



MEMORIAL DESCRITIVO

SERVIÇO: IMPLANTAÇÃO DA CÉLULA II DO ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE ARAGUARI

LOCALIZAÇÃO: *Fazenda dos Verdes – Estrada para a Ponte Preta S/N*

GENERALIDADES

Para uma boa elaboração do orçamento e prestação de serviços é necessária uma perfeita compreensão de documentos apresentados e conhecimento das Normas Técnicas e recomendações dos fabricantes referentes à utilização de todos os materiais que serão aplicados no local.

É obrigatória, uma visita prévia ao local da prestação dos serviços, para conhecimento das condições locais, tais como: limites da área e instalações.

As divergências encontradas entre os documentos e o memorial descritivo apresentados deverão ser tidas como verdadeiras os constantes no memorial descritivo.

Em função das recomendações acima, a Prefeitura Municipal de Araguari, não aceitará, em nenhuma hipótese, alegações da contratante, referentes a desconhecimento, incompreensão, dúvida ou esquecimento de qualquer detalhe específico ou não, e a Firma terá que arcar com todo o ônus daí decorrente, uma vez que as especificações e a visita ao local de prestação dos serviços se completam.

A presença da Fiscalização da Prefeitura Municipal de Araguari, não exime a empreiteira de sua responsabilidade sobre a totalidade dos serviços contratados.

À Fiscalização da Prefeitura Municipal de Araguari, caberá decidir os casos omissos, esclarecer dúvidas de especificações e outros documentos bem como exigir seu atendimento.

A Prefeitura Municipal de Araguari exigirá da empresa a ser contratada, o atendimento de todas as recomendações referentes à higiene e Segurança do Trabalho, podendo inclusive, determinar a paralisação dos trabalhos se tais normas não forem atendidas.



Todos os serviços deverão ser executados por pessoal especializado, podendo a Fiscalização rejeitar os serviços mal executados, e sem que isto resulte em indenização ou justificativa.

Todos os tributos e encargos sociais que incidam sobre o serviço contratado são de exclusiva responsabilidade da empreiteira.

A Prefeitura Municipal de Araguari exigirá a comprovação, por parte da empreiteira, do cumprimento integral de todos os encargos sociais relativos ao serviço e que são de responsabilidade integral da Contratada; é considerado pré-requisito para liberação de medição essa comprovação.

A Prefeitura Municipal de Araguari, através da Fiscalização, terá plena autoridade para determinar a paralisação dos trabalhos, se assim julgar conveniente, e por motivos de ordem técnica, de segurança, disciplina, bem como determinar substituição de funcionários.

Determinada a paralisação, os trabalhos só deverão ser reiniciados após expedição de nova ordem de reinício.

Pretendendo a empreiteira subcontratar, sob sua responsabilidade, parte dos serviços contratados, terá que pedir prévia autorização à Fiscalização, anexando ao pedido "Curriculum" da firma subempreiteira, para análise e aprovação, ficando a Prefeitura Municipal de Araguari, com o direito de impugnar qualquer subcontratação a pessoa física ou jurídica pôr ela considerada inidônea ou inconveniente aos seus interesses.

A execução dos serviços deverá ser feita em obediência rigorosa aos documentos e elementos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Araguari.

Os casos omissos serão resolvidos pela Fiscalização da Prefeitura Municipal de Araguari.

A firma empreiteira assume total responsabilidade civil e penal contra terceiros, em virtude de mão-de-obra, equipamentos, dispositivos e outros elementos aplicativos aos serviços contratados.

A Prefeitura Municipal de Araguari, se assim lhe convier, poderá assumir a execução de quaisquer serviços extraordinários que julgar necessário, ou empreitá-lo a firma especializada.



ESPECIFICAÇÕES, PLANILHAS

Os serviços que constituem o objeto deste edital deverão ser executados em estrita observância à legislação vigente e segurança da população do município, principalmente do entorno do local a serem prestados os referidos serviços.

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico tem como objetivo apresentar o **MEMORIAL DESCRITIVO** elaborado para os projetos atualizados de “implantação da Célula II e encerramento da Célula I do **ATERRO SANITÁRIO DE ARAGUARI** visando a sua ampliação operacional, uma vez que a capacidade de recebimento de resíduos sólidos urbanos da atual Célula I já se encontra esgotada.

O projeto atualizado descrito no presente memorial foi elaborado com base no projeto originalmente concebido e licenciado junto ao órgão ambiental estadual, porém com as devidas atualizações e adequações pertinentes necessárias, e sempre atendendo às normas técnicas e legislações ambientais vigentes.

Os projetos aqui apresentados também foram elaborados, quando aplicáveis, em conformidade com as seguintes normas técnicas da ABNT:

- NBR-13.896/1997 – Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação;
- NBR-8.419/1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

2 – CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

No presente tópico, será feita uma apresentação detalhada dos projetos técnicos atualizados de implantação da Célula II e de encerramento da Célula I do Aterro Sanitário de Araguari, visando a sua ampliação operacional, estando os desenhos detalhados apresentados nos anexos do presente relatório.

2.1 – VIDA ÚTIL ESTIMADA PARA A CÉLULA II

A capacidade volumétrica de um aterro sanitário depende exclusivamente do seu projeto geométrico e, para o caso da Célula II será de aproximadamente **230.000,00 m³**, tal como informado de forma mais detalhada em tópico mais adiante.

As definições do grau de compactação dos resíduos e do percentual de material de recobrimento diário do lixo, apesar de também serem parâmetros especificados em projeto, na prática dependerão principalmente das condições operacionais efetivamente praticadas no decorrer da operação do empreendimento.

Já a estimativa dos quantitativos de resíduos que serão tratados em um aterro sanitário depende dos seguintes aspectos:



PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUARI
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
ATERRO SANITÁRIO

- Elaboração, quando possível, de estimativas das quantidades dos resíduos gerados pelos potenciais clientes e que poderão ser encaminhados para tratamento e disposição final no empreendimento;
- Definição de uma capacidade máxima operacional diária para o empreendimento.

Para o Aterro Sanitário de Araguari considerou-se os seguintes parâmetros operacionais:

- Geração per capita de resíduos sólidos urbanos = 0,700 kg/hab.dia
- Grau de compactação dos resíduos aterrados = 0,700 ton/m³
- Geração de resíduos por 365 dias ao ano;
- Percentual de recobrimento diário dos resíduos = 10%
- Fator de segurança = 5%

Tomando-se como base o comportamento populacional de Araguari indicados pelos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010, foram encontrados os seguintes cenários de crescimento populacional.

QUADRO 01 – Comportamento populacional estimado para Araguari com base nos Censos de 1991 e 2010.

