



III-019 – UMA NOVA SOLUÇÃO AMBIENTALMENTE CORRETA DE SE TRATAR CHORUME

Evandro Rodrigues de Britto⁽¹⁾

Biólogo pela UB em 1963. Funcionário da CEDAE por 39 anos, tendo sido Diretor de Esgotos (1994/1995 e 1999/2001), Diretor Regional (2001/2002) e Diretor de Atividades Especiais (2003). Presidente da FEEMA (1979/1983), da CECA (1979/1983) e do Conselho Federal de Biologia (1985/1987). Professor Titular de Biologia Sanitária da Escola de Engenharia da UFRJ (1967/1973) e da PUC (1967/1969) e Professor Regente de Evolução da UFRRJ (1973).

Leo César Queiroz Cavalcanti Melo⁽²⁾

Químico Industrial pela UFP em 1998. Funcionário da COMPESA por 5 anos, tendo sido Gerente de Águas (1999/2001) e Gerente de Esgotos (2001/2204). Atualmente é Gerente de Aplicação da ALLONDA Geossintéticos Ambientais Ltda.

Lucio Henrique Bandeira⁽³⁾

Engenheiro Civil pela UFRJ em 1973. Mestrado em Saúde - Área de Concentração "Saneamento Ambiental" - Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ - 2003. Foi Superintendente Adjunto de Saneamento - Departamento de Engenharia e Ciências do Ambiente da SESP; Chefe de Gabinete da Presidência da Fundação Nacional de Saneamento; Subsecretário Adjunto de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro; Superintendente da Diretoria de projetos Especiais da CEDAE e Diretor Presidente da LCBandeira Consultoria e Participação.

Nathalia Paiva Barbosa de Castro⁽⁴⁾

Engenheira Civil pela UFJF em 1999. Mestrado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA – em Geotecnica 2005. Engenheira Civil da Coneplan Empreendimentos Gerais Ltda. – Juiz de Fora – MG (1999), Engenheira de Campo da Schlumberger Oilfield Services (2000) e Engenheira da ALLONDA Geossintéticos Ambientais Ltda. (desde 2006).

Endereço⁽¹⁾: Cond. Vale de Itaipu, casa 649, Itaipu, Niterói, RJ, CEP: 24340-140 - Brasil - Tel: (21) 2709-2304 - e-mail: erbritto@oi.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma nova tecnologia, denominada geotube, que consiste em um sistema de geocontenção por meio de tubos de geotêxtil tecido de alta resistência e que vem sendo aplicado em diversos tipos de lodos e sedimentos contaminados em inúmeros países ao redor do mundo.

A solução adotada é pioneira em termos mundiais, não tendo sido jamais utilizada anteriormente para tratamento de chorume de aterros sanitários de resíduos sólidos domésticos.

Ela consiste em tratar, em conjunto, lodos oriundos de caminhões limpa-fossa e chorume de aterros sanitários. O princípio se baseia na possibilidade de se utilizar os sólidos em suspensão dos lodos de fossas como substrato para adsorver os sólidos dissolvidos do chorume, principal responsável pela elevada carga orgânica deste tipo de despejo.

Os resultados obtidos mostram ser esta nova solução não somente ambientalmente correta como também da mais alta eficiência no tratamento do chorume.

O uso de geotube na secagem de lodos é, também, uma solução ambientalmente correta, com grandes vantagens sobre outros métodos usuais e deve ser adotada em projetos afins.

PALAVRAS-CHAVE: Geotube, Chorume, Lodo de Fossas Sépticas, Aterro Sanitário.

INTRODUÇÃO

Geralmente o tratamento de efluentes líquidos de aterros sanitários, conhecidos por chorume, apresenta problemas decorrentes da grande variabilidade da vazão e da qualidade destes efluentes.

Este trabalho apresenta uma nova tecnologia, denominada geotube, que consiste em um sistema de geocontenção por meio de tubos de geotêxtil tecido de alta resistência e que vem sendo aplicado em diversos tipos de lodos e sedimentos contaminados em inúmeros países ao redor do mundo (Lawson 2006, Melo et al 2007, Melo et al 2008 e Pilarczyk 2000).



