30\%$ foi atendido em termos de porosidade, mas não em termos de GR.

Comentários: As amostras utilizadas nos ensaios de transmissividade dos geotêxteis impregnados foram obtidas efetuando-se a impregnação em laboratório (chuveiramento - solos arenosos, vibração - esferas de vidro, compactação - solos argilosos) e no campo e exumando amostras de geotêxteis de obras antigas. O estudo do efeito da impregnação dos geotêxteis não tecidos nas suas propriedades físicas e hidráulicas mostrou que os valores das permeabilidades no plano do geotêxtil são altamente dependentes do nível de impregnação, das características do geotêxtil (particularmente de sua microestrutura) e das tensões normais atuando sobre a manta. A equação apresentada por Giroud (1996) mostrou uma satisfatória acurácia para a previsão do coeficiente de permeabilidade dos geotêxteis virgens sob confinamento. Os valores de permeabilidade obtidos pelo porosímetro apresentaram boa correlação com os valores obtidos pelo permeômetro em laboratório. O ensaio de peneiramento hidrodinâmico apresentou resultados de FOS que comparam bem com os valores do Bubble Point. O modelo de previsão do coeficiente de permeabilidade em função somente das variáveis físicas, diâmetro e densidade de fibras, mostrou-se eficaz e é uma ferramenta útil para a previsão da permeabilidade sob condições de carregamento. A estabilização dos valores de GR e da vazão de fluxo ocorreu em torno de 2 dias para os solos arenosos (SA, SB e SF), 5 dias para o solo de quartzito (SD), 10 dias para o solo argiloso (SE) e 15 dias para o rejeito de mineração (SC).

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
COSTA, C. M. L.	Fluência De Geotêxteis	1999	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Fluência confinada e não confinada;	Areia preparada por peneiramento, extraída no porto de areia Munhoz, em São Paulo. Material constituído de 65% de areia grossa e 35% de areia média. valores de $e_{max} = 0.840$ e $e_{min} = 0.533$	Geotêxteis não tecidos agulhados; do tipo poliéster e polipropileno
<p>Resultados: A fluência do geotêxtil de poliéster foi bem menor que do geotêxtil de polipropileno; o confinamento reduziu as deformações ao longo do tempo para o geotêxtil. considerando uma pressão aplicada de 50 kPa, a taxa de deformação foi de até 2,8 vezes menor em relação à não confinada; para os ensaios confinados com modificações representando lama, o processo provocou impregnação do geotêxtil, embora não tenham alterado a fluência.</p>						
<p>Comentários: Problemas relacionados a atrito nas interfaces solos-geotêxteis. Foram realizados ensaios alternativos retirando o solo e envolvendo o geotêxtil que apresentaram bons resultados, comprovando a redução da fluência em relação aos ensaios não confinados.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
PALMEIRA, E.M. & MATHEUS, E.	<i>Gradient ratio tests on artificially clogged nonwoven geotextiles.</i>	2000	ENSAIO LABORATORIAL	Razão entre Gradientes (GR).	Areias uniformes (D ₈₅ entre 0,225 mm e 1,682 mm; D ₅₀ entre 0,164 mm e 1,141 mm, D ₁₀ entre 0,077 mm e 0,864 mm, Cu entre 1,42 e 2,34 e coeficientes de permeabilidade entre 2×10^{-5} m/s e 0,006 m/s	Cinco geotêxteis não tecidos foram testados, com M _A entre 76 g/m ² e 600 g/m ² e AOS ou FOS entre 0,060 mm e 0,159 mm.

Resultados: Aumentos significativos no valor de GR (de perto de 1 até perto de 1000) para porosidades geotêxteis abaixo de 40%. Os autores analisaram a influência do entupimento parcial do sistema solo- geotêxtil sobre o valor de GR e incrementos de poropressão na interface solo-filtro-base. Outro ponto é que a sufusão pode aumentar o coeficiente de permeabilidade do solo na zona de referência longe do filtro, o que aumentará o valor de GR além do valor que aumentaria naturalmente devido ao entupimento ou cegueira do filtro se o solo de base estivesse internamente estável.

Comentários: Foram realizados ensaios de razão de gradiente em geotêxteis obstruídos artificialmente e com solos granulares. Os geotêxteis foram obstruídos artificialmente com parafina para atingir valores específicos de porosidade do geotêxtil. O equipamento de teste de gradiente utilizado possui portas adicionais para medição de quedas d'água em diferentes posições além das comumente utilizadas, principalmente mais próximas (4 mm e 8 mm acima do filtro) da camada geotêxtil. A duração do teste variou entre 35 a 10.000 horas, dependendo do nível de entupimento parcial do geotêxtil que influenciou o tempo necessário para estabilização das leituras. Os autores recomendam o devido cuidado ao decidir sobre a aceitação ou não de um filtro geotêxtil com base apenas no valor de GR para solos internamente instáveis. Nesses casos, a variação da vazão com o tempo e os requisitos do próprio projeto (vazão mínima exigida, por exemplo) também devem ser levados em consideração. Testes de razão de gradiente de longo prazo são recomendados sob tais condições.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
URASHIMA. D. C.,	Simulação do Processo de Retenção de Partículas por Filtros Têxteis	2002	SIMULAÇÕES ANALÍTICAS	Ensaio de filtração à carga variável, análises de imagens	Simulações com solos bem graduados, uniforme e descontínuos com partículas randômicas	Geotêxteis não tecidos.
<p>Resultados: Permite a utilização de corpos de prova de maior dimensão do que os ensaios de filtração em suspensão propostos por Urashima em 1996; permite a utilização de uma maior quantidade de material de base, viabilizando uma análise mais criteriosa da granulometria do material passante; emprega solo padrão ao invés de frações de solo. Quanto a simulação do processo de retenção de partículas, a nova abordagem apresentada para avaliação do comportamento de meios filtrantes têxteis possibilita a inserção de dados de entrada que representam os fatores de influência no sistema em estudo; o modelo de simulação possibilita o estudo de diferentes condições de fluxo: unidirecional, reverso, laminar, turbulento etc; permite o estudo de inúmeros tipos de materiais de base por meio das estatísticas de chegada de partículas; avalia a capacidade de retenção da manta através da estrutura porométrica real da estrutura do filtro têxtil.</p>						
<p>Comentários: O trabalho avaliou métodos de critérios de dimensionamento racionais, como uma continuação e aperfeiçoamento da pesquisa de Urashima (1996). Foram estudados com modelos matemáticos e de simulação, que simulam a dinâmica do sistema filtrante, permitindo análises sob diferentes condições, que tentam apresentar as condições mais verossímeis à aquelas encontradas em campo.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
LEE <i>et al.</i>	<i>Clogging phenomena of the residual soil-geotextile filter system.</i>	2002	LABORATORIAL	Razão entre Gradientes (GR) variando de 5 a 15.	Dois solos residuais internamente instáveis (um solo arenoso, D85 = 3,7 mm, D50 = 1,0 mm, C _u = 105; e solo argiloso, D85 = 1,2 mm, D50 = 0,09 mm, C _u = 67, índice de plasticidade de 14%).	Dois geotêxteis não tecidos perfurados com agulha (M _A = 300 g/m ² , O ₉₅ = 0,075 mm; e M _A = 600 g/m ² , O ₉₅ = 0,05 mm).

Resultados: A razão de gradiente relatada obtida foi igual a 1,5 e os valores do coeficiente de permeabilidade do geotêxtil estabilizaram após aproximadamente 8 horas de teste. Reduções do coeficiente de permeabilidade geotêxtil entre 27% e 67% são relatadas para testes de gradientes totais do sistema (sistema) variando de 5 a 15.

Comentários: Os valores de O₉₅ foram estimados usando Faure *et al.* (1986). Os resultados mostram baixo valor de GR e não uma grande diminuição do coeficiente de permeabilidade do geotêxtil.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
GARDONI & PALMEIRA	<i>Microstructure and pore characteristics of synthetic filters under confinement. Geotechnique</i>	2002	LABORATORIAL	Teste do ponto de bolha	NÃO UTILIZOU	Três geotêxteis não tecidos agulhados (GA, GB e GC), de poliéster, com gramaturas de 200, 400 e 600 g/m ² , respectivamente.

Resultados: Para baixos níveis de tensão, as fibras geotêxteis são distribuídas de forma bastante esparsa. No entanto, sob altos níveis de tensões, macrocanais são formados entre os pacotes de fibras em contato direto. A abordagem apresentada por Masounave et al. (1980a) mostrou uma acurácia satisfatória na predição dos diâmetros dos poros, principalmente no que diz respeito ao diâmetro médio dos poros do geotêxtil sob confinamento. O método proposto por Faure et al. (1989) apresentou precisão razoável para os geotêxteis mais leves e baixos níveis de tensão, e desvios significativos dos resultados obtidos para o geotêxtil mais espesso. Em geral, as previsões do método simples proposto por Giroud (1996) foram as mais precisas, principalmente quando um valor do coeficiente ξ menor ou igual a 15 foi utilizado na equação.

Comentários: O uso de ensaios de laboratório para obter a distribuição e dimensões dos espaços de poros em um geotêxtil sob confinamento para fins de projeto de filtro é atualmente limitado devido à complexidade e custo desses testes. A presença de partículas de solo no geotêxtil reduz as dimensões dos poros e pode aumentar significativamente a capacidade de retenção do geotêxtil. A precisão de métodos bastante simples para a estimativa de tamanhos de abertura de geotêxteis sob compressão também foi avaliada

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
SANTOS, C. T.	Influência Do Desempenho De Filtros Geotêxtis Na Estabilização De Solos Colúvias	2004	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de filtração à carga variável e não mais a partir de ensaios de filtração em suspensão.	Coluvionar	Geotêxtil não-tecido agulhado
<p>Resultados: Devido ao solo ser do tipo colúvio, considerado um material que possui instabilidade interna, foram notado s problemas de colmatação e bloqueamento das aberturas do filtro empregado.</p>						
<p>Comentários: Constatou-se que técnicas de simulação podem ser associadas a outros recursos probabilísticos e numéricos, podendo permitir o dimensionamento mais acurado de filtros aplicados a condições severas.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
BEIRIGO, E. A.,	Comportamento do filtro-drenante de geotêxteis em barragens de rejeitos de mineração	2005	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL E CASO DE OBRA	Ensaio de filtração sob compressão, do tipo razão entre gradientes (GR), sob gradientes hidráulicos constante e variável. O primeiro estágio de gradiente hidráulico foi aplicado, passando pelos valores de tensão de 2,5, 5 e 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 kPa; análise do potencial à instabilidade interna; grau de impregnação e granulometria das partículas retidas; microscopia ótica e eletrônica de varredura. As metodologias de SHERARD (1979), KENNEY E LAU (1985), E LAFLEUR ET AL. (1989) foram usadas neste trabalho	Amostras de rejeito de mineração fino, amostras de rejeito arenoso e lama de rejeitos de minério de ferro.	Três tipos de geotêxteis não tecidos agulhados, de filamentos contínuos, de poliéster. Amostra 1: O ₉₅ (mm) entre 0,13 – 0,23 e kn (cm/s) de 4.10 ⁻¹ . Amostra 2: O ₉₅ (mm) entre 0,09 – 0,16 e kn (cm/s) de 4.10 ⁻¹ , Amostra 3: O ₉₅ (mm) entre 0,06 – 0,13 e kn (cm/s) de 4.10 ⁻¹ .