COMPORTAMENTO POPULACIONAL (CENSOS IBGE 1991 - 2010)						
EMPREENHIMENTO: Aterro Sanitário de Araguari			DATA: dezembro-15			
PROJETO: Projetos executivos e custos de implantação da célula II						
MUNICÍPIO: Araguari/MG						
HIPÓTESE CONSIDERADA: Crescimento populacional médio através dos censos de 1991 e 2010						
Ano	População (hab.)			Taxas de crescimento anual estimadas para as populações (%)		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
1991	82.103	9.180	91.283			
2010	92.712	9.223	101.935	0,6416%	0,0246%	0,5826%
2015	95.725	9.234	104.959	0,6416%	0,0246%	0,5864%
2016	96.339	9.237	105.576	0,6416%	0,0246%	0,5874%
2017	96.957	9.239	106.196	0,6416%	0,0246%	0,5877%
2018	97.579	9.241	106.820	0,6416%	0,0246%	0,5880%
2019	98.205	9.243	107.449	0,6416%	0,0246%	0,5883%
2020	98.836	9.246	108.081	0,6416%	0,0246%	0,5886%
2021	99.470	9.248	108.718	0,6416%	0,0246%	0,5889%
2022	100.108	9.250	109.358	0,6416%	0,0246%	0,5892%
2023	100.750	9.253	110.003	0,6416%	0,0246%	0,5895%
2024	101.397	9.255	110.652	0,6416%	0,0246%	0,5897%
2025	102.047	9.257	111.304	0,6416%	0,0246%	0,5900%
2026	102.702	9.259	111.962	0,6416%	0,0246%	0,5903%
2027	103.361	9.262	112.623	0,6416%	0,0246%	0,5906%
2028	104.024	9.264	113.288	0,6416%	0,0246%	0,5909%
2029	104.692	9.266	113.958	0,6416%	0,0246%	0,5912%
2030	105.364	9.268	114.632	0,6416%	0,0246%	0,5915%
2031	106.040	9.271	115.310	0,6416%	0,0246%	0,5918%



PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUARI
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
ATERRO SANITÁRIO

QUADRO 02 – Comportamento populacional estimado para Araguari com base nos Censos de 2000 e 2010.

COMPORTAMENTO POPULACIONAL (CENSOS IBGE 2000 - 2010)						
EMPREENDIMENTO: Aterro Sanitário de Araguari			DATA: dezembro-15			
PROJETO: Projetos executivos e custos de implantação da célula II						
MUNICÍPIO: Araguari/MG						
HIPÓTESE CONSIDERADA: Crescimento populacional médio através dos censos de 2000 e 2010						
Ano	População (hab.)			Taxas de crescimento anual estimadas para as populações (%)		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
1991	82.103	9.180	91.283			
2000	92.712	9.223	101.935	1,3594%	0,0519%	1,2339%
2001	93.652	9.000	102.653	1,0144%	-2,4174%	0,7039%
2002	94.603	8.782	103.385	1,0144%	-2,4174%	0,7135%
2003	95.562	8.570	104.132	1,0144%	-2,4174%	0,7229%
2004	96.532	8.363	104.895	1,0144%	-2,4174%	0,7320%
2005	97.511	8.161	105.672	1,0144%	-2,4174%	0,7408%
2006	98.500	7.964	106.464	1,0144%	-2,4174%	0,7494%
2007	99.499	7.771	107.270	1,0144%	-2,4174%	0,7577%
2008	100.509	7.583	108.092	1,0144%	-2,4174%	0,7658%
2009	101.528	7.400	108.928	1,0144%	-2,4174%	0,7737%
2010	102.558	7.221	109.779	1,0144%	-2,4174%	0,7441%
2011	103.598	7.046	110.645	1,0144%	-2,4174%	0,7887%
2012	104.649	6.876	111.525	1,0144%	-2,4174%	0,7959%
2013	105.711	6.710	112.421	1,0144%	-2,4174%	0,7958%
2014	106.783	6.548	113.331	1,0144%	-2,4174%	0,8096%
2015	107.866	6.389	114.256	1,0144%	-2,4174%	0,8161%
2016	108.961	6.235	115.196	1,0144%	-2,4174%	0,8225%
2017	110.066	6.084	116.150	1,0144%	-2,4174%	0,8287%
2018	111.182	5.937	117.120	1,0144%	-2,4174%	0,8347%
2019	112.310	5.794	118.104	1,0144%	-2,4174%	0,8404%
2020	113.450	5.654	119.103	1,0144%	-2,4174%	0,8461%
2021	114.600	5.517	120.117	1,0144%	-2,4174%	0,8515%
2022	115.763	5.384	121.147	1,0144%	-2,4174%	0,8568%
2023	116.937	5.253	122.191	1,0144%	-2,4174%	0,8619%
2024	118.124	5.126	123.250	1,0144%	-2,4174%	0,8669%
2025	119.322	5.002	124.324	1,0144%	-2,4174%	0,8717%
2026	120.532	4.882	125.414	1,0144%	-2,4174%	0,8763%



PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUARI
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
ATERRO SANITÁRIO

QUADRO 03 – Estimativas de aterragem futura de resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Araguari de acordo com o comportamento populacional estimado para Araguari com base nos Censos de 1991 e 2010.

HIPÓTESE CONSIDERADA: Crescimento populacional médio através dos censos de 1991 e 2010									
Altura média total das células diárias de lixo (h+r):						5,00	m		
Espessura média da camada de recobrimento diário (r):						0,20	m		
Percentual de material recobrimento estimado (MR):						10,00	%		
Geração "per capita" de lixo sobre a população total (p):						0,700	(kg/hab.dia)		
Grau de compactação dos resíduos aterrados (d):						700	(kg/m³)		
Porcentagem de rejeitos (resíduos aterrados x resíduos totais gerados) (R):						100,00	%		
Fator de proporcionalidade das células diárias de lixo (F _p = largura x profundidade):						1			
Fator de segurança sobre a estimativa total de resíduos gerados e aterrados (FS):						5	%		
Ano	Pop. urbana (hab.)	Resíduos gerados e aterrados				Recobrimento diário (m³)		Volumen total aterrado (lixo+recobrimento) (m³)	
		Quantitativos diários		Volumen anuais (m³)		Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
		Peso (ton)	Vol. (m³)	Anual	Acumulado				
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	96.339	67,44	96,34	35.163,75	35.163,75	3.516,38	3.516,38	40.614,13	40.614,13
2017	96.957	67,87	96,96	35.389,38	70.553,13	3.538,94	7.055,31	40.874,73	81.488,87
2018	97.579	68,31	97,58	35.616,45	106.169,59	3.561,65	10.616,96	41.137,00	122.625,87
2019	98.205	68,74	98,21	35.844,99	142.014,57	3.584,50	14.201,46	41.400,96	164.026,83
2020	98.836	69,18	98,84	36.074,98	178.089,55	3.607,50	17.808,96	41.666,61	205.693,44
2021	99.470	69,63	99,47	36.306,46	214.396,01	3.630,65	21.439,60	41.933,96	247.627,39
2022	100.108	70,08	100,11	36.539,42	250.935,43	3.653,94	25.093,54	42.203,03	289.830,42
2023	100.750	70,53	100,75	36.773,87	287.709,30	3.677,39	28.770,93	42.473,82	332.304,24
2024	101.397	70,98	101,40	37.009,83	324.719,13	3.700,98	32.471,91	42.746,35	375.050,59
2025	102.047	71,43	102,05	37.247,30	361.966,43	3.724,73	36.196,64	43.020,63	418.071,22
2026	102.702	71,89	102,70	37.486,30	399.452,73	3.748,63	39.945,27	43.296,67	461.367,90
2027	103.361	72,35	103,36	37.726,83	437.179,55	3.772,66	43.717,96	43.574,48	504.942,38
2028	104.024	72,82	104,02	37.968,90	475.148,45	3.796,89	47.514,85	43.854,08	548.796,46
2029	104.692	73,28	104,69	38.212,53	513.360,98	3.821,25	51.336,10	44.135,47	592.931,93
2030	105.364	73,75	105,36	38.457,71	551.818,69	3.845,77	55.181,87	44.418,66	637.350,59
2031	106.040	74,23	106,04	38.704,48	590.523,17	3.870,45	59.052,32	44.703,67	682.054,26
2032	106.720	74,70	106,72	38.952,82	629.475,99	3.895,28	62.947,60	44.990,51	727.044,77
2033	107.405	75,18	107,40	39.202,76	668.678,75	3.920,28	66.867,88	45.279,19	772.323,96
2034	108.094	75,67	108,09	39.454,31	708.133,06	3.945,43	70.813,31	45.569,72	817.893,68
2035	108.788	76,15	108,79	39.707,46	747.840,52	3.970,75	74.784,05	45.862,12	863.755,80
2036	109.486	76,64	109,49	39.962,24	787.802,76	3.996,22	78.780,28	46.156,39	909.912,19
2037	110.188	77,13	110,19	40.218,66	828.021,42	4.021,87	82.802,14	46.452,55	956.364,75
2038	110.895	77,63	110,90	40.476,72	868.498,15	4.047,67	86.849,81	46.750,61	1.003.115,36
2039	111.607	78,12	111,61	40.736,44	909.234,59	4.073,64	90.923,46	47.050,59	1.050.165,95
2040	112.323	78,63	112,32	40.997,82	950.232,41	4.099,78	95.023,24	47.352,49	1.097.518,43
2041	113.044	79,13	113,04	41.260,88	991.493,29	4.126,09	99.149,33	47.656,32	1.145.174,75
2042	113.769	79,64	113,77	41.525,63	1.033.018,93	4.152,56	103.301,89	47.962,11	1.193.136,86
2043	114.499	80,15	114,50	41.792,08	1.074.811,01	4.179,21	107.481,10	48.269,85	1.241.406,71
2044	115.234	80,66	115,23	42.060,24	1.116.871,25	4.206,02	111.687,12	48.579,58	1.289.986,29



PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAGUARI
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
ATERRO SANITÁRIO

QUADRO 04 – Estimativas de aterragem futura de resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Araguari de acordo com o comportamento populacional estimado para Araguari com base nos Censos de 2000 e 2010.

HIPÓTESE CONSIDERADA: Crescimento populacional médio através dos censos de 2000 e 2010									
Altura média total das células diárias de lixo (h+r):								5,00	m
Espessura média da camada de recobrimento diário (r):								0,20	m
Percentual de material recobrimento estimado (MR):								10,00	%
Geração "per capita" de lixo sobre a população total (p):								0,700	(kg/hab.dia)
Grau de compactação dos resíduos aterrados (d):								700	(kg/m³)
Porcentagem de rejeitos (resíduos aterrados x resíduos totais gerados) (R):								100,00	%
Fator de proporcionalidade das células diárias de lixo (F _p = largura x profundidade):								1	
Fator de segurança sobre a estimativa total de resíduos gerados e aterrados (FS):								5	%
Ano	Pop. urbana (hab.)	Resíduos gerados e aterrados				Recobrimento diário (m³)		Volumes total aterrado (lixo+recobrimento) (m³)	
		Quantitativos diários		Volumes anuais (m³)					
		Peso (ton)	Vol. (m³)	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	108.961	76,27	108,96	39.770,64	39.770,64	3.977,06	3.977,06	45.935,09	45.935,09
2017	110.066	77,05	110,07	40.174,08	79.944,72	4.017,41	7.994,47	46.401,06	92.336,15
2018	111.182	77,83	111,18	40.581,61	120.526,33	4.058,16	12.052,63	46.871,76	139.207,91
2019	112.310	78,62	112,31	40.993,28	161.519,61	4.099,33	16.151,96	47.347,24	186.555,14
2020	113.450	79,41	113,45	41.409,12	202.928,73	4.140,91	20.292,87	47.827,53	234.382,68
2021	114.600	80,22	114,60	41.829,18	244.757,91	4.182,92	24.475,79	48.312,70	282.695,38
2022	115.763	81,03	115,76	42.253,50	287.011,41	4.225,35	28.701,14	48.802,80	331.498,18
2023	116.937	81,86	116,94	42.682,13	329.693,54	4.268,21	32.969,35	49.297,86	380.796,04
2024	118.124	82,69	118,12	43.115,10	372.808,64	4.311,51	37.280,86	49.797,95	430.593,98
2025	119.322	83,53	119,32	43.552,47	416.361,11	4.355,25	41.636,11	50.303,10	480.897,09
2026	120.532	84,37	120,53	43.994,27	460.355,39	4.399,43	46.035,54	50.813,39	531.710,47
2027	121.755	85,23	121,75	44.440,56	504.795,95	4.444,06	50.479,59	51.328,85	583.039,32
2028	122.990	86,09	122,99	44.891,37	549.687,32	4.489,14	54.968,73	51.849,53	634.888,85
2029	124.238	86,97	124,24	45.346,76	595.034,08	4.534,68	59.503,41	52.375,50	687.264,36
2030	125.498	87,85	125,50	45.806,76	640.840,84	4.580,68	64.084,08	52.906,81	740.171,17
2031	126.771	88,74	126,77	46.271,43	687.112,27	4.627,14	68.711,23	53.443,51	793.614,67
2032	128.057	89,64	128,06	46.740,82	733.853,09	4.674,08	73.385,31	53.985,65	847.600,32
2033	129.356	90,55	129,36	47.214,96	781.068,05	4.721,50	78.106,81	54.533,28	902.133,60
2034	130.668	91,47	130,67	47.693,92	828.761,98	4.769,39	82.876,20	55.086,48	957.220,08
2035	131.994	92,40	131,99	48.177,74	876.939,71	4.817,77	87.693,97	55.645,29	1.012.865,37
2036	133.333	93,33	133,33	48.666,46	925.606,17	4.866,65	92.560,62	56.209,76	1.069.075,13
2037	134.685	94,28	134,69	49.160,14	974.766,31	4.916,01	97.476,63	56.779,96	1.125.855,09
2038	136.052	95,24	136,05	49.658,83	1.024.425,14	4.965,88	102.442,51	57.355,95	1.183.211,04
2039	137.432	96,20	137,43	50.162,58	1.074.587,71	5.016,26	107.458,77	57.937,77	1.241.148,81
2040	138.826	97,18	138,83	50.671,43	1.125.259,15	5.067,14	112.525,91	58.525,51	1.299.674,32
2041	140.234	98,16	140,23	51.185,45	1.176.444,60	5.118,55	117.644,46	59.119,20	1.358.793,51
2042	141.657	99,16	141,66	51.704,69	1.228.149,29	5.170,47	122.814,93	59.718,91	1.418.512,43
2043	143.094	100,17	143,09	52.229,19	1.280.378,47	5.222,92	128.037,85	60.324,71	1.478.837,14
2044	144.545	101,18	144,55	52.759,01	1.333.137,48	5.275,90	133.313,75	60.936,65	1.539.773,79

Correlacionando-se as estimativas de comportamento populacional aqui apresentadas com a taxa de geração per capita de resíduos, com o percentual de recobrimento diário e com o grau de compactação esperado para os resíduos, foram encontradas as projeções de recebimento e aterragem de resíduos no Aterro Sanitário de Araguari indicadas nos quadros adiante.

Por conseqüência, pode-se estimar que a Célula II do Aterro Sanitário de Araguari possuirá uma vida útil mínima (VUMÍN) de aproximadamente 5 anos.



Ressalta-se que a vida útil real da Célula II poderá variar consideravelmente e de acordo com as seguintes variáveis envolvidas:

- Quantidade de resíduos efetivamente recebidos para disposição final;
- Percentual real de material de recobrimento diário utilizado;
- Grau de compactação efetivamente alcançado durante a aterragem dos resíduos.

Portanto, recomenda-se que esta estimativa seja atualizada mensalmente utilizando-se dos quantitativos e parâmetros efetivamente aferidos no decorrer da operação do Aterro Sanitário de Araguari.