O geossintético utilizado tem por função principal reter a parte sólida do material a ser desaguado e permitir a passagem da parte líquida (Vidal e Urashima 1999). A partir desse princípio, o geotube passa pelas fases de **contenção**, quando é preenchido por material bombeado e com alto teor de umidade; de **filtração**, que ocorre instantaneamente após o bombeamento e representa a saída do fluido drenado pelos poros do geotêxtil, o que promove a redução do volume do material, e, por fim, a fase de **consolidação**, na qual ocorre a desidratação do material ao longo do tempo, quando a percentagem de sólidos aumenta gradativamente alcançando teores de material seco muito elevado, permitindo inclusive a eliminação da umidade residual por evaporação (Fowler et al 2002, Castro 2005, Lawson 2006, Martins 2006) fazendo com que o valor de MS seja superior a 90%.

As principais características desta tecnologia são:

1. Alta resistência à tração do geotêxtil tecido, grande capacidade mecânica e elevada tenacidade.
2. A costura é feita de maneira a resistir às altas tensões sob as quais o sistema está submetido, principalmente no momento do bombeamento (Pilarczyk 2000), além de ser igualmente resistente à degradação química e biológica.
3. Alta eficiência de filtração com elevados teores de sólidos retidos.
4. Resistente à presença de produtos químicos, alcalóides e ácidos em geral.
5. Resistente aos raios solares tipo UV.

O líquido drenado pode ser recirculado, retornado ao processo ou devolvido ao meio ambiente, a depender das análises realizadas em relação ao que diz respeito à qualidade deste fluido e o emprego a ser dado a ele.

SOLUÇÃO INTEGRADA DE LODO DE FOSSAS E CHORUME.

No Município de Rio das Ostras, RJ, um problema operacional trouxe graves consequências na disposição dos lodos de fossas por parte dos caminhões limpa fossa e, paralelamente, a disposição do chorume produzido no aterro sanitário, que também não vinha tendo uma solução compatível com os desejos do órgão ambiental. Antes do início do projeto os caminhões limpa fossa lançavam o esgoto no ambiente e o chorume era tratado por um conjunto de lagoas de estabilização, em série, cujo efluente final, rico em algas, era lançado no corpo receptor sem condições de absorver a quantidade de algas do efluente.



Lagoas de estabilização de tratamento de chorume.

A solução adotada é pioneira em termos mundiais, não tendo sido jamais utilizada anteriormente para tratamento de chorume de aterros sanitários de resíduos sólidos domésticos.



Ela consiste em tratar, em conjunto, lodos oriundos de caminhões limpa-fossa e chorume de aterros sanitários. O princípio se baseia na possibilidade de se utilizar os sólidos em suspensão dos lodos de fossas como substrato para adsorver os sólidos dissolvidos do chorume, principal responsável pela elevada carga orgânica deste tipo de despejo.

Foram feitas análises, durante 15 dias, para se determinar os principais parâmetros de qualidade do lodo de fossas e do chorume produzido no aterro sanitário. Conforme se pode constatar, nos quadros abaixo, o chorume não apresentou valores elevados de DBO e DQO, como era de se esperar. Pesquisas para esclarecer a razão dos valores menores mostraram que o aterro apresentava uma infiltração do lençol freático ao sistema de captação de chorume o que o diluía a valores bem inferiores dos conhecidos pela literatura técnica. Por outro lado, os valores encontrados no lodo de fossa, em relação a sólidos em suspensão, eram bastante favoráveis à proposta de adsorção dos sólidos dissolvidos do chorume.

PONTO 1 CHORUME

	26/4/2006	27/4/2006	28/4/2006	1/5/2006	2/5/2006	3/5/2006	4/5/2006	5/5/2006
Coli tot.	$1,3 \times 10^8$	$2,0 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$	$2,3 \times 10^8$	$2,3 \times 10^8$	$8,0 \times 10^5$	$7,0 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$
Coli fec.	$2,0 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$	$1,7 \times 10^7$	$5,0 \times 10^7$	$5,0 \times 10^7$	$2,0 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$
Bact. het.	$9,0 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$8,0 \times 10^4$	$8,4 \times 10^5$	$8,4 \times 10^5$	$4,7 \times 10^6$	$4,1 \times 10^6$	$9,6 \times 10^5$
DBO	490	420	420	450	500	480	580	640
DQO	1200	1050	1100	1120	1100	1100	1200	1500
Fós. tot.	2,5	1,5	0,4	1	2,6	1,7	1,7	3
Nitr.Kjeld	76	97	97	82	212	142	374	183
O & G	8	16	0,6	10	6	6	6	10
pH	7,6	6,5	6,8	7,54	7,21	7,27	7,52	7,4
SST	96	400	96	110	76	68	69	86
SSF	46	120	72	50	43	28	28	46
SSV	50	280	24	60	33	40	41	40
Surfact.	1,5	1,7	1,7	1,5	2,5	2,8	2	2,4
Turbidez	72,2	85,1	89,2	91,5	98,4	92,8	76,1	44,4