Resultados: A avaliação da variabilidade do grau de impregnação identificou uma grande dispersão ao longo da amostra, observação também caracterizada no estudo da granulometria das partículas retidas no interior da malha têxtil, inclusive grãos maiores que a faixa de abertura de filtração fornecida pelo fabricante foram encontrados. A análise da amostra exumada com recursos de microscopia ótica e eletrônica de varredura permitiu a visualização de áreas em que os poros estavam muito impregnados por partículas, gerando cegamento e bloqueamento. O grau de impregnação diminuiu com o aumento da gramatura dos geotêxteis. Também foi observada uma redução do grau de impregnação dos geotêxteis quando ensaiados sob gradiente hidráulico (i) variável em relação aos de ensaios realizados sob i constante. No geral, os sistemas rejeito-geotêxtil ensaiados se comportaram de forma estável, inclusive em contraposição a alguns resultados de avaliações por critérios de projeto disponíveis na literatura.

Comentários: As investigações de campo foram realizadas em barragens de contenção de rejeitos, alteadas com os próprios materiais a serem contidos, de minerações de minério de ferro e de rocha fosfática. Algumas amostras foram exumadas em campo. A granulometria das partículas passantes através dos geotêxteis ao longo do ensaio permitiu constatar que apenas a fração fina sofreu maior efeito da variação do gradiente hidráulico, enquanto os incrementos de tensão provocaram a perda de partículas mais graúdas. Observou-se que os incrementos de tensões aplicados aos corpos de prova tenderam a reduzir eventuais heterogeneidades observadas no início dos ensaios, sendo a tensão de 200 kPa aquela que limita as principais variações. Destaca-se também que os resultados obtidos com a microscopia foram bastante coerentes com os estudos dos parâmetros analisados no ensaio de GR e com os resultados da avaliação do grau de impregnação final dos geotêxteis.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
MUÑOZ, C. S.	Desempenho de Geotêxteis na Filtração de Solos Internamente Instáveis	2005	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de caracterização dos geotêxteis; ensaios de filtração de longa duração (razão entre gradientes). Em todos os ensaios realizados os GRs iniciais foram menores que 1.	3 tipos de pó de pedra não friável com densidade dos grãos de 2,72. d10 mm de 0,105; 0,037; 0,078. d15 (mm): 0,322; 0,095; 0,125. d30 mm 1,206; 0,379; 0,263. d50 mm 1,524; 0,811; 0,800. d60 mm 1,682; 1,052; 1,441. d85 mm 2,238; 1,820; 2,800. Coeficiente de permeabilidade k (cm/s) de 3×10^{-2} ; 1×10^{-3} ; 5×10^{-4} . Presença de solos com instabilidade interna.	Geotêxteis do tipo não tecidos agulhados de filamentos contínuos de poliéster com fibras variando entre 2.15 a 2.54×10^{-3} centímetros, com gramaturas de 138 e 221 g/cm ² , porosidades variado entre 90,3 a 92%; AOS de 0,23 e 0,26mm; O95 de 0.13 e 0,95mm e condutividade hidráulica de 3.5×10^{-1} .

Resultados: Houve influência do modo de aplicação do gradiente hidráulico no ensaio de GR no comportamento do sistema com solos com risco de sufusão, observando-se uma rápida colmatação de solos submetidos a gradientes elevados imediatos com queda brusca da vazão nas primeiras 20 horas de ensaio. A filtração mais estável ocorreu em ensaio em que a aplicação da carga hidráulica se realizou de forma gradativa, acontecendo perdas de algumas partículas da interface com aumento da vazão durante o tempo de ensaio. Notou-se uma tendência maior à colmatação dos sistemas solo/geotêxtil em virtude do gradiente hidráulico inicial de ensaio. Assim, o ensaio com alto valor de gradiente hidráulico aplicado de imediato no início do fluxo apresentou resultados mais críticos.

Comentários: Foram avaliados como critérios de permeabilidade os métodos CFGG, Lafleur e FHWA. Os dimensionamentos quanto a retenção e colmatação foram segundo CFGG, Lafleur e FHWA. O critério de retenção de Giroud (1996) não foi considerado por ser utilizável apenas para solos internamente estáveis com condição de filtração não severa. As três formas de avaliação da estabilidade interna encontradas na literatura levam em consideração apenas a curva granulométrica dos solos. A instabilidade, sendo um fenômeno associado ao carreamento de partículas, deveria também considerar a força de percolação, a forma e textura dos grãos e a possibilidade de vibração por forças dinâmicas. Os ensaios demonstraram a necessidade da verificação do critério de colmatação. Comparando os dados obtidos em ensaio com as previsões dos critérios de dimensionamento pode-se concluir que os resultados de dimensionamento obtidos para os critérios do CFGG e de Lafleur apresentaram conservadorismo quanto à colmatação

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
WU <i>et al.</i>	<i>Soil-nonwoven geotextile filtration behavior under contact with drainage materials. Geotextiles and Geomembranes</i>	2006	LABORATORIAL	Razão entre Gradientes	Os solos usados tinham uma densidade dos grãos de $G_s = 2.68$, densidade de 1.786 Mg / m^3 , d_{50} de 0, 5mm, e_{max} de 0, 638, e_{min} de 0, 395	Dois geotêxteis não tecidos agulhados de poliéster, G1, G2 com massas por unidade de área (g / m ²) de 250 e 450, respectivamente, Espessuras (mm) de 1.4 e 2.5, respectivamente; O95 (milímetros) de 0.14 e 0.10, respectivamente; um de polipropileno, G3, com massa por unidade de área (g / m ²) de 320, espessura (mm) de 1.8, O95 (milímetros) de 0.24.

Resultados: O valor de GR aumentou conforme a proporção da área aberta diminuiu. Isso indica que as esferas de aço a jusante do geotêxtil aumentam o potencial de colmatção de um sistema de filtragem de geotêxteis. A relação do valor GR entre as camadas de drenagem e drenagem livre GR / GR_{100} diminui à medida que a proporção da área aberta aumentou. Os resultados experimentais mostraram que as discrepâncias dos índices de variação de fluxo entre os sistemas de filtração construídos com três tamanhos de fibras diferentes foram insignificantes. Os valores de GR testados em ambos os geotêxteis sob diferentes gradientes hidráulicos também mostraram menos de 5% de variação entre os três sistemas. Esse fenômeno indica que o potencial de colmatção de um sistema de filtração é influenciado pela proporção da área aberta, e não pelo tamanho da fibra.

Comentários: Esferas de aço com diâmetros de 7, 11, 14,2, 15,85, 19, 25,4 e 31,8 mm foram escolhidas para simular vários tamanhos de solo. Os valores de GR e taxas de fluxo apresentam apenas pequenas alterações, desde que a área aberta permaneça a mesma. Isso mostra que a área aberta deve ser uma preocupação importante na avaliação do potencial de entupimento e da taxa de fluxo de um filtro. Os geotêxteis usados com esferas de aço e testes de placa perfurada são diferentes, perdendo-se a oportunidade de comparar diretamente o desempenho de filtração de diferentes condições.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
TATTO, J.	Comportamento do Filtrante De Geotêxteis Não-Tecidos Sob Diferentes Condições De Apoio	2010	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de filtração razão entre gradientes; granulometria a laser, microscopia de alta resolução, Ensaio para a obtenção do afundamento do filtro geotêxtil nos vazios do material drenante subjacente e da área de contato entre eles (AAC); ensaios para verificação da granulometria do material passante através do geotêxtil (GMP).	Microesferas de vidro D10 (mm): 0,075; D30 (mm): 0.090; D50 (mm): 0.096; D60 (mm): 0.100; D95 (mm): 0.137; Cu:1.33; Cc: 1.08.; Esferas de aço inoxidável com diâmetros de 10 e 18 mm; Agregado graúdo.	Geotêxteis não tecido, agulhados, com a disposição aleatória dos filamentos contínuos, 100% poliéster (PET), com gramaturas de 200 (G1), 400 (G2) e 600 (G3) g/m ² . Geotêxtil (G1) com gramatura de 200 g/m, com t_{GT} (mm) de 2.9, O_{95} (mm) de 0.130, kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.76. ; Geotêxtil (G2) com gramatura de 400 g/m, t_{GT} (mm) de 3.8, O_{95} (mm) de 0.090, kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.57. ; Geotêxtil de poliéster com gramatura de 600 g/m, t_{GT} (mm) de 5.9, O_{95} (mm) de 0.059, kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.37.

Resultados: Com relação à área aberta de fluxo no geotêxtil, observou-se a sua redução com o aumento tensão vertical aplicada. O afundamento do geotêxtil foi maior com o aumento do espaçamento entre grãos do material subjacente. A deformação média do geotêxtil aumentou com a tensão vertical, apresentando incrementos de deformação de 248 a 321% (dependendo do espaçamento entre grãos subjacentes) nos ensaios realizados com esferas de aço com 10 mm. A gramatura do geotêxtil apresentou influência em suas deformações, com aumento da deformação à medida que a gramatura do geotêxtil diminuiu, para as esferas de aço de 18 mm como material subjacente ao geotêxtil. Para as de 10 mm o aumento da deformação foi pouco significativo. O diâmetro das partículas correspondente a 95 % passante em massa (D95) variou de 0,128 mm a 0,155 mm. As partículas impregnadas no geotêxtil tiveram o predomínio da fração areia fina (78 – 97 %). A relação máxima entre a massa de solo passante e a área de fluxo foi de 93 g/m², bem inferior ao limite de 2500 g/m² recomendado por Lafleur et al. (1989) para caracterizar uma condição severa de *piping*.

