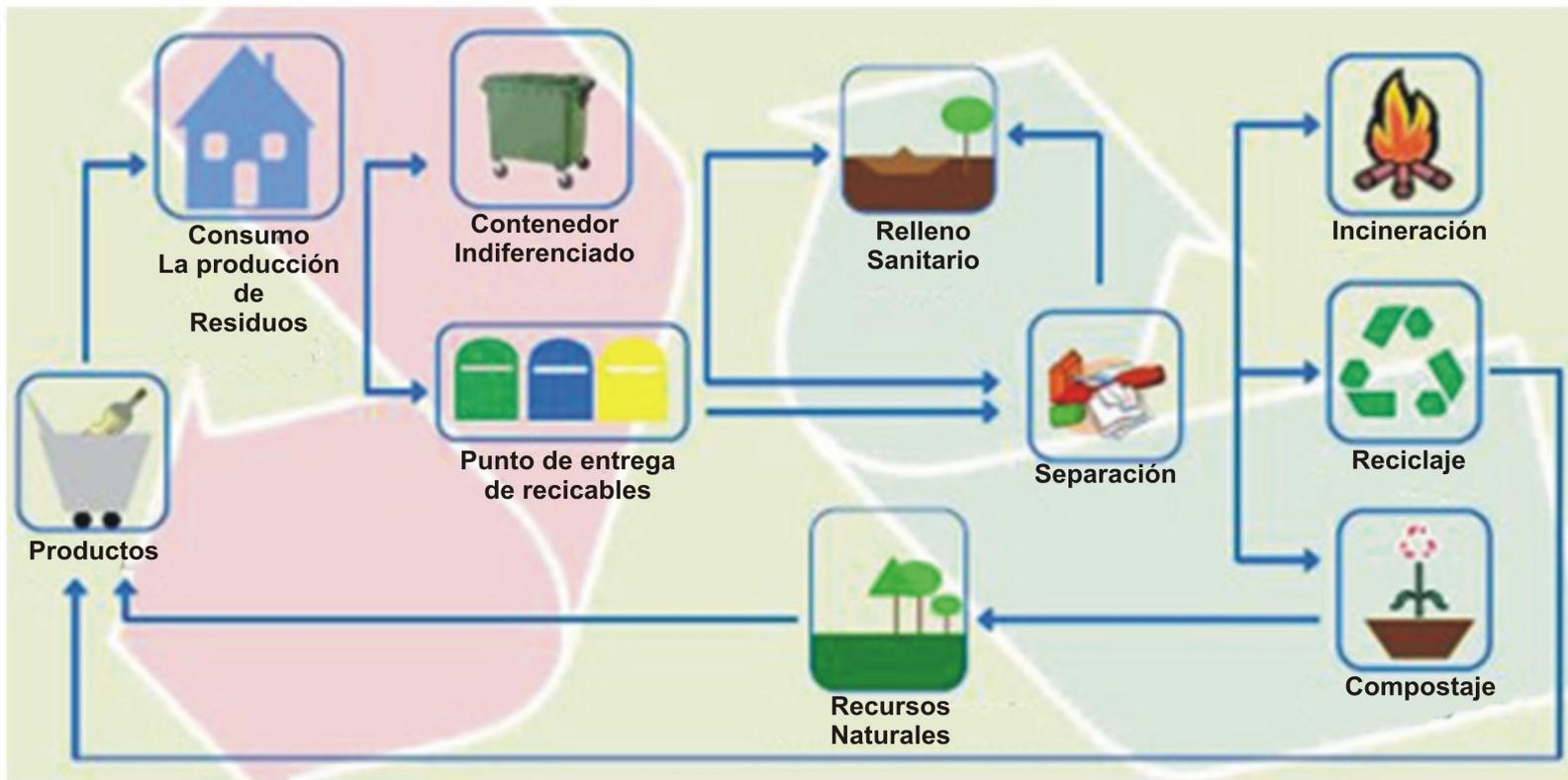


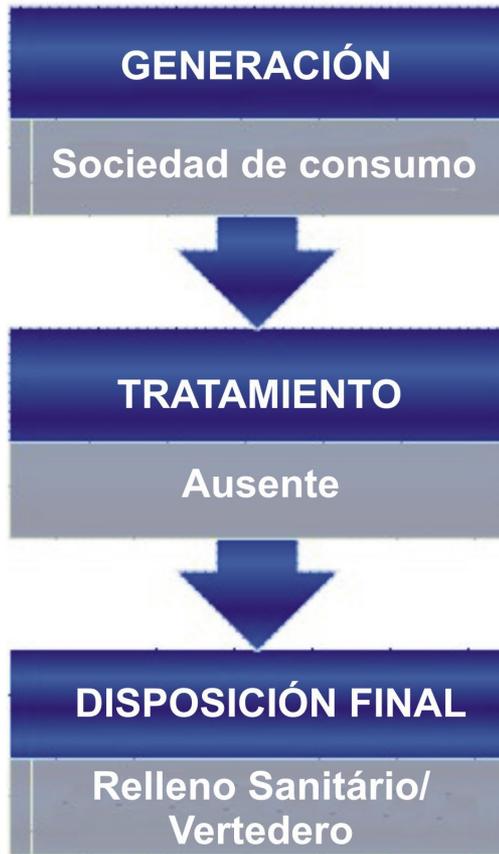
DESARROLLO Y DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS

Ing. Civil, MSc. Francisco José Pereira de Oliveira

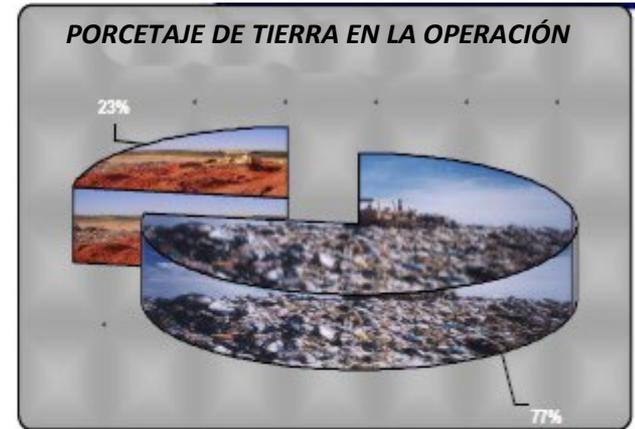




Fuente: <http://ecoguia.cm-mirandela.pt/>







IMPLANTACIÓN, OPERACIÓN, MONITOREO E CLAUSURA DEL RELLENOS SANITARIOS

Forma de Destino Final Adecuado de Resíduos en el Suelo



- Tipos de residuos a recibir
- Generación de residuos en el municipio o en los municipios para ser servido por el relleno sanitario
 - ✓ Población a ser servida
 - ✓ Per cápita
- Volumen de residuos que serán dispuestos en relleno
- El dimensionamiento de la área: definición de área mínima
- Vida útil del relleno



Estudio de alternativas de ubicación

- la verificación de los estudios existentes de la gestión municipal y cartográfica municipal
- áreas urbanas o cercanas se descartan
- geología - agua, el suelo y las rocas
- topografía y dimensiones
- legislación ambiental - distancias que deben respetarse
- biota - supresiones y las especies en peligro de extinción
- los recursos hídricos
- distancia al centro generador - transporte - el acceso
- receptividad de la población
- legal
- consorcio







Aeropuertos e carreteras

Relleno Sanitario: actividad atractiva para las aves y puede representar riesgos de accidentes aéreos