CHORUME

	8/5/2006	9/5/2006	10/5/2006	11/5/2006	12/5/2006	15/5/2006	16/5/2006	Média
$3,2 \times 10^5$	$4,0 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$	$9,4 \times 10^5$	$3,6 \times 10^5$	$7,4 \times 10^5$	$6,4 \times 10^5$		
$3,0 \times 10^4$	$3,2 \times 10^3$	$2,6 \times 10^4$	8,2104	$2,2 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$9,0 \times 10^3$		
$1,7 \times 10^5$	$5,0 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$9,9 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$	$6,5 \times 10^6$	$8,0 \times 10^5$		
215	330	480	530	320	430	380		444,3
461	700	1300	1200	1100	1100	900		1075,4
2,4	2,5	2,5	2,2	3	3	7,7		2,5
340	496	377	436	486	426	321		276,3
< 4	6	5	6	6	< 4	8		7,2
7,7	8	7,5	7,6	7,5	7,6	7,7		7,4
98	92	100	72	88	87	96		108,9
32	40	32	32	58	22	40		45,9
66	52	68	40	30	65	56		63,0
0,4	1,5	1,5	2,4	1,5	1	1,8		1,7
35	42	46	88,8	40	40	43		65,6

PONTO 5 AFLUENTE CAMINHÃO LIMPA-FOSSA

	26/4/2006	27/4/2006	28/4/2006	1/5/2006	2/5/2006	3/5/2006	4/5/2006	5/5/2006
Coli tot.	$6,1 \times 10^7$	$5,9 \times 10^7$	$7,0 \times 10^7$	$1,0 \times 10^8$	$1,0 \times 10^8$	$1,7 \times 10^7$	$2,0 \times 10^6$	$9,2 \times 10^9$
Coli fec.	$9,6 \times 10^6$	$9,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^7$	$6,4 \times 10^7$	$6,4 \times 10^7$	$8,0 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$	$9,3 \times 10^7$



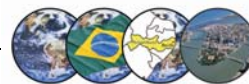
Bact.het.	1,0x10 ⁶	1,5x10 ⁶	2,0x10 ⁶	9,2x10 ⁶	9,2x10 ⁶	7,0x10 ⁷	3,0x10 ⁷	9,9x10 ⁹
DBO	1200	1300	2200	1400	1200	680	1100	1420
DQO	3200	2900	5600	3400	3050	1400	2300	2960
Fósf.tot.	8	6,5	12	7,5	9,5	11	11	12
Nitr.Kjeld	76	35	136	92	109	69	51	68
O & G	26	26	2,4	19	28	30	30	34
pH	7,2	5,5	7	6,99	7,02	7,19	7,22	5,34
SST	1054	2650	2100	1700	980	620	120	390
SSF	780	650	880	720	260	200	10	40
SSV	270	2000	1220	980	720	420	110	350
Surfact.	2,5	3,5	2,4	3	5,6	4,2	8	6,5
Turbidez	580	690	920	937	1245	590	84,4	380

AFLUENTE CAMINHÃO LIMPA FOSSA

8/5/2006	9/5/2006	10/5/2006	11/5/2006	12/5/2006	15/5/2006	16/5/2006	Média
2,6x10 ⁸	2,0x10 ⁹	3,6x10 ⁸	7,0x10 ⁹	8,0x10 ⁸	8,0x10 ⁹	9,6x10 ⁹	
8,6x10 ⁷	7,6x10 ⁷	9,2x10 ⁷	7,3x10 ⁸	1,6x10 ⁷	3,8x10 ⁶	8,0x10 ⁶	
2,2x10 ⁹	6,3x10 ⁹	2,6x10 ⁹	8,1x10 ⁹	8,6x10 ⁸	5,4x10 ¹⁰	3,2x10 ¹⁰	
780	1800	1300	1200	1400	1700	900	1305,3
1552	4380	3000	2500	3400	3950	2300	3059,5
11,5	11	14	15	15	15	14	11,5
49	62	130	120	116	89	66	84,5
36	42	32	26	36	32	30	28,6
5,6	7	7,3	7	6,9	6,3	6	6,6
508	620	5110	880	1210	1170	612	1314,9
68	72	570	120	250	190	240	336,7
440	548	4540	760	960	980	332	975,3
1,6	4	4	2,3	3,8	3	3,6	3,9
360	420	460	1482	410	480	275	620,9

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.