2.2 – MEMORIAL DESCRITIVO

De forma geral, o projeto aqui apresentado contemplou as seguintes unidades e sistemas operacionais:

- Implantação da célula II:
 - Projeto geométrico das plataformas de base;
 - Projeto do sistema de impermeabilização das plataformas de base;
 - Projeto do sistema de drenagem de efluentes (líquidos/chorume/percolados e biogases) e de uma nova rede coletora para transporte dos efluentes líquidos até a ETE existente;
 - Projeto do sistema de drenagem de águas pluviais;
 - Projeto dos sistemas de selamento final e revegetação superficial dos maciços (taludes, topos e bermas) de lixo definitivos.
- Encerramento da Célula I:
 - Projeto de dispositivos de finalização de topo dos drenos verticais de biogases já existentes;
 - Projeto do sistema de drenagem de águas pluviais definitivo;



- Projeto dos sistemas de selamento final e revegetação superficial dos maciços (taludes, topos e bermas) de lixo definitivos.

Nos tópicos apresentados adiante, serão descritas as características, especificações e dimensionamentos de todas as unidades e equipamentos previstos.

Já os projetos técnicos de engenharia estão apresentados em anexo ao presente PCA.

2.2.1 – Etapas de implantação / faseamento / encerramento

Operacionalmente, a Célula II deverá ser instalada seguindo a seguinte sugestão de faseamento:

- Etapa inicial:
 - Instalação da totalidade das plataformas “A”, “B” e “C” e dos seus respectivos sistemas de impermeabilização de base e taludes;
 - Instalação parcial do sistema de drenagem de efluentes incluindo:
 - Sequência 01 (SEQ.01) correspondente às espinhas-de-peixe contendo drenos horizontais de efluentes (drenos DEH-T1 e DEH-T2) e drenos verticais de efluentes (DEV);
 - Totalidade dos trechos de rede coletora projetados, incluindo as redes (RCE) e os seus respectivos poços de visita (PVE);
 - Totalidade das caixas de inspeção e transição de efluentes (CPE) projetadas.
 - Instalação parcial do sistema de drenagem de águas pluviais no entorno da Célula II;
- Etapas posteriores:
 - Alçamento dos maciços de lixo por sobre o sistema de drenagem de efluentes instalado na etapa inicial;
 - Instalação parcial e gradativa do sistema de drenagem de efluentes conforme o alçamento dos maciços e/ou a necessidade de ampliação de áreas de aterragem nas plataformas de base executadas, sempre seguindo as sequências (SEQ.XX) indicadas em projeto;
 - Instalação parcial e gradativa dos recobrimentos diários dos resíduos e dos recobrimentos finais e coberturas vegetais (grama) dos maciços cujas conformações geométricas se apresentarem nos limites definidos em projeto;
 - Instalação parcial e gradual do sistema de drenagem de águas pluviais por sobre os maciços de lixo finalizados;



- Instalação dos marcos topográficos de aterro (MTA) nas bermas e topos dos maciços finalizados, a fim de se iniciar os monitoramentos topográficos e geotécnicos da Célula II.

Na prática, estas fases/etapas poderão ser instaladas de forma unitária ou agrupadas parcialmente, dependendo da demanda operacional efetivamente observada.

Já o encerramento da Célula I deverá ser executado em fase única cujo início deverá se dar logo após o início da operação da Célula II.

Paralelamente à implantação da Célula II, propõe-se também que a área da ETE existente tenha a sua delimitação em cerca de arame substituída por um cercamento do tipo alambrado com tela galvanizada, com altura útil de 2,0 m, com o intuito de se permitir um controle mais efetivo sobre a entrada de pessoas e animais no interior da referida unidade de tratamento de efluentes.

2.2.2 – Implantação da Célula II

2.2.2.1 – Capacidade de aterragem e configuração geométrica

A Célula II do Aterro Sanitário de Araguari foi projetada para ser conformada em **04 maciços** sobrepostos e de **5,00 a 6,50 metros** de altura útil para o maciço 01 e de 5,0 metros para os demais, totalizando alturas úteis totais máximas de **20,00 m, 20,50 m e 21,50 m** em relação às bases das plataformas “A”, “B” e “C”, respectivamente, tal como resumido no quadro adiante.

QUADRO 05– Capacidade volumétrica da da Célula II do Aterro Sanitário de Araguari.

Maciço		Áreas superficiais (m²)		Altura útil máxima (m)	Volume útil (m³)	
	Parcelas	Base	Topo		Por maciço	Acumulado
01	Entre os níveis "0 - 1,50m" e "0 - 0,50m"	1.393,25	1.654,59	1,00	1.522,05	1.522,05
	Entre os níveis "0 - 0,50m" e "0m"	7.093,95	7.371,20	0,50	3.616,07	5.138,12
	Entre os níveis "0 m" e "0 + 5,0m"	23.284,80	20.628,69	5,00	109.716,72	114.854,84
02	Entre os níveis "0 + 5,0m" e "0 + 10,0m"	17.972,99	11.326,63	5,00	72.612,56	187.467,40
03	Entre os níveis "0 + 10,0m" e "0 + 15,0m"	9.338,58	4.713,58	5,00	34.477,96	221.945,36
04	Entre os níveis "0 + 15,0m" e "0 + 20,0m"	3.474,02	987,54	5,00	10.522,97	232.468,33
TOTAL				21,50		232.468,33

Os volumes úteis de cada maciço informados no quadro anterior foram calculados através da seguinte formulação, amplamente utilizada para o cálculo de volumes de sólidos cuja geometria pode ser definida como “tronco de pirâmide”:



$$V_{MX} = \frac{(A_{MX,TOPO} + \sqrt{(A_{MX,TOPO} \times A_{MX,BASE})} + A_{MX,BASE})}{3} \times H_{MX}$$

Onde:

- VMX = Volume útil (m³) de aterragem de resíduos do maciço “X”;
- AMX,TOPO = Área superficial (m²) do topo do maciço “X”;
- AMX,BASE = Área superficial (m²) da base do maciço “X”;
- HMX = Altura total (m) do maciço “X”.

As áreas superficiais de topo e base dos maciços utilizadas na formulação acima apresentada foram obtidas através de ferramentas de cálculo computacional disponíveis em *software* de CAD, enquanto a altura total dos maciços são parâmetros fixos e definidos pelos projetos técnicos da Unidade de Aterragem.

Por sobre o topo, bermas e taludes cujas cotas altimétricas máximas de aterragem/disposição final de resíduos sejam atingidas, deverão ser sobrepostas camadas adicionais de solo para selamento/fechamento final dos maciços. Neste sentido, no topo, bermas e taludes deverá ser executada uma camada de 50 cm de recobrimento final em solo compactado e/ou em resíduos inertes de construção civil - RCC.

Complementarmente, no topo e nos taludes também deverá ser promovida a formação uma camada de 10 cm de substrato/solo orgânico para recomposição da cobertura vegetal superficial. Observa-se, portanto, que a altura útil máxima (na qual haverá disposição final de resíduos) da Célula II será de 21,50 m, enquanto a sua altura total máxima será de 22,10 m.

Entre maciços adjacentes deverão ser conformadas bermas de equilíbrio com largura de 5,0 metros que atuarão na manutenção da estabilidade geotécnica, servirão de base para instalação de dispositivos de drenagem superficial por sobre os maciços de resíduos finalizados e também funcionarão como vias de acesso aos caminhões, veículos e demais equipamentos responsáveis pela operação e manutenção da Célula II.

Para a execução dos serviços de terraplenagem das plataformas de base da Célula II, foram adotadas as inclinações de 1:1 (Vertical: Horizontal) e de 2:3 (Vertical: Horizontal) para os taludes de corte em terreno natural e de aterro em solo compactado, respectivamente. Já os taludes dos maciços de resíduos foram projetados com inclinação de 1:2,5 (Vertical:Horizontal).