Transferencia



Protección de la carga



Descarga



Centro Generador



Disposición Final

Mayor que 40Km

Centro Generador – Relleno Sanitario



- Estudios
 - Sitio de construcción
 - Movimiento de tierras y regularización de terreno
 - Drenaje de nacimiento (surgência de agua)
- Impermeabilización de base ("*Liners*")
 - Obligatorio a partir de los años 80, la incorporación de las membranas artificiales flexibles, sobre todo después de las recomendaciones de la EPA, Julio/82
 - "Prevención (a través de la membrana flexible) en lugar de minimizar (a través de sellado capa de arcilla) la migración (pluma) de lixiviado: produce mejores resultados ambientales y proporciona una mayor seguridad de que no habrá contaminación en el medio ambiente"
 - Inclinación de la base debe garantizar la libre circulación de lixiviados: Inclinación $\geq 5\%$



- ✓ Geología
- ✓ Geotecnia/Préstamo/Fundación
- ✓ Hidrogeología
- ✓ Geomorfología – Topografía/Relieve y Superficie Dinámica (erosión)
- ✓ Sismología
- ✓ Climatología – Balanço de agua
- ✓ Recursos de Aguas Superficial y Subterránea
- ✓ Calidad del Aire – Particulado, Olores y Ruido



- ✓ Áreas protegidas y protección del medio ambiente
- ✓ Flora - Etapa inicio/medio/avanzada y supresión vegetal
- ✓ Fauna – Extinção – hábitats – especies en peligro – avi-fauna
- ✓ Ictofauna u organismos acuáticos (Zoo/Fito-planctron y bentónico)

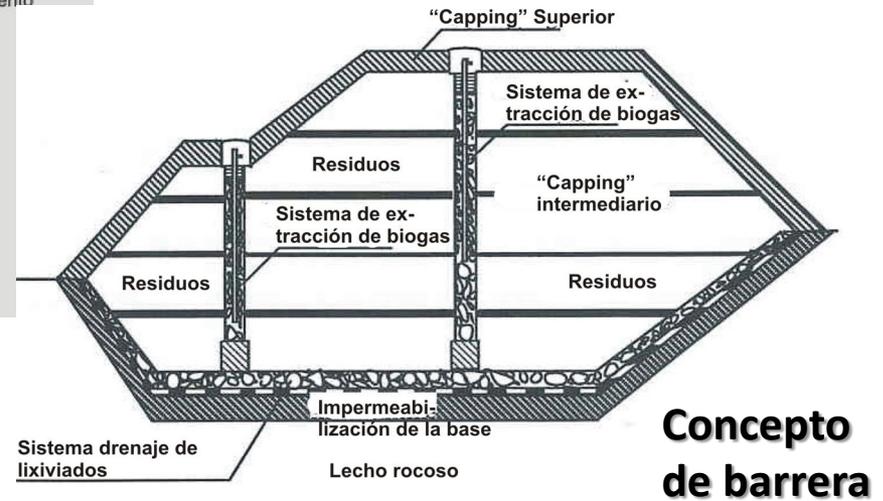
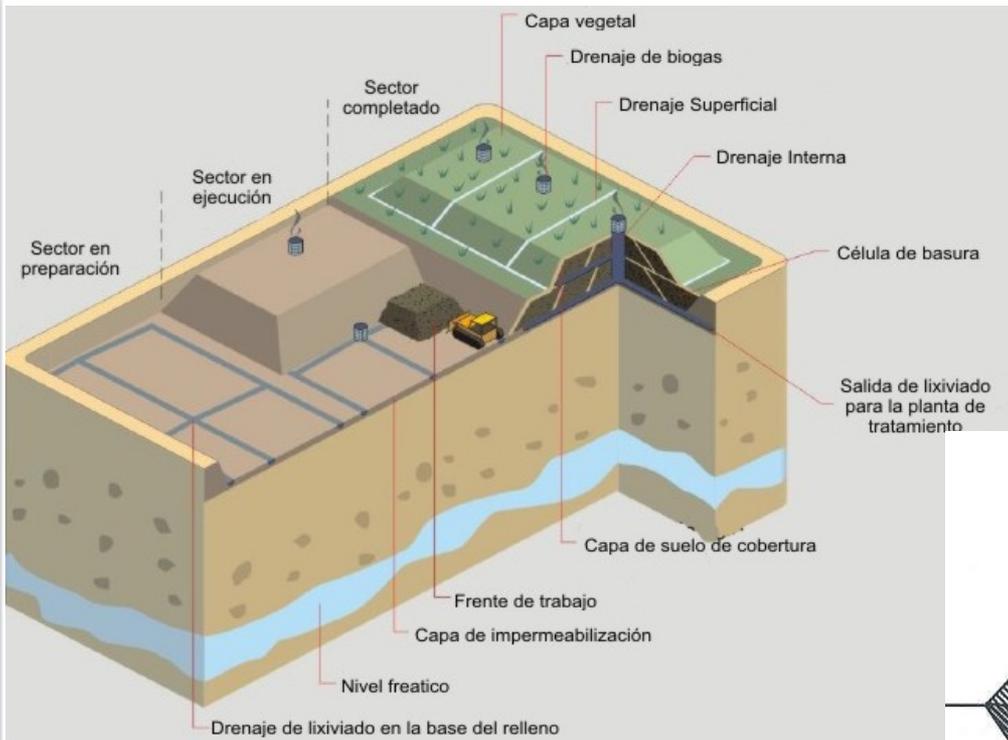