Comentários: A tensão vertical aplicada no sistema teve influência direta no afundamento do geotêxtil nos vazios do material drenante subjacente, na área de contato entre eles e na área aberta para fluxo. A deformação do geotêxtil nos vazios entre esferas de aço foi influenciada também pelo diâmetro das esferas. Observou-se que algumas partículas com diâmetro superior à abertura de filtração ficaram também retidas no interior do geotêxtil.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
PALMEIRA <i>et al.</i>	<i>Saggin And Filtration Behaviour Of Nonwoven Geotêxtils Overlying Diferentes Bedding Materials.</i>	2010	LABORATORIAL	Razão entre gradientes (GR), microscopia óptica	Três tipos de rejeitos coletados nas barragens de rejeitos. Rejeitos FA é um material arenoso coletado da barragem de rejeitos da Fosfertil; O rejeito SA também é um material arenoso coletado na barragem de Cava do Germano; O rejeito SL é um material mais fino coletado nas baias de secagem da barragem de Germano. O teor de finos (<0,074 mm) dos rejeitos variou entre 29% e 72%, dependendo dos rejeitos considerados.	Geotêxtil não tecido agulhado, de poliéster com gramatura de 200 g/m ² , com t_{GT} (mm) de 2.3, O95 (mm) de 0.130, kn (cm/s) de 0.27 e Ψ (s ⁻¹) de 1.9., chamado de G1 ; Geotêxtil não tecido agulhado de poliéster com gramatura de 400 g/m ² , t_{GT} (mm) de 3.7, O95 (mm) de 0.09, kn (cm/s) de 0.27 e Ψ (s ⁻¹) de 1.1. , chamado de G2; Geotêxtil não tecido agulhado de poliéster com gramatura de 627 g/m ² , t_{GT} (mm) de 4.5, O95 (mm) de 0.060, kn (cm/s) de 0.27 e Ψ (s ⁻¹) de 0.9.

Resultados: Os resultados da razão entre gradientes em relação à tensão normal para o sistema FAG1 apresentou valores menores que 0,5 no início do teste, indicando a ocorrência de um grave mecanismo de piping. Isto pode ser atribuído à instabilidade interna potencial deste material, caracterizada pela queda repentina dos valores dos diâmetros das partículas em torno de 0,074 mm. O nível de tensões aumentou os valores de GR 8mm e GR permaneceu bastante constantes, enquanto o valor de GR3mm aumentou com uma tensão normal até um valor de 1,4 para uma tensão normal tensão de 2000 kPa. Das amostras de geotêxtil exumadas, notou-se certa colmatção das camadas de filtro geotêxtil dos sistemas de drenagem vertical após 6 anos em serviço. As análises de microscopia auxiliaram estas observações. Os resultados dos testes de razão de gradiente sob um gradiente de sistema constante igual a 1 mostraram pior condição ocorreu nas proximidades da interface rejeito-geotêxtil.

Comentários: O principal objetivo do estudo foi investigar o desempenho de filtros geotêxteis em contato com alguns rejeitos típicos no Brasil e avaliar seu real comportamento em campo. Os filtros geotêxteis dos sistemas de drenagem vertical das baias de secagem funcionam em condições bastante severas. A lama de rejeitos é disposta na baía a uma certa distância desse sistema. Assim, chegam ao filtro principalmente partículas finas, capazes de serem transportadas pelo escoamento, e partículas em suspensão, o que pode favorecer o cegamento e / ou alta impregnação do geotêxtil.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
HONG & WU	<i>Filtration behaviour of soil-nonwoven geotextile combinations subjected to various loads</i>	2011	ENSAIOS LABORATORIAIS	Razão entre gradientes; Peneiramento úmido, Ensaio de faixa larga.	O solo usado tinha uma gravidade específica de G_s de 2,60, diâmetro aparelho de teste GR médio, d_{50} de 0,19 mm, peso máximo da unidade γ_{dmax} de 18,05 kN / m ³ , peso mínimo unitário γ_{dmin} de 13,15 kN / m ³ . O solo utilizado é classificado como areia mal graduada com silte SP-SM de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos. O solo tem uma gradação instável usando o método sugerido por Kenney e Lau (1985) para avaliar sua estabilidade interna.	Dois geotêxteis não tecidos quimicamente ligados feitos de polipropileno (GT1 e GT2). A massa por unidade de área e espessura dos geotêxteis foram 210 g/m ² e 337 g/m ² e 1,0 mm e 2,6 mm, respectivamente. Os tamanhos de abertura aparente (AOS) para os geotêxteis foram 0,112 mm e 0,122 mm, respectivamente.

Resultados: O valor de condutividade hidráulica da camada de solo sob diferentes gradientes hidráulicos ($i = 1, 5$ e 10) varia entre $1,41 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ e $1,52 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ para o sistema solo-GT1, e varia entre $1,30 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ e $1,56 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ para o sistema solo-GT2. Para a combinação usando geotêxtil GT2, o valor de condutividade hidráulica da camada de geotêxtil solo diminui de $1,33 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ para o gradiente hidráulico $i = 1$ a $1,26 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ para o gradiente hidráulico $i = 10$, resultando em um aumento insignificante no valor de GR.

Comentários: Diferentes tipos de cargas de carregamento podem produzir resultados diferentes na condutividade hidráulica média para as combinações solo-geotêxtil. Destaca-se que a diminuição do valor de condutividade hidráulica do sistema solo-geotêxtil pode resultar em um aumento no valor de GR.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
VERTEMATTI	Geotêxtil Bidim Utilizado Como Filtro E Separação Sob O Lastro Do Trecho Ferroviário Da Alça De Boa Vista	2011	CASO DE OBRA	Ensaio de filtração.	Areia grossa e pedrisco. Granulometria não fornecida.	Manta geotêxtil não tecida, 100% poliéster com resistência tração longitudinal mínima de 21 kN/m e tração transversal mínima de 19 kN/m.

Resultados: Foram avaliadas condições gerais de amostras do trecho aplicado. Constatou-se que não houve danificações na estrutura do geotêxtil. Valores e números não foram divulgados.

Comentários: O caso analisado foi no ano de 2011, de uma obra ferroviária de 2002. Foram notados também custos mais baixos de manutenção; maior vida útil da infraestrutura da via.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
ORTIZ, C. A. H.,	Desempenho De Geotêxtis Na Filtração De Suspensões De Água - Solo	2012	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio com fluxo com sólidos em suspensão. Permeabilidade, transmissividade, abertura aparente, abertura de filtração, microfotografia,	Teor de areia 67,3% Teor de silte 5,2% Teor de argila 27,5% Limite de liquidez 32% Limite de plasticidade 15% Índice de plasticidade 17% Classificação SUCS: SC - Areia Argilosa	Geotêxteis não-tecidos de fibras curtas agulhados, de poliéster, com gramaturas de (644, 525, 385, 291, 203, 156, 127 g/m ²). Permissividade (s ⁻¹): 0,86 0,71 1,36 1,4 2,78 2,48 3,33 (na ordem das gramaturas citadas), Transmissividade (m ² /s): 2,3x10 ⁻⁵ ; 1,5 x10 ⁻⁵ ; 1,1 x10 ⁻⁵ ; 9,4 x10 ⁻⁶ ; 5,5 x10 ⁻⁶ ; 5,1 x10 ⁻⁶ ; 4,0 x10 ⁻⁶ (na ordem das gramaturas citadas), Abertura de filtração (ASTM) (mm): 0,053; 0,053; 0,053; 0,061; 0,120; 0,130; 0,140 (na ordem das gramaturas citadas); Abertura de filtração (AFNOR) (mm) 0,083; 0,070; 0,075; 0,087; 0,107; 0,127; 0,140 (na ordem das gramaturas citadas)

Resultados: A maior abertura de filtração para os casos corresponde à menor gramatura (127 g/m²) estudada. À maior abertura de filtração corresponde a maior permissividade, sendo coerente com a menor gramatura (127 g/m²). A maior abertura de filtração aparente é maior a permissividade, sendo isto de coerência com a menor gramatura (127 g/m²). Note-se que o aumento da espessura produziu decaimento dos valores de abertura de filtração aparente. Esta diminuição ocorreu de maneira acentuada até a gramatura de 385 g/m² e variou pouco para as maiores gramaturas (525 g/m² e 644 g/m²). Houve praticamente colmatação completa dos geotêxteis testados, sugerindo que quanto mais fino for o solo, mais rápida e intensa será a colmatação de geotêxteis utilizados na filtração de suspensões.

Comentários: Foi utilizada bentonita no ensaio. Viu-se uma relação em que o aumento da gramatura resultou na redução da abertura de filtração. Notou-se também que com o aumento da espessura do geotêxtil se teve diminuição dos valores de permissividade. Foram avaliados os critérios de SCHOBER e TEINDL (1979), LOUDIERE e FAYOUX (1982), HERTEEN (1982) e FHWA (1995). Com relação aos resultados com bentonita, nenhum critério de retenção e colmatação disponível podem ser aplicados, dado a tratar-se de uma argila

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
SILVA, J. L. V.	Colmatação Biológica De Geotêxtis	2013	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de caracterização física e hidráulica de geotêxteis; ensaios de permeabilidade em regime de fluxo contínuo de lixiviado; ensaios de microscopia óptica, e eletrônica de varredura (MEV).	Lixiviado coletado de uma das caixas de passagem, da Lagoa 2 do Aterro Sanitário do município de São Carlos.	Quatro geotêxteis de gramaturas semelhantes, sendo um não tecido agulhado de filamentos contínuos, com 100% de poliéster (GTA); um não tecido agulhado de fibras cortadas, 100% poliéster (GTB), um não tecido agulhado de fibras cortadas de polipropileno (GTC) e um geotêxtil tecido de polipropileno (GTD).

Resultados: Os geotêxteis GTA, GTB e GTC apresentaram algumas características próximas entre si, como gramatura, espessura, abertura de filtração, abertura aparente e porosidade. Entretanto o geotêxtil GTD (tecido), difere dos outros três em relação à condutividade hidráulica e à permissividade. O geotêxtil GTC, foi o que teve a menor redução da condutividade hidráulica entre os materiais estudados.

Comentários: Houve presença de colmatação e cegamento dos geotêxteis. As colmatações foram do tipo física, química e biológica. Conforme mostrado pelos resultados, uma redução da porosidade do geotêxtil se deveu principalmente à formação do biofilme na sua superfície. As análises das imagens feitas por microscopia óptica permitiu a visualização de uma grande oclusão dos espaços vazios da superfície dos geotêxteis por material depositado, tanto biológico, quanto sólido.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
JÚNIOR, J. C. L.,	Estudo De Desempenho De Barreiras De Geotêxtil Para Contenção De Sedimentos Carreados Pelo Escoamento Superficial.	2014	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de retenção, Filtração;	Rejeito de minério, com características de uma areia silte argilosa com presença de biotita .	Dois geotêxteis não tecidos de gramaturas distintas de 200 (G1) e 300 g/m ² (G2).