A Célula II assentará sobre 03 plataformas de base, aqui denominadas plataformas “A”, “B” e “C”, conformadas por superfícies paralelas e distantes verticalmente 0,50 m a plataforma “A” da plataforma “B” e 1,0 m a plataforma “B” da “C”, conforme indicado nos projetos técnicos de terraplenagem e nos níveis indicados adiante:

- Plataforma “A”: “nível 0 m” (aproximadamente 2,0 m abaixo do nível da estrada frontal à Célula II e já existente);
- Plataforma “B”: nível “0 – 0,50m”;
- Plataforma “C”: nível “0 – 1,50 m”.

Todas as plataformas serão compostas por planos com declividade de – 2,0% no sentido oeste–leste e nula no sentido norte-sul.



QUADRO 06– Configurações geométricas adotadas no projeto da Célula II do Aterro Sanitário de Araguari.

PARÂMETRO	VALOR ADOTADO
Número total de maciços de lixo	04
Altura útil máxima individual do maciço 01	De 5,0 e 6,50m
Altura útil máxima individual dos maciço 02, 03 e 04	5,0 m
Largura das bermas de equilíbrio entre maciços individuais	5,0 m
Altura útil total máxima (sem o recobrimento final e a revegetação superficial)	21,50 m
Camada de recobrimento final de topo, bermas e taludes	0,50 m
Camada de solo orgânico por sobre a camada de recobrimento final, por sobre taludes e bermas	0,10 m
Altura total (com o recobrimento final e a revegetação superficial)	22,10 m
Revegetação superficial de taludes e topo finalizados	Gramma batatais
Declividade de conformação operacional e de encerramento dos taludes dos maciços individuais	1:2,50 (V:H)
Declividades de base/topo dos maciços (sentido norte-sul)	Nulas
Declividades de base/topo dos maciços (sentido leste-oeste)	- 2,0%
Declividade radial /transversal das bermas de equilíbrio (sentido crista-pé)	- 3,0%

Daí em diante, os maciços de resíduos serão configurados consecutivamente de forma que os seus topos sejam planos paralelos aos planos de base das plataformas “A”, “B” e “C”, ou seja, também possuirão as mesmas declividades nos sentidos norte-sul e leste-oeste.

No decorrer da operação da Unidade de Aterragem, as células de resíduos serão dispostas em maciços de altura total máxima de 5,0 m a 6,50 m, da qual 20 cm se refere à camada de recobrimento diário dos resíduos, sempre obedecendo às declividades definidas para o topo do maciço correspondente.

Apenas nas bermas de equilíbrio conformadas entre maciços de lixo sobrepostos a declividade desta camada deverá ser de 3,0% no sentido transversal da “crista do talude inferior” em direção ao “pé do talude superior”.

2.2.2.2 – Recobrimento diário e final dos resíduos e revegetação superficial

O recobrimento diário deverá ser executado logo após a descarga dos resíduos na frente operacional a fim de se eliminar a atração de vetores de doenças e de animais, principalmente de aves que se alimentam de matéria orgânica em decomposição (urubus, gaviões, etc.).

Como já dito anteriormente, os maciços de resíduos que alcançarem as suas geometrias finais deverão ter os seus topos (último maciço) e taludes recobertos com uma camada de



solo compactado e/ou RCC na espessura mínima de 50 cm, totalizando, portanto, uma espessura mínima de 70 cm se somada à camada de 20 cm de recobrimento diário dos resíduos por sobre as últimas células do aterro. Para recobrimento diário e final dos resíduos na Célula II, poderão ser utilizados os seguintes materiais:

- Solo excedente dos serviços de implantação da Célula II e/ou escavado na área de implantação da futura Célula II do empreendimento;
- Resíduos da construção civil – RCC que, por sua vez, poderão ser dispostos e tratados na Unidade de Aterragem e/ou utilizados para recobrimento diário e/ou final dos resíduos.

Deve-se ressaltar que a utilização de resíduos inertes RCC para recobrimento diário e final dos resíduos é a solução mais adequada tanto do ponto de vista ambiental quanto do ponto de vista econômico, uma vez que assim não serão necessárias intervenções em áreas de empréstimo de solo para a finalidade em questão. Além disto, os resíduos RCC estarão sendo assim reutilizados para uma nobre finalidade, mais nobre até do que quando são reciclados.

Complementarmente, por sobre a camada final de cobertura do topo e dos taludes dos maciços de lixo acabados deverá ser conformada uma camada de solo orgânico de espessura igual 10 cm, cuja finalidade será a formação de substrato para o plantio de grama, preferencialmente grama batatais (*paspalum notatum*), visando à promoção da cobertura vegetal superficial dos maciços finalizados.

Vale ressaltar que a execução da camada de recobrimento final de topo, bermas e taludes e da cobertura vegetal no topo e nos taludes deverão ser realizadas continuamente ao longo da operação do empreendimento e logo após a finalização de toda e qualquer parcela dos maciços.

2.2.2.3 – Sistemas de impermeabilização de base e de taludes

O sistema de impermeabilização da base e taludes da plataforma de base da Célula II especificado pelos projetos atualizados do Aterro Sanitário de Araguari e apresentados no presente relatório foi reavaliado e sofreu melhorias consideráveis em relação ao sistema previsto e aprovado no licenciamento ambiental do empreendimento.

Originalmente, a impermeabilização da plataforma de base das Células I, II e II foi especificada para ser apenas por meio de uma camada de 40 cm de solo compactado a 100% do Proctor Normal.

Entretanto, decidiu-se pela especificação de um sistema de impermeabilização misto e assim composto, de baixo para cima:

- Na base das plataformas:
 - Camada de solo compactado a 100% do Proctor Normal - PN, na espessura total de 60 cm, a ser executada em 03 camadas de 20 cm;
 - Geomembrana de PEAD (polietileno de alta densidade) na espessura de 2,0 mm;
 - Camada de 40 cm de espessura, em 02 camadas de 20 cm, de solo compactado com rolo compactador lixo para proteção termomecânica da geomembrana, podendo os 10 cm superiores serem substituídos por inertes de resíduos de construção civil – RCC devidamente selecionados para tal finalidade.
- Nos taludes internos das plataformas:
 - Geomembrana de PEAD na espessura de 2,0 mm.



As geomembranas de PEAD são produtos bidimensionais de baixíssima permeabilidade ($k \sim 10^{-12}$ cm/s) utilizadas principalmente para controle de fluxo.

No Brasil, as geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) são mais utilizadas como impermeabilização de base e taludes em aterros sanitários, pois apresentam uma melhor resistência a ataques químicos.

Ressalta-se que o sistema especificado as plataformas de base da Célula II do Aterro Sanitário de Araguari apresenta-se como uma das melhores soluções técnicas atualmente existentes.

As figuras adiante ilustram a configuração básica de instalação dos sistemas de impermeabilização de base e de taludes aqui especificados.

FIGURA 09 – Sistema "misto" de impermeabilização de base e taludes (solo compactado + geomembrana de PEAD) instalado em um aterro sanitário, similar ao projetado para a Célula II do Aterro Sanitário de Araguari. (Fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia, 2012).