- ✓ Población que asistió - IDH
- ✓ Infraestructura local/regional y equipo/acceso/alcantarillado
- ✓ Aislamiento visual/distancias de residencias y agrupaciones
- ✓ Usos de aguas
- ✓ Capacidad técnica y financiera da la ciudad/consorcio/empresa
- ✓ Aeropuertos
- ✓ Patrimonio Histórico, Arqueológico, Artístico y Turístico
- ✓ Líneas de transmisión, red de agua y ductos, gasoductos
- ✓ Uso del suelo municipal
- ✓ Documentación de la área
- ✓ ONG (cultura y información a población)
- ✓ Alcaide x Camara - Composición política
- ✓ Concesión y licença



- Acceso durante toda la vida útil del relleno sanitario
- Cinturón verde
- Áreas de recepción, balanza, la administración, especiales (educación, tratamientos):
 - Portería/oficina/balanza
 - Taller de mantenimiento/depósito
 - Redes
 - ✓ Energía
 - ✓ Agua/Aseo
 - ✓ Comunicaciones
- Perímetro de los residuos en relleno
- Sistemas Sanitarios
 - Impermeabilización de base
 - Drenaje de lixiviados
 - Drenaje de fundación
 - Drenaje de célula
 - Tipología
 - Altura de celdas
 - Inclinación de rampas
 - Capas de cobertura
 - ✓ Diaria
 - ✓ Final
 - Tratamiento de lixiviado