Resultados: O rejeito retido no GT (geotêxtil) de menor gramatura retém 12% a mais de grãos finos do que o rejeito retido no GT de maior gramatura, devido principalmente pela estrutura do GT de maior gramatura ser agulhada. Os geotêxteis não reutilizados de menor e maior gramaturas demonstraram uniformidade em suas avaliações. Foi verificado que para a filtração do rejeito o geotêxtil de menor gramatura teve um melhor desempenho em relação ao geotêxtil de maior gramatura. Em relação à retenção, o geotêxtil de maior gramatura apresentou bom desempenho.

Comentários: Os resultados indicam que para a filtração e retenção do rejeito o geotêxtil de menor gramatura e geotêxtil de maior gramatura apresentaram um comportamento uniforme no início devido ao agulhamento, embora o geotêxtil reutilizado de menor gramatura apresentou uma maior eficiência em relação ao tempo que leva para que o rejeito não fique retido na barreira. O geotêxtil de menor gramatura apresentou uma maior eficiência quanto ao tempo de retenção, embora uma maior parcela de finos tenha passado. O geotêxtil com maior gramatura retém mais finos, e o volume retido atinge a cota limite da bacia de retenção em menor tempo.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
SILVA, A. M.	Abertura De Filtração De Geotêxteis Sob Confinamento.	2014	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Abertura de filtração do geotêxtil, Teste do Ponto de Bolha.	Água e etanol para os Ensaios de Ponto de bolha	Geotêxtil de poliéster com gramatura de 200 g/m ² , com t _{GT} (mm) de 2,9, O ₉₅ (mm) de 0.130, Kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.76. ; Geotêxtil de poliéster com gramatura de 300 g/m ² , t ^{GT} (mm) de 3.3, O ₉₅ (mm) de 0.110, Kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.63. ; Geotêxtil de poliéster com gramatura de 400 g/m ² , t _{GT} (mm) de 4.0, O ₉₅ (mm) de 0.080, Kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.51.
<p>Resultados: Os geotêxteis G1, G2 e G3 submetidos aos confinamentos de 6, 10, 15, 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 1500, 2000 kPa tiveram sua espessura diminuída com o aumento da tensão normal. A abertura de filtração diminuiu quando do aumento de confinamento.</p>						
<p>Comentários: As curvas de distribuição de poros dos geotêxteis G1, G2 e G3 variaram sob tensões normais de 10, 100, 400 e 1000 kPa.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
KOPITAR <i>et al.</i>	<i>Impact of calendaring process on nonwoven geotextiles hydraulic properties.</i>	2014	ENSAIOS LABORATORIAIS	Permeabilidade normal ao plano, utilizando tensões de 2, 20 e 200 kPa.	Materiais granulados de vidro ou areia, sem especificações apresentadas.	Geotêxteis não tecidos fabricados pelo processo de cardagem mecânica, unidos pelo processo de agulhamento onde parte das amostras perfuradas por agulha foi adicionalmente unida pelo processo de calandragem térmica. As massas por unidade de área foram 150, 200, 250, 300, 400, 500 g / m ² ,
<p>Resultados: O processo de calandragem diminuiu a permeabilidade à água do geotêxtil, mas também diminuiu o intervalo de alterações da permeabilidade à água do geotêxtil devido à pressão aplicada. Geotêxteis calandrados têm compressibilidade controlada e previsível, estrutura que não muda significativamente na aplicação prática. Os geotêxteis não tecidos atenderam ao critério de porosidade (0,55), enquanto sua porosidade foi tipicamente 0,7-0,9 (para os não-comprimidos?) e 0,6-0,8 (para os comprimidos)</p>						
<p>Comentários: Nesta pesquisa, foi estudada pelos autores a influência do processo de calandragem de geotêxteis não tecidos na permeabilidade à água normal aos seus planos, incluindo a influência de diferentes cargas, bem como as características dos poros investigadas por dois métodos diferentes.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
HEIBAUM, M. H.	<i>Rethinking geotextile filter design</i>	2014	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO	Análises de critérios de retenção, permeabilidade, permissividade, anticolmatação e sobrevivência.	Diferentes tipos de solos e granulometrias	Geotêxteis tecidos e não tecidos, de diferentes materiais, gramaturas, especificações e fabricantes.
<p>Resultados: O autor realizou análises críticas quanto ao dimensionamento de filtros geotêxteis. Foi concebida uma nova proposta de metodologia de dimensionamento, visando uma interdependência log normal modificada. Foram levadas em consideração uma relação entre O90 e D50, englobando na equação valores de Cu.</p>						
<p>Comentários: Segundo o autor, o critério que apresentou maior aferição foi o de retenção. Entretanto, todos devem apresentar igual importância e serem analisados no momento da escolha de um geotêxtil como elemento de filtro</p>						
Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
KOERNER & KOERNER	<i>Lessons learned from geotextile filter failures under challenging field conditions.</i>	2015	ANÁLISES DE CASOS	Análises de falhas de filtros geotêxteis. Falhas relacionadas a projeto, falhas relacionadas ao solo e falhas relacionadas a danos na instalação.	Diversos tipos de solos, entre eles solos internamente instáveis de granulação fina e sem coesão.	Geotêxteis tecidos e não tecidos, de diferentes materiais, gramaturas, especificações e fabricantes.

Resultados: Os problemas encontrados, de modo geral, foram: Com relação ao projeto: Má seleção do tipo de material e tecido, mau dimensionamento e escolha errada de material, e fluxo em condições reversas. As principais consequências foram vazios nos tecidos e perda de solo em tubulações. Para os solos atípicos: Desconhecimento do material de base, solos sem coesão, presença de argilas dispersivas e obstrução por ocre. Como consequência, foram encontradas obstrução excessiva do tecido, que se aplica na maior parte dos casos. Outro ponto foi a instalação inadequada, que pode anular o melhor dos dimensionamentos.

Comentários: Os autores analisaram uma série de casos de obras envolvendo falhas em sistemas de filtros geotêxteis. Segundo os autores, é necessário conhecer a natureza do solo a montante e de seu permeante líquido se quisermos evitar problemas subsequentes com filtros de geotêxtil no futuro.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
BLOND <i>et al.</i>	<i>A Comprehensive Analysis of the Measurement Techniques used to Determine Geotextile Opening Size: AOS, FOS, O90, and 'Bubble Point'</i>	2015	BIBLIOGRÁFICA E LABORATORIAL	Tamanho de abertura aparente 'AOS' de acordo com ASTM D4751, FOS, O90 e Bubble Point	NÃO SE APLICA	Geotêxteis não-tecidos termoligados

Resultados: Foram realizadas análises críticas quanto a técnicas normativas para a medição do tamanho de aberturas do geotêxtil, como as medições geradas por ASTM D4751; Tamanho de Abertura 'O90' por ISO 12956; Tamanho de Abertura de Filtração "FOS", de acordo com CGSB 148.1 n ° 10 e; Distribuição de tamanho de poros / PIB de acordo com ASTM D6767. Foi mostrado que AOS, determinado usando ASTM D4751 apresenta vários desafios experimentais que tornam sua repetibilidade, portanto, confiabilidade, relativamente pobre. O90, determinado usando a ISO 12956 apresenta menos desafios experimentais, mas a dispersão nos resultados ainda foi observada em testes que aplicaram o método round Robin. Não foi possível demonstrar esta confiabilidade do FOS, determinada de acordo com CGSB 148.1 n ° 10, porque não há laboratórios suficientes para realizar o teste para permitir a determinação da repetibilidade entre laboratórios

Comentários: Foram analisadas quatro técnicas de medição de tamanho de aberturas. Três delas envolvem a passagem de partículas através do geotêxtil para determinar um tamanho de abertura característico. A quarta foi uma técnica de medição indireta, onde a tensão superficial de um líquido está envolvida na determinação do tamanho característico das aberturas do geotêxtil.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
TREJOS <i>et al.</i>	Abertura De Filtração De Filtros Geotêxteis Sob Confinamento	2016	LABORATORIAL	Espessura dos geotêxteis; ponto de bolha (<i>Bubble Point Test</i> , BBP) em quatro condições de tensão de compressão (10 kPa, 100 kPa, 400 kPa e 1000 kPa. Foram executados 6 ensaios de aplicação de compressão uniaxial para cada espécime de geotêxtil	Etanol como líquido de saturação,	Geotêxteis não tecidos, agulhados de filamentos contínuos, de poliéster (PET) e polipropileno (PP) de 200g/m ² e 300 g/m ² . G1: Polipropileno, M _A 200 g/m ² , t _{GT} 1.2 mm e O95 de 0.130mm; G2: Polipropileno, M _A 300 g/m ² , t _{GT} 1.4 mm e O95 de 0.110mm; G3: Poliéster, M _A 200 g/m ² , t _{GT} 1.9 mm e O95 de 0.100mm; G1: Poliéster, M _A 300 g/m ² , t _{GT} 2.3 mm e O95 de 0.090mm

Resultados: Com relação à redução da espessura à máxima tensão aplicada, foi verificado que: G1- 72% de redução da espessura, G2- 69.2% de redução da espessura, G3- 71.5% de redução da espessura, G1- 69.1% de redução da espessura. Com relação ao ensaio de ponto de bolha, viu-se que quanto maior a compressão sofrida pelo geotêxtil, menores as dimensões dos seus poros. As aberturas de filtração obtidas para as amostras de polipropileno (G1 e G2), assim como os coeficientes de permeabilidade, foram menores que os valores obtidos para seus correspondentes em poliéster (G3 e G4). Os geotêxteis de 200 g/m² (G1 e G3) apresentaram uma redução na abertura de filtração de 50%, enquanto os geotêxteis de 300 g/m² (G2 e G4) apresentaram reduções de 37% para G2 e de 50% para G4.

Comentários: Para a obtenção da curva da distribuição dos tamanhos dos poros dos geotêxteis, utilizou-se o equipamento de ponto de bolha (*Bubble Point Test*, BBP). Os ensaios de ponto de bolha apresentaram excelente repetibilidade e acurácia nos ensaios de calibração realizados. Notou-se também que a gramatura, espessura e o tipo de material do geotêxtil influenciaram os resultados obtidos de compressibilidade, abertura de filtração e permeabilidade. De forma geral, previsões pela equação proposta por Giroud (1996) para a estimativa da abertura de filtração de geotêxteis não tecidos compararam satisfatoriamente com os resultados obtidos nos ensaios de ponto de bolha.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
MISZKOWSKA <i>et al.</i>	<i>Changes of Permeability of Nonwoven Geotextiles due to Clogging and Cyclic Water Flow in Laboratory Conditions</i>	2017	LABORATORIAL	Permeabilidade	Areia siltosa (siSa).	Três tipos de geotêxteis não tecidos agulhados foram empregados e são identificados como A, B e C. Para o de 200 g/m ² : O90 (mm) = 0,190, ara o de 280 g/m ² : O90 (mm) = 0,080, . Para o de 450 g/m ² : O90 (mm) = 0,130.