A implantação do sistema de tubos de geotêxtil é realizada através de terraplenagem de uma célula plana com inclinação máxima de 1%, com resistência mínima do solo de 1,6 kg/cm² com berços laterais e caixa de concreto de coleta para retorno do percolado para as lagoas. Sistema revestido com material impermeabilizante de 1 mm, coberto por geotêxtil não-tecido, com a gramatura variando de 150 a 200 g/m², camada de brita # 1 e de espessura 15 cm.



Célula de assentamento dos tubos de geotêxtil.

Para a floculação do material a ser desidratado, instala-se um sistema de mistura e injeção de polímero, constituído por um reservatório com capacidade de preparo de 5000 litros e uma tubulação que injeta o polímero no recalque das bombas em forma de ziguezague para a mistura por turbilhonamento.



Sistema de aplicação, mistura e injeção de polímero.

Foi desenvolvido um projeto único, no qual se utilizou uma das lagoas do sistema de tratamento de chorume para receber a mistura chorume + lodo de fossas proveniente do poço de recolhimento de chorume e dos caminhões tanque. Foi montado um sistema para recircular e misturar os dois líquidos. Um sistema de bombeamento com (2+1) bombas, tipo auto escorvante, recalca a mistura diretamente para os geotubos.



Sistema de recirculação e bombeamento, e lagoa de homogeneização.



Enchimento dos bag's.

O lodo e o chorume entram no “bag” com alta carga química e orgânica, e o efluente sai claro e com baixa carga de contaminantes (dentro dos padrões dos parâmetros ambientais). De lá o efluente é enviado para outra lagoa reservatório, quando será utilizado como água de reuso dentro do aterro e água para irrigação de jardins no município.



Bag cheio drenando para a caixa efluente.

RESULTADOS DAS ANÁLISES.

Os resultados obtidos são mostrados abaixo, bem como as médias aritméticas dos valores medidos na tabela abaixo.

PONTO 10	AFLUENTE BAGS							
	26/4/200	27/4/200	28/4/200	1/5/2006	2/5/2006	3/5/2006	4/5/2006	5/5/2006
	6	6	6					
Coli tot.	$9,9 \times 10^4$	$8,2 \times 10^8$	$8,0 \times 10^4$	$2,6 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$	$5,0 \times 10^8$	$3,0 \times 10^9$	$2,0 \times 10^8$
Coli fec.	$1,0 \times 10^4$	$5,9 \times 10^7$	$2,0 \times 10^3$	$3,2 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$8,0 \times 10^7$	$8,2 \times 10^7$	$3,0 \times 10^7$
Bact.het.	$7,0 \times 10^4$	$8,7 \times 10^6$	$3,4 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	$1,8 \times 10^8$	$2,2 \times 10^9$	$6,8 \times 10^8$
DBO	4200	5100	2400	2000	4100	2700	2100	1340
DQO	9500	10500	5700	4900	9600	6800	5200	3000
Fósf.tot.	6,5	6	10	6,5	12	12	14	13
Nitr.Kjeld	62	127	135	110	130	94	148	83
O & G	42	28	1,5	26	35	38	38	28
pH	6,8	7,2	7,5	6,55	6,55	6,59	6,83	5,6
SST	1360	3446	1220	1635	1930	2600	3240	1540
SSF	960	2100	584	735	680	940	470	420
SSV	400	2346	636	900	1250	1660	2770	1120
Surfac.	2	2,7	2,1	2	3,5	1,6	6,5	8,2
Turbidez	790	935	1000	773	2060	3270	897	700