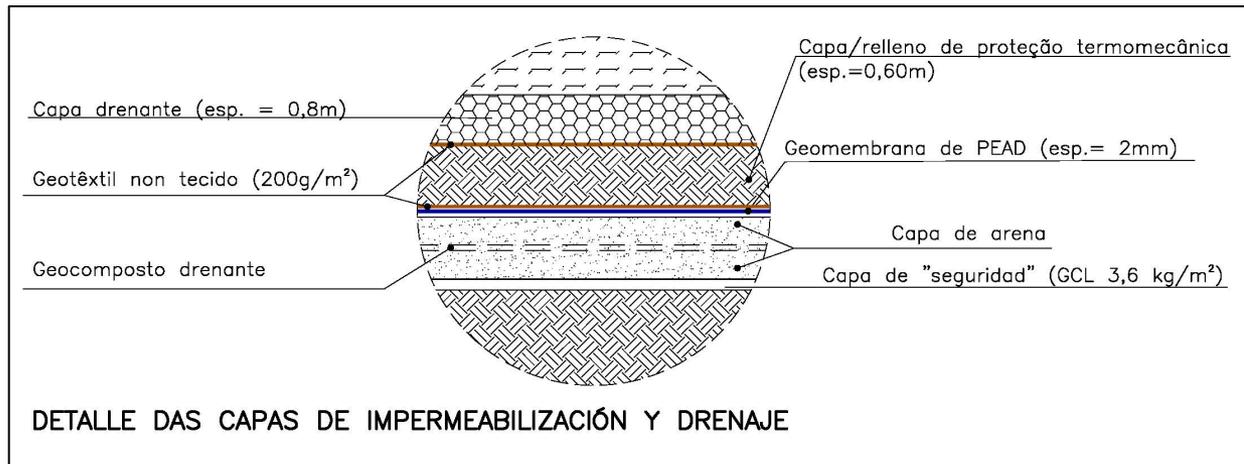
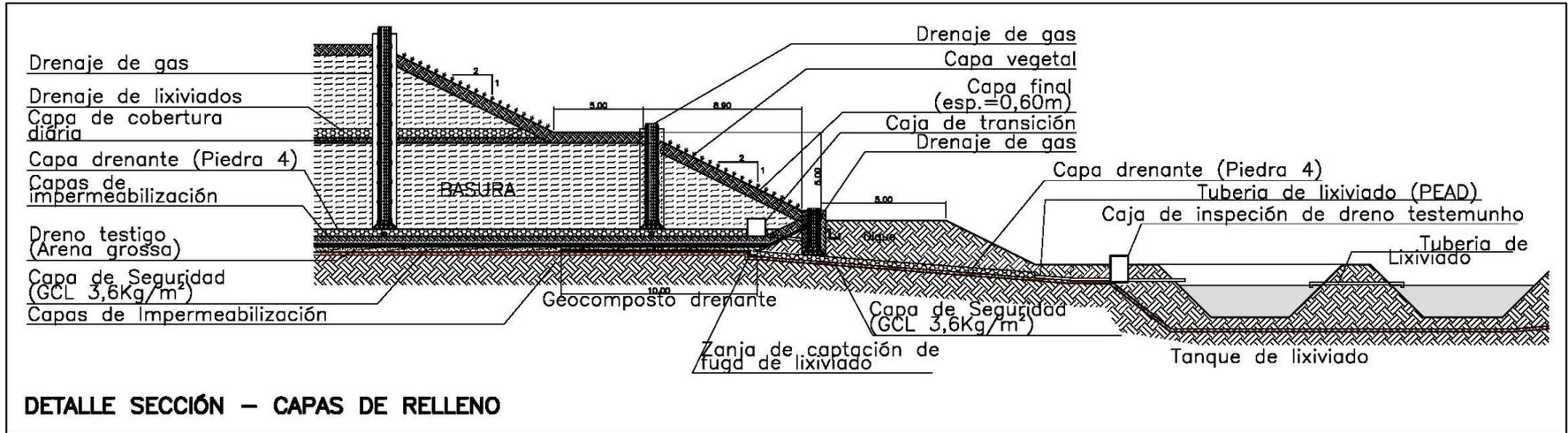
Fuente: Geotech



Fuente: Cossu, 1993

- Primeros Trabajos
 - Sitio de construcción
 - Movimiento de tierras y regularización de terreno
 - Drenaje de nacimiento
- Impermeabilización de base ("*Liners*")
 - Obligatorio a partir de los años 80, la incorporación de las membranas artificiales flexibles, sobre todo después de las recomendaciones de la EPA, Julio/82
 - "Prevención (a través de la membrana flexible) en lugar de minimizar (a través de sellado capa de arcilla) la migración (pluma) de lixiviado: produce mejores resultados ambientales y proporciona una mayor seguridad de que no habrá contaminación en el medio ambiente"
 - Inclinación de la base debe garantizar la libre circulación de lixiviados: Inclinación $\geq 5\%$