2.2.2.4 – Sistemas de drenagem interna de efluentes (chorume e biogases)

Por sobre o sistema de impermeabilização de base das plataformas "A", "B" e "C" e nas bases de todos os maciços de lixo será instalado um sistema de drenagem de efluentes (percolados/chorume e biogases) gerados no interior da Célula II do Aterro Sanitário de Araguari formado pelos seguintes e principais dispositivos:

- DEH – Drenos de efluentes horizontais constituídos de material granular (brita) envolvendo tubos drenos de PEAD que serão instalados nas plataformas de base da Célula II e entre maciços de resíduos adjacentes. Tais drenos poderão ser de 02 tipos distintos, a saber:
 - DEH-T1 – Drenos interceptores e troncos das espinhas-de-peixe;
 - DEH-T2 – Drenos secundários das espinhas-de-peixe.
- DEV – Drenos de efluentes verticais, para drenagem ascendente dos biogases e descendente de percolados/chorume, interligando os drenos DEH instalados em planos diferentes e que terão, ainda, a função de possibilitar o monitoramento do nível e da qualidade dos efluentes no interior da Célula II;
- CTE – Caixas de inspeção e transição do sistema de drenagem de efluentes líquidos que terão a finalidade principal de funcionar como dispositivos de transição entre os drenos DEH e a rede coletora de efluentes (RCE) externa à Célula II, propiciando o encaminhamento dos efluentes líquidos até a Estação de Tratamento de Efluentes - ETE do empreendimento para o seu devido tratamento. Além disto, as caixas CTE também funcionarão como pontos de inspeção do nível e da qualidade dos efluentes líquidos dentro da Célula II.

Ressalta-se que os drenos DEH serão instalados por sobre o sistema de impermeabilização de base (*liner*) das plataformas da Célula II numa distribuição espacial em malha do tipo "espinha de peixe", tal como ilustrado nas figuras adiante.

FIGURA 12 – Drenos DEH e DEV, na forma de espinhas-de-peixe, instalados na base da Unidade de Aterragem de um aterro sanitário, similares àqueles especificados para a Célula II do Aterro Sanitário de Araguari. (Fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia, 2012)



A montante das cristas dos taludes de jusante das plataformas “A”, “B” e “C” deverão ser instalados drenos DEH-T1 que funcionarão como interceptores direcionando os percolados para caixas CTE que serão instaladas na lateral oeste da Unidade de Aterragem.

Internamente ao pé dos taludes de todos os maciços de resíduos deverão ser instaladas linhas de drenos DEH-T1 que funcionarão como drenos interceptores que direcionarão os efluentes líquidos para os drenos DEV e/ou para as caixas CTE instaladas frontalmente à Célula II, de forma a não se permitir o vazamento de efluentes por estes pontos.

Os drenos DEH-T1 e DEH-T2 possuirão seção transversal de forma geométrica próxima a um triângulo, porém com o seu topo abaulado na forma de um semicírculo.

Nas bases dos drenos DEH-T1 e DEH-T2 serão instalados tubos drenos (perfurados) em PEAD sobrepostos e envoltos por pedra britada.

Na especificação e detalhamento dos drenos DEH-T1 e DEH-T2 previstos para a Célula II definiu-se, a favor da segurança, pelos seus dimensionamentos considerando somente a capacidade de transporte/coleta dos tubos drenos de PEAD neles contidos.

Para tanto, o dimensionamento hidráulico dos tubos drenos em questão foi realizado a partir da fórmula de *Manning* utilizada para condutos operando em escoamento livre e uniforme, a saber:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

- Q = Vazão (m³/s);
- A = Área da seção transversal (m²);
- Rh = Raio hidráulico (m);
- i = Declividade média (m/m);
- n = Coeficiente de rugosidade de *Manning* (adimensional).

Para o dimensionamento da rede coletora de efluentes será utilizada basicamente a fórmula de *Manning* apresentada a seguir:

$$Q = \frac{1}{n} A R_n^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

- Q = vazão (m³/s);
- A = área (m²);
- RH = raio hidráulico (m);
- i = declividade (m/m);



- n = coeficiente de rugosidade de *Manning*.

Para seções circulares, o cálculo hidráulico é facilitado através do uso de tabelas auxiliares, tal como a mostrada adiante e também daquelas fornecidas pelos fabricantes dos tubos.

Ainda em relação aos condutos de seção circular operando no regime de escoamento livre, a fórmula de *Manning* pode ser reescrita da seguinte forma:

$$Q_p = \frac{0,1}{n} \cdot \pi \cdot D^{8/3} i^{1/2}$$

QUADRO 07– Características de tubos circulares operando em escoamento livre

h/D	Q_x / Q_p
0,10	0,02
0,20	0,09
0,30	0,19
0,40	0,32
0,50	0,49
0,60	0,66
0,70	0,83
0,80	0,98

Fonte: Fundamentos de Engenharia Hidráulica (Baptista et al, 2008).

Legenda:

h – altura da lâmina d'água

D – Diâmetro interno do tubo

Q_x – Vazão efetiva de trabalho, com o tubo operando numa determinada razão h/D

Q_p – Vazão máxima do tubo operando a seção plena

As figuras adiante ilustram dois tipos de tubos drenos (perfurado) em PEAD que poderão ser utilizados na confecção dos drenos DEH.

Para o caso em questão, foram adotadas as seguintes premissas de projeto:

- $n = 0,015$ (coeficiente de atrito interno adotado a favor da segurança e que usualmente é utilizado para tubos drenos de PEAD);
- Vazão mínima = 1,50 l/s = 0,0015 m³/s (ABNT-567);
- Declividade mínima sendo calculada pela tensão trativa;
- Declividade mínima adotada para os drenos DEH = 0,50%;
- Diâmetro nominal (DN) – Diâmetro útil (interno) mínimo dos tubos drenos = 150 mm
- $h/D \leq 0,50$

Consultando-se CRESPO (1997) e através da fórmula de *Manning*, concluiu-se que os tubos drenos dos drenos DEH deverão possuir diâmetros de trabalho de DN 150 mm. Isto porque, pela fórmula de *Manning* (CRESPO, 1997), tubos de diâmetros internos de 150



mm, operando por gravidade na declividade de 0,50% e a seção plena, possuem capacidade de escoamento de vazões até 9,46 l/s.

Cabe salientar que os tubos drenos que serão instalados no Aterro Sanitário de Araguari poderão possuir diâmetros nominais diferentes, dependendo de cada fornecedor/fabricante, desde obedeçam ao diâmetro interno mínimo de 150 mm.

Os resultados do dimensionamento dos drenos DEH e as suas demais especificações encontram-se apresentadas diretamente nos projetos técnicos anexados ao presente relatório.

Os novos drenos DEV serão constituídos por colunas verticais de drenagem descendente de percolados/chorume e de drenagem ascendente de biogases constituídas por de tubos de concreto DN 400 mm (sem preenchimento interno) sobrepostos e perfurados em toda a sua extensão e envolvidos por uma camada anelar de 30 cm de espessura de pedra rachão/britada que, por sua vez, será conformada com o auxílio de uma forma permanente em tela de aço soldada (bitola de 4,20 mm a 5,0 mm e malha de 10 cm x 10 cm), totalizando um diâmetro de 1,0 m.

Todos os novos drenos DEV deverão ter conexão / ligação com os novos drenos horizontais efluentes DEH.

Nas plataformas de base, os drenos DEV se apoiarão em lajes circulares de concreto armado de espessura e diâmetro iguais a 15 e 220 cm, respectivamente, lajes estas que deverão ser executadas por sob os drenos DEH e por cima da camada de proteção do sistema de impermeabilização de base da Célula II.

A instalação destas lajes de concreto para apoio dos novos drenos DEV tem como finalidade distribuir a carga/peso dos respectivos drenos (colunas verticais de pedra britada e tubos de concreto) junto ao *liner* do aterro.

No topo dos drenos DEV deverão ser instalados queimadores de biogases do tipo “flare” similares ao mostrado em foto adiante.

Ressalta-se que estes dispositivos deverão ser instalados de forma que possam ser facilmente removíveis para monitoramento do nível dos efluentes líquidos no interior do aterro.