Resultados: Os resultados mostram uma redução perceptível da permeabilidade à água após o teste, indicando possível colmatação do geotêxtil. Após 180 min de colmatação artificial, o coeficiente de permeabilidade à água diminuiu até 84,6% no caso da Amostra B.

Comentários: Os autores ressaltam grande importância para avaliação da constrição do geotêxtil, e que o bloqueamento do filtro pode estar ligado as propriedades físicas do geotêxtil não-tecido.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
PALMEIRA & TREJOS	<i>Opening sizes and filtration behavior of nonwoven geotextiles under confined and partial clogging conditions</i>	2017	LABORATORIAL	Teste de ponto de bolha	<p>Micro esferas de vidro. D10 (mm): 0.057; D15: 0.072; D50 (mm): 0.116; D85 (mm): 0.140; Cu: 2.2; Cc: 1.2; ID: 83.</p> <p>UGS(5) Areia Uniforme D10 (mm): 0.124; D15: 0.154; D50 (mm): 0.226; D85 (mm): 0.266; Cu: 2.0; Cc: 1.4; ID: 85</p> <p>BGSS1(5) Areia Siltosa D10 (mm):0.009; D15: 0.020; D50 (mm): 0.214; D85 (mm): 0.257; Cu: 25; Cc: 9.6; ID: 84</p> <p>BGSS2(5) Areia Siltosa D10 (mm): 0.002; D15: 0.005; D50 (mm): 0.158; D85 (mm): 0.251; Cu: 105; Cc: 0.9; ID: 85</p> <p>FA(7) Rejeito de minério de ferro D10 (mm): 0.044; D15: 0.066; D50 (mm): 0.128; D85 (mm): 0.251; Cu: 3.7; Cc: 0.9; ID: 50</p> <p>SB(8) Areia D10 (mm): 0.053; D15: 0.085; D50 (mm): 0.42; D85 (mm): 0.61; Cu: 11.5; Cc: 1.6; ID: NA</p> <p>SF(8) Areia Uniforme D10 (mm): 0.089; D15: 0.093; D50 (mm): 0.11 ; D85 (mm): 0.18; Cu: 1.4; Cc: 1.0; ID: NA</p>	<p>Sete geotêxteis não tecidos (códigos GT1 a GT7), agulhados e fabricados de fibras contínuas de poliéster. GT1: Polipropileno, M_A 200 g/m², O95 (mm) =0.151, Kn (cm/s) = 0,40 e Ψ (s⁻¹) = 2,0. GT2: Poliéster, M_A 300 g/m², O95 (mm) =0.135, Kn (cm/s) = 0,40 e Ψ (s⁻¹) = 1.5. GT3: Poliéster, M_A 600 g/m², O95 (mm) =0.108, Kn (cm/s) = 0,40 e Ψ (s⁻¹) = 0.9. GT4: Poliéster, M_A 1200 g/m², O95 (mm) =0.100, Kn (cm/s) = Não informado e Ψ (s⁻¹) = Não informado. GT5: Poliéster, M_A 1800 g/m², O95 (mm) =0.087, Kn (cm/s) = não informado e Ψ (s⁻¹) = não informados. GT6: Poliéster, M_A 600g/m² O95 (mm) =0.087, Kn (cm/s) = não informado e Ψ (s⁻¹) = não informados. GT7: Poliéster, M_A 1800g/m², O95 (mm) =0.140, Kn (cm/s) =não informado e Ψ (s⁻¹) = não informados.</p>

Resultados: Os resultados mostram que o efeito combinado de confinamento e colmatção parcial foi mais significativo para o geotêxtil leve e pouco espesso. A impregnação de geotêxteis mais espessos foi concentrada perto da superfície e apenas baixos valores de λ foram alcançados. Portanto, não houve diferenças significativas entre os resultados dos testes com os geotêxteis G6 e G7. Para testes em amostras de geotêxteis não confinados, os resultados obtidos no teste de ponto de bolha compararam bem com aqueles de testes de peneiramento hidrodinâmico. Boas comparações entre as duas técnicas também foram obtidas com relação às dimensões das partículas que atravessaram o geotêxtil durante a preparação da amostra nos testes de filtração..

Comentários: Este artigo investigou como o confinamento e colmatção parcial influenciam as dimensões das aberturas em geotêxteis não tecidos. Os resultados mostraram que a equação apresentada por Giroud (1996) pode ser uma ferramenta útil para estimar o tamanho máximo da abertura do geotêxtil em condições de confinamento e colmatção parcial em análises preliminares de desempenho do filtro.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
CORREIA <i>et al.</i>	O Efeito Da Submersão Na Formação Ocre Em Filtros Geotêxtis	2017	LABORATORIAL	Ensaio de coluna com fluxo ascendente, microscopia eletrônica de varredura e análises de EDS.	Água.	Geotêxtil tecido de Polipropileno com Espessura (mm) de 0.4; Permeabilidade (mm / s) de 0.36; Permissividade (s^{-1}) de 0.9 e Abertura de filtração, AOS (mm), de 0.80.

Resultados: Testes de coluna com a introdução de bactérias de ferro sob três diferentes condições de submersão do filtro foram realizados. Formação do biofilme nos filtros geotêxteis foi avaliada por meio da análise de EDS (detector de energia dispersiva de raios X) e microscopia eletrônica de varredura

Comentários: Este trabalho analisou o efeito da submersão na formação de biofilme, com formação de ocre em filtros geotêxteis utilizados em sistemas de drenagem. O oxigênio é necessário para a formação de ocre e está disponível na água e interface com ar dos filtros. Também foi avaliado que se os filtros estiverem submersos, também pode estar disponível oxigênio dissolvido na água, com concentrações maiores próximo à superfície devido ao processo de difusão.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
KHAN <i>et al.</i>	<i>A Dynamic Gradient Ratio Test Apparatus.</i>	2018	LABORATORIAL - NOVO APARELHO	Razão entre Gradientes	Aplicação difere-se do ensaio comum de GR , em especial, por possibilitar a utilização de solos de granulação fina.	Aplica-se a todos os geotêxteis do tipo não tecido.

Resultados: O aparelho de razão entre gradientes é aplicável a solos de granulação fina, permite a saturação da amostra, permite o controle de tensões de confinamento aplicadas às amostras e atinge um alto nível de precisão na medição da pressão dos poros usando transdutores de pressão eletrônicos. O aparelho é adequado para investigar os efeitos combinados do fluxo de água sob carga cíclica na permeabilidade, obstrução do filtro geotêxtil, formação de "cake" sobre o filtro (no lado a montante do geotêxtil) e migração de sólidos através do geotêxtil. Constatou-se também que a formação de biofilme ocre nos filtros de geotêxteis submersos parece estar em seus estágios iniciais. Nessas condições, a formação mostrou-se menos intensa, mais frágil e, portanto, mais facilmente removível. Verificou-se que o ocre foi encontrado, em geral, depositado na superfície dos filamentos e os espaços entre os filamentos não foram completamente bloqueados.

Comentários: As razões entre gradiente e as permeabilidades de equilíbrio no final dos estágios estáticos e dinâmicos foram comparáveis, implicando que o efeito do carregamento dinâmico no mecanismo de filtração nas interfaces solo-geotêxtil foi de baixa significância para as combinações solo-geotêxtil testadas.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
FILHO, I. P. M.	Avaliação Da Abertura De Filtração De Geotêxtis Sob Diferentes Condições De Solicitação Mecânica	2018	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Ensaio de abertura de filtração usando a técnica do <i>Bubble Point</i> em espécimes de geotêxteis tracionados e confinados. Os geotêxteis sem solicitação e tracionados foram submetidos a quatro valores de tensão de compressão (10 kPa, 100 kPa, 400 kPa e 1000 kPa)	Micro esferas de vidro. D10 (mm): 0,075; D30 (mm): 0.090; D50 (mm): 0.096; D60 (mm): 0.100; D95 (mm): 0.137; C_u :1.33; C_c : 1.08.	Geotêxtil de poliéster com gramatura de 200 g/m ² , com t_{GT} (mm) de 2.9, O95 (mm) de 0.130, kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.76. ; Geotêxtil de poliéster com gramatura de 300 g/m ² , t_{GT} (mm) de 3.3, O95 (mm) de 0.110, kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.63. ; Geotêxtil de poliéster com gramatura de 400 g/m ² , t_{GT} (mm) de 4.0, O95 (mm) de 0.080, kn (cm/s) de 0.22 e Ψ (s ⁻¹) de 0.51.
<p>Resultados: Os ensaios mostram que os geotêxteis com menor gramatura possuem valores de abertura de filtração maiores que aqueles com maior gramatura. Para os ensaios com tração unidirecional, o acréscimo na deformação mostra-se em valores padrões, sem maior discrepância entre eles. Em situações reais, caso isso não seja considerado, o geotêxtil poderá permitir a passagem de grãos com diâmetro maiores do que os assumidos no projeto, podendo causar <i>piping</i>. Para os ensaios bidirecionais, valor da abertura de filtração também cresce com o aumento da deformação. Pode-se perceber que nas situações em que o geotêxtil foi solicitado bidirecionalmente, os tamanhos dos poros são ainda maiores que no caso em o material foi solicitado somente em uma direção.</p>						
<p>Comentários: As previsões foram comparadas com os resultados de ensaios com acurácia satisfatória. Os ensaios também permitiram afirmar que o confinamento leva à diminuição do valor da abertura de filtração e a deformação por tração pode provocar aumento do valor da abertura de filtração.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
MELO, D. L. A.	Avaliação Da Abertura De Filtração De Geotêxteis Não Tecidos Sob Diferentes Esforços Solicitantes	2018	DISSERTAÇÃO - ENSAIO LABORATORIAL	Filtração de geotêxteis não tecidos sob condições de confinamento e tracionamento. Ensaio de <i>Bubble point</i> . Os esforços solicitantes foram aplicados ao geotêxtil em duas condições, normal ao plano e no plano do geotêxtil, para a avaliação dos efeitos de confinamento e tracionamento. Foram aplicadas deformações de tração de até 20% para simular condições de deformação plana e deformações biaxiais assimétricas. Foram aplicadas solicitações por esforços normais e por esforços no plano (0, 10, 100, 400 e 1000 kPa).	Não Aplicado	Três geotêxteis não tecidos, de poliéster, agulhados e com três diferentes gramaturas (200, 300, 510 g/m ²), espessura nominal (1,9; 2,3; 4,0 mm), Abertura de Filtração O95 (0,100; 0,090; 0,080 mm), Permeabilidade Normal ao Plano Kn (0,30; 0,26; 0,20 cm/s) e Permissividade de (2,0; 1,5; 0,9 s ⁻¹).