AFLUENTE BAGS

8/5/2006	9/5/2006	10/5/2006	11/5/2006	12/5/2006	15/5/2006	16/5/2006	Média
$6,4 \times 10^9$	$8,2 \times 10^9$	$7,6 \times 10^9$	$4,2 \times 10^{10}$	$1,0 \times 10^{10}$	$5,8 \times 10^{10}$	$6,8 \times 10^{10}$	
$8,7 \times 10^8$	$4,1 \times 10^8$	$8,1 \times 10^7$	$7,9 \times 10^8$	$8,5 \times 10^8$	$6,0 \times 10^8$	$4,9 \times 10^9$	
$7,4 \times 10^9$	$9,0 \times 10^9$	$9,5 \times 10^9$	$6,8 \times 10^{10}$	$1,5 \times 10^{10}$	$7,5 \times 10^{10}$	$9,0 \times 10^{10}$	
1000	2100	3100	6400	9200	3900	7400	3802,7
2644	6443	6800	16000	19000	9200	17000	8819,1
12	13	14	16	22	20	24	13,4
145	106	89	135	217	185	244	134,0
30	38	40	38	48	46	45	34,8
6,7	6,6	6,8	6,6	6,6	6,7	6,6	6,7
2780	1140	3800	2840	11180	4410	9880	3533,4
830	300	1000	1040	3700	1260	3160	1211,9
1950	840	2800	1800	7480	3150	6720	2388,1
2,5	3,2	3,2	3	4,6	4,5	4,2	3,6
680	720	620	780	700	260	520	980,3

PONTO 15

EFLUENTE BAGS

	26/4/2006	27/4/2006	28/4/2006	1/5/2006	2/5/2006	3/5/2006	4/5/2006	5/5/2006
Coli tot.	$5,6 \times 10^6$	$2,0 \times 10^5$	$7,0 \times 10^6$	$6,6 \times 10^6$	$6,6 \times 10^6$	$1,7 \times 10^7$	$9,0 \times 10^5$	$6,7 \times 10^5$
Coli fec.	$2,1 \times 10^5$	$1,9 \times 10^4$	$3,0 \times 10^5$	$6,3 \times 10^5$	$6,3 \times 10^5$	$8,0 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	$5,0 \times 10^4$
Bact.het.	$2,0 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	$8,0 \times 10^5$	$8,0 \times 10^5$	$1,4 \times 10^8$	$6,0 \times 10^6$	$7,6 \times 10^5$
DBO	130	88	110	90	82	82	54	120
DQO	220	190	280	220	180	180	130	280
Fósf.tot.	6,4	8,5	13	8	16	12	11	11,5
Nitr.Kjeld	63	59	64	51	86	72	73	73
O & G	16	16	0,8	12	10	6	8	16
pH	7,9	7,7	7,6	7,24	7,41	7,66	7,56	7,48
SST	28	30	42	35	30	36	20	30
SSF	17	22	28	13	8	8	2	3
SSV	11	8	14	22	22	28	18	27
Surfac.	1,3	3,8	1	1	1,2	2,5	0,8	6,8
Turbidez	11,5	10,2	12,5	6,08	15,4	13,4	10,2	11,2

**EFLUENTE BAGS**

8/5/2006	9/5/2006	10/5/2006	11/5/2006	12/5/2006	15/5/2006	16/5/2006	Média
$5,6 \times 10^5$	$3,0 \times 10^5$	$4,6 \times 10^5$	$4,3 \times 10^6$	$7,0 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$	$6,0 \times 10^5$	
$5,4 \times 10^3$	$5,7 \times 10^3$	$4,2 \times 10^3$	$3,2 \times 10^4$	$6,4 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	$7,2 \times 10^3$	
$6,4 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$5,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^7$	$6,4 \times 10^5$	$1,0 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	
100	130	110	120	120	76	200	107,5
214	262	240	230	300	170	500	239,7
13	13	12,5	14	13	12	14	11,9
72	61	78	79	107	20	48	67,1
6	< 4	< 4	4	10	< 4	6	9,2
7,5	7,6	7,4	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5
25	30	38	60	47	43	48	36,1
2	5	4	20	27	10	6	11,7
23	25	34	40	20	33	42	24,5
4	2,8	3	0,8	1,6	2,5	1,5	2,3
10	12	15	20,3	13	11	10	12,1

Parâmetro	Afl. Bag.	Efl. Bag.	Redução
DBO	3802,7	107,5	97,17%
DQO	8819,1	239,7	97,28%
Fósforo total	13,4	11,9	11,19%
Nitrogênio Kjeldhal	134,0	67,1	49,92%
O & G	34,8	9,2	73,56%
pH	6,7	7,5	
SST	3533,4	36,1	98,97%
SSF	1211,9	11,7	99,03%
SSV	2388,1	24,5	98,97%
Surfactantes	3,6	2,3	36,11%
Turbidez	980,3	12,1	98,73%

Foram analisados, também, os coliformes totais, fecais e as bactérias heterogênicas, que não constam da tabela acima, pois não cabe tirar médias aritméticas desses valores.