A execução dos novos drenos DEV se dará de forma gradativa e os seus alteamentos deverão ser feitos em conjunto (antecipadamente, é claro) com a elevação dos maciços de resíduos.

Para retirada dos efluentes líquidos gerados e drenados na Célula II, serão instaladas as caixas CTE que permitirão, além da inspeção e monitoramento dos percolados, a transição física entre os drenos DEH e as redes coletoras de efluentes externas à Unidade de Aterragem.

As caixas CTE serão constituídas por manilhas de concreto armado pré-moldadas DN 1500 mm nos moldes ilustrados em figuras adiante.

Os dispositivos do sistema de drenagem de efluentes (líquidos e biogases) da Célula II deverão ser instalados seguindo-se a sequência (SEQ.XX) indicada nos projetos técnicos anexados ao presente relatório, conforme os maciços de lixo forem sendo conformados, com vistas a se minimizar a entrada de água pluvial (proveniente da precipitação das chuvas por sobre a projeção da Unidade de Aterragem) na rede coletora de efluentes e, por consequência, na ETE, o que pode acarretar em problemas de sobrecarga hidráulica nos referidos sistemas de transporte e tratamento de efluentes.

Ressalta-se, entretanto, que a sequência (SEQ) poderá ser alterada pelos responsáveis pela operação do empreendimento, conforme a sua necessidade operacional, desde que seguidas às demais premissas e especificações de projeto.



2.2.2.5 – Sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final de efluentes

A jusante das caixas CTE, os percolados/efluentes serão encaminhados por meio de uma nova rede coletora de efluentes líquidos (RCE) projetada para a Célula II, operada por gravidade e composta por coletores/tubos de PEAD e por novos poços de visita (PVE) para tratamento e armazenamento temporário na Estação de Tratamento de Efluentes - ETE já existente no empreendimento.

Como dispositivos da nova rede coletora, foram propostos os seguintes:

- Redes coletoras propriamente ditas em tubos de polietileno virgem de alta densidade – PEAD, denominadas pelo projeto de RCE;
- Poços de visita – PVE das redes coletoras RCE.

Cabe informar que a definição pela especificação dos tubos coletores de PEAD para os novos trechos da rede coletora RCE se justifica por este material ser mais resistente e adequado que o PVC para o escoamento e drenagem de efluentes com características similares aos percolados (chorume) de aterros sanitários.

Para o dimensionamento das novas redes coletoras RCE utilizou-se basicamente a fórmula de *Manning* apresentada a seguir:

$$Q = \frac{1}{n} A R_n^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

- Q = vazão (m³/s);
- A = área (m²);
- RH = raio hidráulico (m);
- i = declividade (m/m);
- n = coeficiente de rugosidade de *Manning*.

Para seções circulares, o cálculo hidráulico é facilitado através do uso de tabelas auxiliares, tal como a mostrada adiante:

Ainda em relação aos condutos de seção circular operando no regime de escoamento livre, a fórmula de *Manning* pode ser reescrita da seguinte forma:

$$Q_p = \frac{0,1}{n} \cdot \pi \cdot D^{8/3} i^{1/2}$$



QUADRO 08– Características de tubos circulares operando em escoamento livre

h/D	Q_x / Q_p
0,10	0,02
0,20	0,09
0,30	0,19
0,40	0,32
0,50	0,49
0,60	0,66
0,70	0,83
0,80	0,98

Fonte: Fundamentos de Engenharia Hidráulica (Baptista et al, 2008).

Legenda:

h – altura da lâmina d'água

D – Diâmetro interno do tubo

Q_x – Vazão efetiva de trabalho, com o tubo operando numa determinada razão h/D

Q_p – Vazão máxima do tubo operando a seção plena

Para o caso em questão, foram adotadas as seguintes premissas de projeto:

- Coeficientes de atrito interno dos tubos coletores de PEAD: $n = 0,015$ (a favor da segurança)
- Vazão mínima = $1,50 \text{ l/s} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ (ABNT-567);
- Declividade mínima sendo calculada pela tensão trativa;
- Declividade mínima adotada para a rede coletora = $0,500\%$;
- Diâmetro nominal – DN mínimo para os tubos coletores de PEAD: = DN 200 mm
- $h/D \leq 0,50$

Consultando o quadro anterior em relação ao parâmetro $h/D=0,50$, encontra-se um valor de $Q_x/Q_p= 0,49$ que, quando considerados em conjunto com a declividade mínima de $0,50\%$, encontrou-se a seguinte vazão plena de operação dos tubos coletores (Q_p):

$$\frac{Q_x}{Q_p} = 0,490 \Rightarrow Q_p = \frac{Q_x}{0,49}$$

Consultando-se CRESPO (1997) e através da fórmula de *Manning*, concluiu-se que os tubos coletores dos novos trechos da RCE deverão possuir diâmetros de trabalho de DN 150 mm. Isto porque, pela fórmula de *Manning* (CRESPO, 1997), tubos coletores de diâmetros internos de 200 mm, operando por gravidade na declividade de $0,50\%$ e a seção plena, possuem capacidade de escoamento de vazões até $21,16 \text{ l/s}$, respectivamente.



Cabe salientar que os tubos coletores que serão instalados no Aterro Sanitário de Araguari poderão possuir diâmetros nominais diferentes, dependendo de cada fornecedor/fabricante, desde obedeçam ao diâmetro interno mínimo de 200 mm.

Os resultados do dimensionamento dos novos trechos da rede coletora de efluentes RCE e as suas demais especificações encontram-se apresentadas diretamente nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.

Em relação à ETE existente, todas as unidades operacionais atuais serão aproveitadas e não foram avaliadas pelo presente projeto.

2.2.3 – Sistema de drenagem superficial de águas pluviais

Um novo sistema de drenagem de águas pluviais foi projetado para minimização dos processos erosivos e para minimização da entrada de água de chuva para o interior dos maciços de resíduos da Célula I a ser encerrada e para implantação da nova Célula II do Aterro Sanitário de Araguari.

Para tanto, dispositivos de drenagem de águas pluviais (canaletas, caixas de passagem, bueiros, etc.) serão instalados por sobre a camada de solo de recobrimento final e também por sobre a cobertura vegetal de selamento e terão a finalidade de controlar os fluxos de escoamento superficial de águas pluviais e encaminhá-los até dispositivos de dissipação de energia e de contenção de sólidos finos.

É importante ressaltar também que as canaletas localizadas no entorno e nas cristas dos taludes de corte das plataformas de aterragem são primordiais para a minimização do ingresso de águas de escoamento superficial para o interior dos maciços e para o controle dos processos erosivos.

Sempre que possível, deverão ser aproveitados os dispositivos de drenagem pluvial já existentes.

Para tanto, dispositivos de drenagem de águas pluviais (canaletas, caixas de passagem, bueiros, etc.) serão instalados por sobre a camada de solo de recobrimento final e também por sobre a cobertura vegetal de selamento e terão a finalidade de controlar os fluxos de escoamento superficial de águas pluviais e encaminhá-los até dispositivos de dissipação de energia e de contenção de sólidos finos.

É importante ressaltar também que as canaletas localizadas no entorno e nas cristas dos taludes de corte das plataformas de aterragem são primordiais para a minimização do ingresso de águas de escoamento superficial para o interior dos maciços e para o controle dos processos erosivos.

Sempre que possível, deverão ser aproveitados os dispositivos de drenagem pluvial já existentes.