Resultados: Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que as aberturas de filtração foram reduzidas pelo confinamento, entretanto, para as condições de deformações de tração foram observadas mudanças na abertura de filtração, as quais não apresentaram tendência definida. Para o geotêxtil não tecido de 200g/m² a aplicação de esforços de tração mostrou aumento da abertura de filtração. A aplicação de deformações de tração no geotêxtil de 510g/m² sugere uma redução nas dimensões dos poros. Entretanto, para o geotêxtil não tecido de 300g/m² o efeito dos esforços de tração sob a abertura de filtração foi variado, ocorrendo ampliações e/ou reduções.

Comentários: O objetivo desta pesquisa foi determinar a abertura de filtração de geotêxteis não tecidos quando submetidos a esforços normais ao plano (confinamento) e a esforços no plano (tracionamento) usando o ensaio de ponto de bolha. O aumento ou diminuição da abertura de filtração está associado à distribuição dos filamentos do geotêxtil e à orientação da solitação de tração em relação a esta distribuição. Para a saturação dos espécimes, foi utilizado etanol. Os resultados obtidos nos ensaios sugerem que em aplicações onde baixas deformações de tração são esperadas, como em aplicações de separação, o tracionamento do geotêxtil sob condições usuais (deformações menores que 10%), associado ao confinamento, não seria relevante para o seu comportamento como filtro em termos de capacidade de retenção, a menos que ocorram danos mecânicos localizados. Já em aplicações sem confinamento (tubos geotêxteis e barreiras de sedimentos) onde maiores deformações de tração são esperadas, o efeito do tracionamento sobre as características filtrantes do geotêxtil pode ser relevante.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
PALMEIRA & TREJOS	<i>Evaluation of Predictions of Nonwoven Geotextile Pore Size Distribution Under Confinement</i>	2018	LABORATORIAL	Teste <i>Bubble Point</i> sob condições não confinadas e confinadas (tensões verticais de até 1000 kPa).	Não Aplicado - Utilizou água.	Cinco geotêxteis não tecidos (códigos GTA a GTE), agulhados e fabricados de fibras contínuas de poliéster. GTA: Poliéster, M_A 200 g/m ² , O95 (mm) = 0.151, kn (cm/s) = 0,40 e Ψ (s ⁻¹) = 2,0. GTB: Poliéster, M_A 300 g/m ² , O95 (mm) = 0.135, kn (cm/s) = 0,40 e Ψ (s ⁻¹) = 1.5. GTC: Poliéster, M_A 600 g/m ² , O95 (mm) = 0.108, kn (cm/s) = 0,40 e Ψ (s ⁻¹) = 0.9. GTD: Poliéster, M_A 1200 g/m ² , O95 (mm) = 0.100, kn (cm/s) = Não informado e Ψ (s ⁻¹) = Não informado. GTB: Poliéster, M_A 1800 g/m ² , O95 (mm) = 0.087, kn (cm/s) = não informado e Ψ (s ⁻¹) = não informado.

Resultados: Foi visto que a razão O_{κ}/df diminui com a tensão normal, com maiores taxas de redução na faixa de 0 a 100 kPa. Para tensões normais superiores a 100 kPa, as reduções do tamanho da abertura com a tensão normal ocorreram sob taxas muito mais baixas. Quanto mais leve e fino o geotêxtil, maior será o valor de O_{κ}/df . Para o geotêxtil mais leve, GTA, O_{10}/df variou entre 0,82 e 2,41 para a faixa de tensões normais aplicadas, enquanto para o geotêxtil mais espesso, GTE, essa faixa de variação foi de 0,46 a 1,04. Para razões O_{95}/df , os intervalos de variação para GTA e GTE foram 2,67 a 5,44 e 2,04 a 3,11, respectivamente. Foram comparados os resultados com previsões pelos métodos de Giroud (1996) e Faure et al. (1990)

Comentários: Os resultados obtidos mostraram que as previsões por Giroud (1996) e Faure et al. (1990) previram de forma satisfatória as curvas de distribuição de tamanho de poros dos produtos testados quando foram empregados valores apropriados de parâmetros relevantes.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
KHAN <i>et al.</i>	<i>A dynamic gradient ratio test apparatus.</i>	2018	LABORATORIAL	Razão entre gradientes	Foram utilizados dois solos sem coesão: areia e cinza de combustível pulverizado (PFA). A areia é classificada como areia média de acordo com British Standard 5930 (2015). O PFA é um material fino com a maioria das partículas na faixa de silte.	Geotêxtil não tecido agulhado e termicamente ligado, com gramatura de 294 g / m ² , uma espessura de 1,7 mm e permeabilidade de 65×10^{-3} m/s

Resultados: Os dados de gradiente hidráulico e permeabilidade para os testes 1 e 2 mostraram que as amostras de teste eram estáveis durante o estágio estático. O processo do carregamento cíclico potencializou o mecanismo de cegamento no Teste 1 e causou a migração de partículas de solo através do geotêxtil. A quantidade de partículas coletadas no final do Teste 2 foi de 450 g/m²., sendo 2,4 vezes mais do que as partículas coletadas no Teste 1. O gradiente hidráulico da interface solo-geotêxtil diminuiu sob carregamento cíclico, o que sugere a migração de partículas através do geotêxtil. A permeabilidade k_{sg} foi ligeiramente superior a k_s durante o carregamento cíclico, o que implica que a interface solo-geotêxtil foi mais permeável do que o solo sozinho..

Comentários: A amostra PFA é amplamente graduada e tem uma gradação ascendente côncava, que é um indicativo de um solo internamente instável, conforme visto nas metodologias de Lafleur et al., 1989; Moraci et al., 2012. Os solos areia e PFA foram selecionados para testar a colmatação do geotêxtil e a passagem de partículas através dos poros do geotêxtil, respectivamente. Uma das limitações do novo aparelho de teste é que o peso das partículas de solo que passam pelo geotêxtil só é medido no final do teste, incluindo carregamento estático e dinâmico, fazendo com que seja possível que algumas partículas de solo fiquem retidas nas ranhuras do pedestal inferior, que são levadas para o tanque inferior no final do teste.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
NICOLATO, L.	Geotêxtil Como Elemento De Separação Em Pavimento Ferroviário	2019	LABORATORIAL	Ensaio de compressibilidade (10 kPa, 50 kPa, 100 kPa e 150 kPa), Abertura de filtração pelo método ponto de bolha, carregamento cíclico com frequência de 1 hz, impregnação do geotêxtil; avaliação de danos mecânicos	Granular e solo fino. D15 (mm): 0,0094, D85 (mm): 0,24, Limite de liquidez (%): 37, Limite de plasticidade (%): 28, Índice de plasticidade (%): 9. Classificação: areia silto-argilosa laterítica, porosa, com predominância de gibsitita, presença de macroporos e muitos agregados. Permeabilidades entre 2,63x10 ⁻⁷ a 9,01x10 ⁻⁷ m/s.	Geotêxteis não tecidos com gramaturas de 400, 700 e 900 g/m ² ,

Resultados: Foi visto que quanto maior a gramatura do geotêxtil, maior a variação da espessura quando submetido a tensões de compressão. Para o Ensaio de *Bubble Point*, encontraram-se os seguintes valores: geotêxtil de 400, 700, 900 g/m. (OkPa): O98 (mm) variando de 0,102 a 0,120, O95 (mm) variando de 0,100 a 0,113, O90 (mm) variando de 0,096 a 0,101, O50 (mm) variando de 0,055 a 0,059. Para o ensaio de faixa larga, os geotêxteis com gramaturas de 700 g/m² e 900 g/m² a direção do tracionamento proporcionou resultados de resistência significativamente diferentes. Inclusive, a resistência na direção perpendicular à direção de fabricação nos geotêxteis de 700 g/m² foram superiores à de 900 g/m² na direção de fabricação. Os resultados gerais obtidos nos ensaios evidenciaram a eficácia do geotêxtil não tecido de 400 g/m² e 700 g/m², evitando a contaminação do material granular, diminuindo os deslocamentos e estabilizando mais rapidamente as poropressões nos ensaios cujo solo do subleito foi compactado com umidade ótima. O geotêxtil de 900 g/m², foram registrados maiores valores de poropressão, o que pode ter sido ocasionado pela retenção de partículas finas na face (cegamento) e no interior do espécime (colmatação). Também foi concluído que, em relação à impregnação dos geotêxteis, essa foi maior no ensaio com solo menos compacto e nos geotêxteis de menores gramaturas.