Afluente aos bag's.



Efluente dos bag's.

USO POSTERIOR DO MATERIAL CONTIDO.

O geotêxtil tecido constituinte dos tubos, após totalmente saturados, apresentam resistência remanescente. Considerando que para sua reutilização deve-se impor uma retro lavagem, este material é aplicável como reforço em aterros, rodovias, obras de contenção e de taludes, e como suporte para revitalização de encostas com a colocação de sementes, selecionadas, em orifícios que podem ser abertos no geotecido, além de ser totalmente reciclável, uma vez que é fabricado em polipropileno.

O lodo seco pode ser usado como material de recobrimento de aterros sanitários na proporção de 1:1 com terra, e o geotêxtil tecido descartado também trará benefícios mecânicos e estruturais em função de suas propriedades de reforço e propriedades hidráulicas, que auxiliam no controle de erosão dos taludes do aterro sanitário.

TEMPO DE UTILIZAÇÃO

Os geotubes entraram em operação no aterro sanitário de Rio das Ostras em 11 de janeiro de 2006, estando, portanto, em uso durante 33 meses e 18 dias (até a data da coleta de informações para o presente trabalho – 29/10/2008), recebendo um volume de 30 m³/dia de chorume e 4.062 m³/mês de lodos de fossas sépticas em caminhões de 12,8 m³ em média. O bag nº 4, de 60 m, foi considerado saturado em 16/10/2008.

CONCLUSÕES

A utilização do lodo de caminhões limpa fossas é essencial, pois o mesmo serve de substrato para a floculação dos sólidos dissolvidos encontrados no chorume, o que possibilita os resultados extremamente eficientes na remoção da carga de poluentes.

Os resultados obtidos mostram ser esta nova solução não somente ambientalmente correta como também da mais alta eficiência no tratamento do chorume.

O uso de geotube na secagem de lodos é, também, uma solução ambientalmente correta, com grandes vantagens sobre outros métodos usuais e deve ser adotada em projetos afins.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRO, N. P. B. – Sistemas tubulares para contenção de lodo e sedimentos contaminados. Tese para mestrado do Instituto Tecnológico de Aeronáuticas – ITA, 2005.
2. CASTRO, N. P. B., MELO, L. C. Q. C., ESCOBAR, L. B., Environmental Integrated Solution for Septic Tank Sludge and Landfill Leachate Using Geotextile Tubes Dewatering Technology. The First Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition, GEOAMERICAS 2008, March of 2008. Cancun – México.
3. FOWLER, J., DUKE, M., SCHMIDT, M.L., CRABTREE, B., BAGBBY, R.M., TRAINER, E. Dewatering sewage sludge and hazardous sludge with geotextile tubes. GEOSYNTHETICS - 7TH ICG, 2002, Nice. Anais...Nice, 2002. p. 1007-101
4. MELO, L. C. Q. C., ESCOBAR, L. B., CASTRO, N. P. B., Contenção e Desidratação de Lodos Perigosos Através de Tubos de Geotêxtil. XVIII Encontro Técnico AESABESP, FENASAN 2007. Agosto de 2007, São Paulo, SP.
5. MELO, L. C. Q. C., RIBEIRO, J. A. M., CASTRO, N. P. B., Uso de Tubos de Geotêxtil para Desidratação de Lodo Gerado em Estação de Tratamento de Esgoto por Processo de Lodos Ativados. XIX Encontro Técnico AESABESP, FENASAN 2008. Agosto de 2008, São Paulo, SP..
6. PILARCZYK, K. W. Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering. ISBN-9058093026. 2000, Balkema.
7. VIDAL, D., URASHIMA, D.C., - Dimensionamento de filtros e drenos em geossintéticos. In: GEOSSINTÉTICOS'99. Outubro, 1999, Rio de Janeiro.