O novo sistema de drenagem de águas pluviais foi proposto utilizando-se drenos e dispositivos definitivos e provisórios. Os drenos e dispositivos definitivos serão aqueles que permanecerão em uso mesmo após o término da vida útil do aterro. Por outro lado, os drenos e dispositivos provisórios serão aqueles que existirão apenas para proteger uma determinada etapa operacional ou executiva do empreendimento e serão executados ou eliminados conforme a necessidade observada pelos responsáveis pela operação e/ou implantação de etapas, unidades e/ou equipamentos.

A seguir são relacionados os principais dispositivos de drenagem superficial previstos para o Aterro Sanitário de Araguari:

- Drenos superficiais definitivos e/ou provisórios, compostos por canaletas semicirculares pré-moldadas, canaletas triangulares de terra, etc.;
- Drenos subsuperficiais em tubos pré-moldados de concreto;



- Bacias de contenção de sólidos finos;
- Dissipadores de energia de águas pluviais/superficiais;
- Caixas de passagem (CPP) para mudanças de declividades, diâmetros e/ou de tipo de dreno.

As vazões de projeto foram calculadas pelo método racional e utilizando-se da seguinte formulação:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Onde:

- Q = Vazão de drenagem;
- C = Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i = Intensidade da precipitação para um período de retorno de 10 anos e duração igual ao tempo de concentração da micro-bacia delimitada para determinado dreno;
- A = Área de influência da micro-bacia delimitada para determinado dreno.

A intensidade da precipitação foi estimada por meio da equação de Intensidade-Duração-Frequência - IDF mostrada adiante:

$$i = \frac{k \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

- i = Intensidade da precipitação para um período de retorno de 10 anos e duração igual ao tempo de concentração da micro-bacia delimitada para determinado dreno (em mm/hora);
- t = Duração da precipitação (em minutos);
- T = Período de retorno (em anos), adotado como 10 anos.

O tempo de concentração de cada micro-bacia foi determinado a partir da equação adiante, não sendo tomado menos do que 5,0 minutos, seguindo recomendação do “Manual de Drenagem do DNIT”.



$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

- t_c = Tempo de concentração da micro-bacia delimitada para determinado dreno (em minutos);
- L = Comprimento do dreno (em km);
- H = desnível do dreno (em metros).

O dimensionamento dos drenos foi realizado a partir da fórmula de *Manning* considerando-se a hipótese de escoamento uniforme em canal livre, a saber:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

- Q = Vazão (m^3/s);
- A = Área da seção transversal (m^2);
- R_h = Raio hidráulico (m);
- i = Declividade média (m/m);
- n = Coeficiente de rugosidade de *Manning* (adimensional).

Foram adotados os diâmetros nominais (mm) comercialmente encontrados para o dimensionamento dos drenos (300, 400, 600, 800, 1000, 1200, etc.), estando os resultados apresentados nos projetos técnicos anexados ao presente relatório.

2.2.2.7 – Monitoramento geotécnico

Para monitoramento do nível e das características dos efluentes no interior dos maciços da Célula II do Aterro Sanitário de Araguari, assim como também para controle da sua estabilidade geotécnica, serão utilizados os novos drenos DEV e caixas CTE projetadas, tal como indicado nos projetos técnicos anexados ao presente relatório.

Complementarmente, o monitoramento geotécnico da Célula II utilizará informações obtidas através dos marcos topográficos do aterro, aqui denominados MTA, que serão instalados nas bermas e topo dos maciços finalizados, já existentes ou novos.



A foto adiante mostra um marco MTA instalado por sobre um maciço finalizado da Unidade de Aterragem de um aterro sanitário, similar aos que serão utilizados no Aterro Sanitário de Araguari.

Tais marcos MTA possibilitarão o levantamento periódico de informações relacionadas a recalques, deformações superficiais e deslocamentos horizontais e verticais porventura observados nas Células I e II.

Estes marcos também auxiliarão o acompanhamento e o monitoramento da conformação geométrica da Célula II e a coleta de informações sobre volumes de resíduos aterrados e sobre vida útil do empreendimento.

Utilizando-se dos dados de monitoramento obtidos através dos marcos MTA, os responsáveis pela operação do empreendimento deverão elaborar, pelo menos, os seguintes gráficos para fins de monitoramento geotécnico das Células I e II:

- Recalque total x tempo (para cada placa);
- Recalque relativo x tempo (para cada placa)¹;
- Deslocamento horizontal x tempo (para cada placa);
- Deslocamento horizontal relativo x tempo (para cada placa).

Pelo exposto, vale ressaltar que a operação do aterro deverá ser controlada periodicamente por topografia visando observar as cotas de projeto de cada plano formado pelos maciços aterrados.

2.2.4 – Finalização e readequação das extremidades dos drenos DEV-e da Célula I

Todos os drenos verticais de efluentes (DEV-e) já existentes e instalados na Célula I deverão ter as suas extremidades superiores finalizadas com sistemas similares aos previstos para as extremidades dos drenos DEV projetados para a Célula II.

Basicamente, as extremidades superiores dos drenos DEV-e serão finalizadas por meio da instalação de colunas de 3,0 m de comprimento constituídas por de tubos de concreto DN 600 mm sobrepostos e perfurados em toda a sua extensão e preenchidos por pedra rachão/britada.

Tal coluna deverá ser apoiada por sobre a coluna de dreno DEV-e existente, sobre a qual deverá ser instalada uma tela de aço CA-50 $\varnothing 8,0\text{mm}$ em malha quadrada de 10cm x 10cm, formato circular de diâmetro = 1,40 m, p/ suporte de base da brita/rachão e de apoio por sobre as colunas dos drenos de gases já existentes.

2.2.5 – Selamento final e revegetação dos maciços finalizados da Célula I

Todos os taludes, bermas e topo definitivos da Célula I deverão ter um recobrimento final de no mínimo, 50 cm solo e/ou inerte de construção civil – RCC para selamento final dos maciços de lixo.

Por sobre a camada de 50 cm em questão, deverá ser executada uma camada complementar de 10 cm em solo predominantemente orgânico para substrato do plantio de grama (preferencialmente grama batatais).

Por fim, os taludes e topo dos maciços finalizados deverão ser revegetados com a referida grama batatais.



Todos os procedimentos acima deverão ser realizados de acordo com as mesmas especificações indicadas para a Célula II e já tratadas em subitens anteriores deste relatório.

2.2.6 – Cercamento da ETE existente com alambrado

A área da ETE deverá ter a sua delimitação em cerca de arame substituída por alambrado de tela galvanizada e mourões de concreto e/ou de eucalipto tratado na altura total mínima de 2,0 m e o acesso ao seu interior será controlado por portões de abrir fechado também com tela galvanizada para funcionários e veículos.

2.3 – PROJETOS TÉCNICOS

Os projetos técnicos detalhados de encerramento da Célula I e de implantação da nova Célula II do Aterro Sanitário de Araguari estão apresentados nos anexos do presente relatório.

2.4 – CUSTOS DE ENCERRAMENTO DA CÉLULA I E DE IMPLANTAÇÃO DA CÉLULA II

Nos anexos do presente relatório estão apresentadas planilhas com os custos de encerramento da Célula I e de implantação da Célula II do Aterro Sanitário de Araguari.

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disposição final adequada de resíduos sólidos urbanos se mostra como um grande problema em praticamente todo o país principalmente pela não existência de empreendimentos devidamente habilitados e licenciados para tal finalidade localizados a distâncias economicamente viáveis dos principais geradores.

Pelo exposto, conclui-se que a ampliação operacional do Aterro Sanitário de Araguari é imprescindível para a continuidade do tratamento e disposição final adequados dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Araguari.

Araguari, outubro 2016

ANDRÉ LUIZ STANGL RISSE
Secretario Municipal de Meio Ambiente

BRUNO GONÇALVES DOS SANTOS
Engenheiro Sanitarista