Comentários: De forma geral, os geotêxteis não sofreram maiores danos com o carregamento, não tendo sido observados furos ou rasgos nos espécimes, porém a resistência à tração máxima diminuiu quando comparada às amostras ensaiadas no estado virgem. Foi observado que a impregnação do lastro diminuiu com o aumento da gramatura dos geotêxteis, uma vez que quanto maior a gramatura, maior a capacidade de retenção.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
DIAS, A. B. A. N.	Aberturas De Filtração De Geotêxteis Confinados Sobre Material Granular Com Uso Do Ensaio De Ponto De Bolha	2019	LABORATORIAL	Ensaio de ponto de bolha (BBP), granulometria para brita. As tensões verticais de confinamento utilizadas foram 0, 10, 100, 400 e 1000 kPa.	Brita, com massa específica dos grãos de 2,752 g/cm ³ .	Três geotêxteis não tecidos de poliéster (PET), com filamentos contínuos, com gramaturas de 200, 300 e 500 g/m ² . Para os de 200 g/m ² : O95 (mm) = 0,100, O90 (mm) = 0,190, Q (l/s/m ²) = 100, Kn (cm/s) = 0,30 e Ψ (s-1) = 2,0. Para os de 300 g/m ² : O95 (mm) = 0,090, O90 (mm) = 0,170, Q (l/s/m ²) = 75, Kn (cm/s) = 0,26 e Ψ (s-1) = 1,5. Para os de 500 g/m ² : O95 (mm) = 0,080, O90 (mm) = 0,130, Q (l/s/m ²) = 39, Kn (cm/s) = 0,20 e Ψ (s-1) = 0,9.
<p>Resultados: O geotêxtil de gramatura de 200 g/m² e o geotêxtil de gramatura de 500 g/m² apresentaram respostas ao confinamento similares, com um pico acentuado e convexo no carregamento de 100kPa. Já o geotêxtil de gramatura de 300 g/m² não apresentou esse pico para nenhuma das aberturas de filtração estudadas.</p>						
<p>Comentários: Foi utilizado etanol no ponto de bolha. No geral, os resultados encontrados mostram que há uma mudança no comportamento do geotêxtil sob confinamento na presença de materiais sub e sobrejacentes.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
MISZKOWSKA <i>et al.</i>	<i>Laboratory Tests of the Influence of Clogging on the Hydraulic Properties of Nonwoven Geotextiles: Towards a Sustainable Geoenvironment</i>	2019	LABORATORIAL	Permeabilidade à água normal ao plano sob carga de 2, 5, 20 e 200 kPa, determinada de acordo com EN ISO 10776: 2012	Agregado de vidro	Geotêxtil não tecido com gramatura de 460 g/m ² , espessura a 2 kPa de 5.10 mm, Resistência a tração - MD: 500 N, Resistência a tração - CMD, de 650 N e Coeficiente de Permeabilidade de 0.00268 m/s
<p>Resultados: A pesquisa mostra que a colmatção tem influência na diminuição da permeabilidade do geotêxtil não tecido. Após 22 anos de uso, o coeficiente de permeabilidade à água das amostras testadas diminuiu 2,6 vezes. Além disso, as propriedades hidráulicas do geotêxtil diminuíram com o carregamento, o que deve ser incluído nos critérios para camadas de filtro de geotêxtil.</p>						
<p>Comentários: As amostras utilizadas foram exumadas de obras da barragem de aterro Biaeuobrzegi, na Polônia. após 22 anos de uso.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
MISZKOWSKA & KRYWOSZ	<i>Evaluation of soil-geotextile filtration behaviour using the gradient ratio test.</i>	2019	LABORATORIAL	Razão entre gradientes .	O solo testado é identificado como areia siltosa (siSa). Com as seguintes características: d_{10} : 0.02 mm d_{60} : 0.2 mm d_{90} : 0.41 mm Coeficiente de uniformidade, Cu: 10 Coeficiente de curvatura, Cc: 3.6 Permeabilidade do solo: 0.00009 m/s.	Geotêxtil não tecido de polipropileno com massa por unidade de área de 100 g/m ² . Espessura a 2 kPa: 1 mm Resistência à tração - MD: 8 kN/m Resistência à tração - CMD: 8 kN/m Alongamento na carga máxima - MD: 45% Alongamento na carga máxima - CMD: 55% Tamanho de abertura característica O90: 120 µm Permeabilidade à água normal ao plano: 110 l/s/m ²
<p>Resultados: Ocorreu colmatação significativa na camada de solo de 17 mm situada a uma distância de 8 a 25 mm acima da amostra de geotêxtil não tecido. No início dos testes, SGR (Razão entre gradientes para camadas de solo) 17 foi 1,4 vezes maior do que SGR4. Resultados experimentais semelhantes foram relatados por Wojtasik (2008). Os valores de SGR4 e SGR17 aumentaram de 0,74 para 1,48 e de 1,02 para 1,6 posteriormente. Os resultados obtidos mostram que o valor da razão entre gradientes no sistema solo-geotêxtil (GR) aumentou de 0,7 para 1,32 no gradiente hidráulico testado. Isso indica que pode ter ocorrido algum nível de colmatação no sistema solo-geotêxtil quando este foi submetido a um gradiente hidráulico maior. Os valores de GR no solo testado não excederam o limite de GR = 3 e diminuíram com o tempo. Por esse motivo, o geotêxtil não tecido testado pode ser usado como camada de filtração para solos com teor de finos de 20%.</p>						
<p>Comentários: É possível avaliar que, aumento no valor de GR resultou em uma diminuição no valor da condutividade hidráulica do sistema solo-geotêxtil. No entanto, notou-se que os valores da razão entre gradientes diminuíram com o tempo decorrido e atingiram valores estáveis após aproximadamente 160 horas de ensaio.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
NIEC <i>et al.</i>	<i>Small dam drainage with nonwoven geotextile after 40 years of exploitation.</i>	2019	LABORATORIAL	Peneiramento seco, permeabilidade.	O solo da barragem tem d_{85} de 0,5 mm, d_{50} de 0,3 mm, d_{10} de 0,15 mm e um Cu de 2,2. O coeficiente de permeabilidade do solo (areias médias e finas) da barragem é igual a 9×10^{-5} m/s. O solo em contato com o sistema de drenagem é uma mistura de areias médias e finas com $d_{85} = 0,50$ mm e $d_{20} = 0,20$ mm.	Geotêxtil do tipo agulhado, feito de polipropileno (50%) e poliéster (50%) com massa por unidade de área de 277 g/m ² , espessura de 4,21 mm, espessura das fibras de 0,0367 mm e tamanho de poro aparente (O_{95}) de 0,125 mm.
<p>Resultados: Ensaio laboratoriais de permeabilidade em corpos de prova geotêxteis exumados e um estudo numérico das condições de vazão da barragem foram realizados como parte da pesquisa. A permeabilidade dos corpos de prova geotêxteis exumados variou entre 0,15 e 0,40 cm/s, dependendo da posição de coleta dos corpos de prova no sistema de drenagem. As relações entre os coeficientes de permeabilidade do geotêxtil parcialmente entupido e virgem foram iguais a 0,6, 0,26 e 0,22 ($\approx 4,5$ menor que o valor original) após 8, 11 e 41 anos de serviço. A análise do tamanho de grão das partículas aprisionadas no geotêxtil (lado do filtro voltado para o reservatório) mostra um valor de d_{85} para essas partículas da ordem de 0,22 mm, consideravelmente maiores que o tamanho de abertura aparente do filtro ($O_{95} = 0,125$ mm). A partir dos dados disponíveis é possível estimar o nível de impregnação (λ) do filtro geotêxtil exumado e os cálculos sugerem que variou pelo menos entre 1,7 e 3,5. Apesar da redução da permeabilidade do filtro geotêxtil, o sistema de drenagem da barragem está funcionando bem.</p>						
<p>Comentários: Os autores investigaram a perda de permeabilidade do filtro geotêxtil na barragem de Piaski- Szczygliczka, com 4,4 m de altura, no rio Olobok, na Polônia. O sistema de drenagem (vala) da barragem localiza-se em seu talude a jusante, aproximadamente a meio caminho entre o canto da crista a jusante e o pé da barragem. O filtro geotêxtil não tecido envolve uma camada de cascalho de 100 mm de espessura ($d_{50} = 10$ mm) com um tubo de drenagem de 200 mm de diâmetro. Amostras geotêxteis foram coletadas em diferentes momentos da vida da barragem. Manchas visíveis de ferro concentraram-se na curvatura do geotêxtil em espécimes exumados, mas não comprometeram o comportamento do filtro. Não foram encontradas raízes de plantas ou manchas brancas de carbonato de cálcio. A maior redução no coeficiente de permeabilidade ocorreu durante os primeiros 11 anos de operação da barragem.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
FATEMA & BHATIA	<i>Correlation Between Capillary Flow and Dry Sieving Test Results of Woven and Nonwoven Geotextiles.</i>	2019	LABORATORIAL E MODELOS DE REGRESSÃO.	Peneiramento a seco, fluxo capilar, ponto de bolha	Óleo mineral foi usado como líquido umectante no teste de fluxo capilar	Sete geotêxteis tecidos de monofilamento, dois geotêxteis tecidos de multifilamentos, oito não tecidos termoligados, vinte e um não tecidos agulhados e dois geocompostos.
<p>Resultados: Para os geotêxteis testados, 26 dos 51 geotêxteis forneceram resultados AOS maiores em comparação com os resultados de Ponto de Bolha.</p>						
<p>Comentários: Foram realizadas também regressões lineares, como Random Forest, Support Vector Machines, Teste t-Student. O modelo SVM forneceu os resultados AOS previstos mais precisos e este modelo poderia ser usados posteriormente para novos geotêxteis com valores AOS desconhecidos.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
BEZGOVSEK <i>et al.</i>	<i>Influence of Structural Parameters of Nonwoven Geotextiles on Separation and Filtration in Road Construction.</i>	2019	LABORATORIAL	Ensaio de permeabilidade	Material granular graduado.	Geotêxteis não tecidos. Quatro amostras são de fibras PES e duas delas de fibras PP. A massa por unidade de área das amostras analisadas estão entre 129 e 380 g/m ² , e a espessura entre 1.027 e 2.081 mm.
<p>Resultados: O diâmetro das fibras teve uma influência estatisticamente significativa sobre a tensão de ruptura e o nível de deformação, principalmente por causa da área de superfície específica mais alta das fibras mais finas. As amostras, que são ligadas mecanicamente (agulhadas) ou produzidas em combinação com a técnica de colagem térmica, expressam em geral maior tensão de ruptura e menor nível de deformação de ruptura. A maior resistência à tração é obtida com a amostra de geotêxtil não tecido de polipropileno com 16,53 (N /mm²), que é ligado mecanicamente por agulhamento e tem a maior espessura. Os alongamentos na resistência à tração apresentam o maior valor para a amostra de PES na direção longitudinal (106,67% seco e 99,29% úmido). A amostra 1 é ligada por agulha e tem a menor espessura (1.068 mm) e o segundo menor diâmetro de fibras (15,95mm) que influencia no nível de alongamento mais alto. A maior fluência à compressão (1,22 mm) sob a pressão de 500 kPa foi medida para a amostra de PP, que tem a maior massa, espessura e também diâmetro de fibras alto</p>						
<p>Comentários: A pesquisa confirmou que a técnica de ligação e as propriedades estruturais influenciam significativamente as propriedades de separação e filtração de geotêxteis não tecidos. Notou-se que a maior massa e espessura e combinação de técnicas de ligação (a combinação de ligação mecânica, térmica e química) aumentaram principalmente a tensão de ruptura e os parâmetros viscoelásticos, como tensão no limite elástico, módulo de elasticidade, o trabalho de ruptura e o comportamento à fluência sob compressão, enquanto a condição da amostra (seca ou úmida) e o diâmetro das fibras teve um efeito estatisticamente insignificante nas propriedades mecânicas de geotêxteis não tecidos.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
ABBASPOUR & TANYU	<i>Evaluate Hydraulic Compatibility of Geotextile and RCA in Underdrain Systems Under Turbulent Flow Regime</i>	2019	LABORATORIAL	Razão entre gradientes permeabilidade, HCR	Agregado de Concreto reciclado e agregado virgem	Geotêxteis não tecidos, agulhado de polipropileno com gramatura de 163 g/m ² , AOS de 0.212 mm, Permissividade de 1,7 s ⁻¹ , espessura de 1,4 mm.
<p>Resultados: A razão entre gradientes, GR, e a razão de permeabilidade, KR, conforme sugerido por Aydilek e Edil (2002, 2003) são válidos apenas para uma condição de fluxo laminar. As amostras de geotêxtil não tecido testadas neste estudo experimentaram uma redução nas capacidades de filtração entre 25 a 60%. No entanto, todas as amostras testadas mantiveram valores de permeabilidade muito altos, apesar dessas reduções. Nenhum dos testes contrariou o $HCR \leq 4$.</p>						
<p>Comentários: A existência do regime de fluxo turbulento pode afetar as leituras do manômetro instaladas nos corpos de prova e, conseqüentemente, pode tornar o GR e K não confiáveis.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
RYOO & AYDILEK	<i>Hydraulic compatibility of geotextile-compost systems in 1 landfill covers</i>	2020	LABORATORIAL	Permeabilidade, teste laboratorial de filtração de longo prazo, permissividade, análises por imagens.	Composto de biossólido (B) produzido pela cidade de Aberdeen, Maryland; o composto separado na fonte (S) e o material de cobertura protetora (P) foram coletado de uma empresa de paisagismo, em Severn, Maryland;	3 geotêxteis tecidos de gramaturas de 207, 271 e 271 g/m ² e AOS de 0.30, 0.60, 0.425 mm, respectivamente; 2 Geotêxteis não-tecidos de gramaturas de 163 e 115 g/m ² e AOS de 0.212 e 0.30 mm, respectivamente
<p>Resultados: O parâmetro KR (Razão de Permeabilidade) pode não ser suficiente para determinar o bloqueamento, permissividade, o percentual de área aberta e mudanças na distribuição de tamanho dos poros também devem ser usados para confirmar o comportamento de bloqueamento. Os valores de KR indicaram que todas as combinações solo-geotêxtil testadas, exceto S-W2, permaneceram desobstruídas. Os critérios de filtro geotêxtil existentes foram capazes de prever o comportamento de retenção de todos os sistemas orgânicos solo-geotêxtil testados.</p>						
<p>Comentários: A maioria das combinações de compostagem-geotêxtil realizadas dentro dos critérios de filtração ($KR < 3$), indicaram o uso aceitável de material de compostagem em aplicações em aterros sanitários.</p>						

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
PALMEIRA, E. M.	<i>A Review on Some Factors Influencing the Behaviour of Nonwoven Geotextiles Filters.</i>	2020	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	Razão entre gradientes (GR), Teste de Ponto de Bolha, Abertura de Filtração,	Geral (Nenhum em específico para este caso)	Geotêxteis não tecidos de diferentes gramaturas e configurações

Resultados: Os geotêxteis devem atender a alguns critérios como o de capacidade de reter as partículas do solo de base (critério de retenção), devem ser mais permeável que o solo (em alguns casos, mais de uma ordem de magnitude, critério de permeabilidade), não devem colmatar (Critério anti-colmatação) e devem ser duráveis o suficiente (critério durabilidade/resistência). Ensaio como o de Razão entre Gradientes pode auxiliar a entender o funcionamento do geotêxtil. O confinamento pode reduzir significativamente os poros do geotêxtil e alterar as condições de filtração. Reduções significativa dos poros do geotêxtil com o aumento da tensão vertical são analisadas em diferentes trabalhos na literatura.

Comentários: Este trabalho realizou análises sobre conhecimentos, de modo geral, sobre o comportamento de fatores que influenciam no bom funcionamento de filtros geotêxteis. De acordo com o autor, alguns dos desempenhos insatisfatórios de filtros geotêxteis encontrados ainda são consequência da falta de dimensionamento adequado do sistema, especificações erradas do produto ou instalação. O autor relata ainda que os geotêxteis ainda são comumente especificados por seus preços por projetistas inexperientes, em vez de com base em requisitos de critérios de filtro. Além disso, também é comum a falta de cuidado durante a instalação e construção no campo, fazendo assim com que o material não atue da maneira esperada.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
KIM <i>et al.</i>	<i>Modelling of hydraulic deterioration of geotextile filter in tunnels drainage system</i>	2020	ENSAIO DE LABORATÓRIO	Permeabilidade, Escoamento com concentrações de sólidos	Geral (Nenhum em específico para este caso)	Geotêxtil com massa por unidade de área de 420,2 g/m ² , espessura de 3,7 mm, diâmetro da fibra de 0,027 mm e O95 (método de peneiramento úmido) de 0,099 mm.
<p>Resultados: Ensaios de permeabilidade no plano foram realizados em corpos de prova geotêxteis entupidos durante os ensaios de escoamento, sob um gradiente hidráulico de 1 e tensões verticais entre 2 kPa e 40 kPa. A permeabilidade do geotêxtil no plano diminuiu em aproximadamente 90% devido ao entupimento e ao incremento de tensão.</p>						
<p>Comentários: Foram observadas comparações satisfatórias entre as medidas e as previsões do método proposto. Os autores também apresentam uma equação para o coeficiente mínimo de permeabilidade no plano do filtro geotêxtil necessário para evitar a resistência ao fluxo no filtro geotêxtil.</p>						
Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
LIU & LIU	<i>The BioChemical Clogging of Landfill Leachate Collection</i>	2020	LABORATORIAL	Condutividade hidráulica, Análise microscópica eletrônica.	Lixiviados da estação de transferência de Xiaowuji MSW	Geotêxteis não-tecidos de gramatura de 400 g/m ² , condutividade hidráulica inicial em 1×10^{-3} , porosidade inicial de 0,9 e abertura equivalente de 0,05–0,20 mm.

	<i>System: Based on Laboratory Studies</i>					
--	--	--	--	--	--	--

Resultados: Os resultados obtidos pela microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostraram diretamente a colmatção bioquímica dos meios de drenagem e a forma de precipitados. Na camada de geotêxtil não tecido, os biofilmes depositados e as substâncias inorgânicas revestiram as fibras geotêxteis camada por camada e eventualmente preencheram o poro interno. No final do experimento, a porcentagem de sedimentos orgânicos secos (colmatção biológica) foi de 15,8-17,4%. Tanto a literatura quanto os resultados do ensaio indicaram que o CaCO precipitado foi o componente inorgânico mais importante no entupimento bioquímico.

Comentários: Nesta pesquisa, também foi proposto um método para analisar a obstrução de filtros causados pelo processo bioquímico

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
GOYCOECHEA <i>et al.</i>	<i>Effects of bio clogging on leachate exposed geotextiles for filter and drainage layer construction.</i>	2020	ENSAIOS LABORATORIAIS	Condutividade hidráulica, Análise microscópica óptica.	Foram utilizados três fluidos diferentes para o teste de condutividade hidráulica: água deionizada (DIW), lixiviado natural de aterro (NL) e uma solução nutritiva (NS). O NS foi preparado com 2% de glicose, 0,1% de NaCl, 0,1% de extrato de levedura, 0,1% de MgSO ₄ .7H ₂ O, 0,08% K ₂ HPO ₄ ,	Foram utilizados dois tipos de produtos geotêxteis: um geotêxtil tecido (WG) e um geotêxtil não tecido (NWG). O WG consiste em laços de cintas de polipropileno com um tamanho de abertura (O90) de 250 µm, uma massa por unidade de área de 0,027 g/cm ² e uma espessura de 0,75 mm. O NWG consiste em um

					0,02% KH ₂ PO ₄ e 7,5 × 10 ⁻⁴ % FeCl ₃	geotêxtil agulhado fabricado com filamentos contínuos de poliéster com um tamanho de abertura de 18000 µm , uma massa por unidade de área de 0,027 g/ cm ² e uma espessura de 1,53 mm.
--	--	--	--	--	--	---

Resultados: A tendência geral observada foi que a razão (entre a taxa de impregnação e a massa total de microorganismos ligados às fibras dos espécimes geotêxteis correspondentes aumenta com o tempo, como visto para os espécimes imersos em NL e NS, pois a atividade biológica é mais intensa do que para os espécimes imersos em DIW. A taxa de impregnação para os dois tipos de geotêxteis aumentou com o tempo para aqueles imersos em lixiviado natural e solução nutritiva. No entanto, os valores foram maiores para geotêxteis não tecidos. Devido à formação de biofilmes em espécimes de geotêxtil imersos em lixiviado natural e solução nutritiva, o tamanho da abertura do geotêxtil diminuiu, resultando em uma diminuição na condutividade hidráulica.

Comentários: A taxa de impregnação é um parâmetro diretamente proporcional à massa total de microorganismos aderidos às fibras dos espécimes geotêxteis correspondentes.

Autor(es)	Título	Ano do Estudo / Obra	Tipo de Estudo	Tipos de Ensaio	Tipo de Solo	Tipo de Geotêxtil
MARKIEWICZ <i>et al.</i>	<i>Influence of physical clogging on filtration performance of soil-geotextile interaction.</i>	2022	CASO DE OBRA	Condutividade hidráulica, Razão entre gradientes (GR) variando entre 1 e 10, microscopia eletrônica	Areia Siltosa com D10 = 0,02mm, D50 = 0,16 mm, D60 = 0,19, D85 = 0,34 mm, Cu = 9,5 e Cc = 2,38	geotêxtil não tecido de polipropileno, com massa por unidade de área de 450 g/m ² , 5 mm de espessura e com coeficiente de permeabilidade de 0,005 m/s. Três geotêxteis virgens puncionados com agulha, de polipropileno

Resultados: O solo testado nos ensaios de GR foi uma areia siltosa com $D_{10} = 0,02$ mm, $D_{50} = 0,16$ mm, $D_{60} = 0,19$, $D_{85} = 0,34$ mm, $C_u = 9,5$ e $C_c = 2,38$. O solo é caracterizado como internamente instável, de acordo com o critério proposto por Kenney & Lau (1985). Foram observadas reduções do coeficiente de permeabilidade do geotêxtil após os testes de GR entre 2,7 e 5,5 vezes, dependendo do geotêxtil considerado. Os autores recomendam que $GR_{8mm} \leq 3.7$ e $GR_{4mm} \leq 4.8$, mas com número limitado de resultados de teste. Testes de permeabilidade sob tensão vertical de 5 kPa (estresse de campo) foram realizados em corpos de prova exumados. O valor do nível de impregnação (λ) no geotêxtil exumado foi igual a 0,88. Os resultados dos ensaios de permeabilidade em corpos de prova exumados mostraram uma redução significativa (9 vezes menor) com relação ao valor do corpo de prova virgem, porém, o critério de permeabilidade para o filtro geotêxtil ainda foi atendido ($k_{GT} = 246k_s$ nesse caso).

Comentários: As amostras geotêxteis foram extraídas da Barragem de Bialobrzegi, na Polônia, após 23 anos sendo utilizados no sistema de drenagem. Antes da instalação do filtro geotêxtil, em 1994, havia ocorrência do fenômeno de sufusão no filtro de areia original. Observou-se poucos casos de *piping*, bem abaixo dos 2500 g/m², limite recomendado por Lafleur (1989).