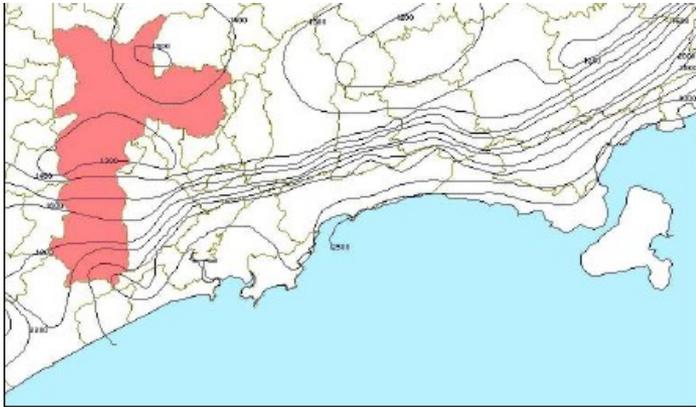


- Insumos disponibles
 - Topografía – Planialtimetría detallada
 - Perforación geotécnica, la permeabilidad de las fundaciones, pruebas de suelo
 - Equilibrio de agua
- Directrices de proyecto
 - Máximo volumen por unidad de área
 - Tanque de almacenamiento de lixiviados posteriores a la remisión a tratamiento
 - Concepción de impermeabilización para evitar la contaminación del suelo y el nivel freático
 - Drenaje de lixiviados
 - Drenaje de gas, recolección e quema
 - Concepción de capa final para minimizar la generación de lixiviados e conducir la salida de biogás
- 
 - Préstamo áreas, almacenamiento de suelos e ejecución por fases
 - Acceso a las capas más altas.

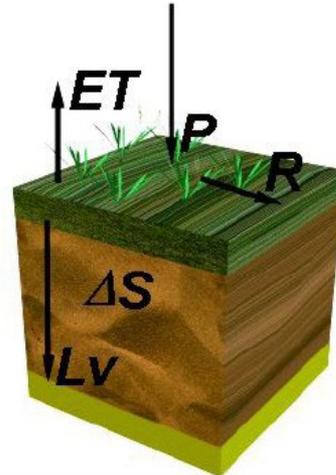
- Drenaje Superficial
 - Sistemas con canales de agua con materiales deformables, cajas de disipación de energía y retención de sólidos
- Extracción de gas, quema controlada y/o generación de energía
 - Especificaciones de materiales y inspección de implementación y operación
- Monitoreo geotécnico y ambiental
- Plan de contingencia
- Plan de cierre



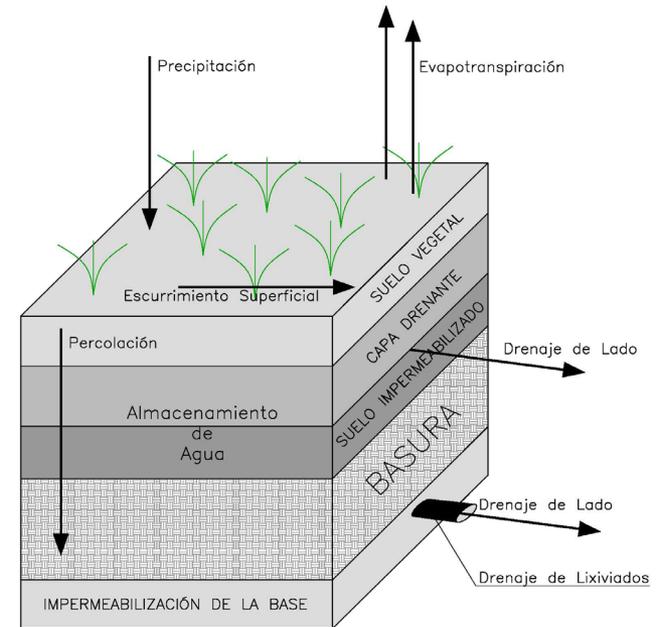
- Cantidad de lluvia



- Vientos
- Temperatura
- La humedad del aire



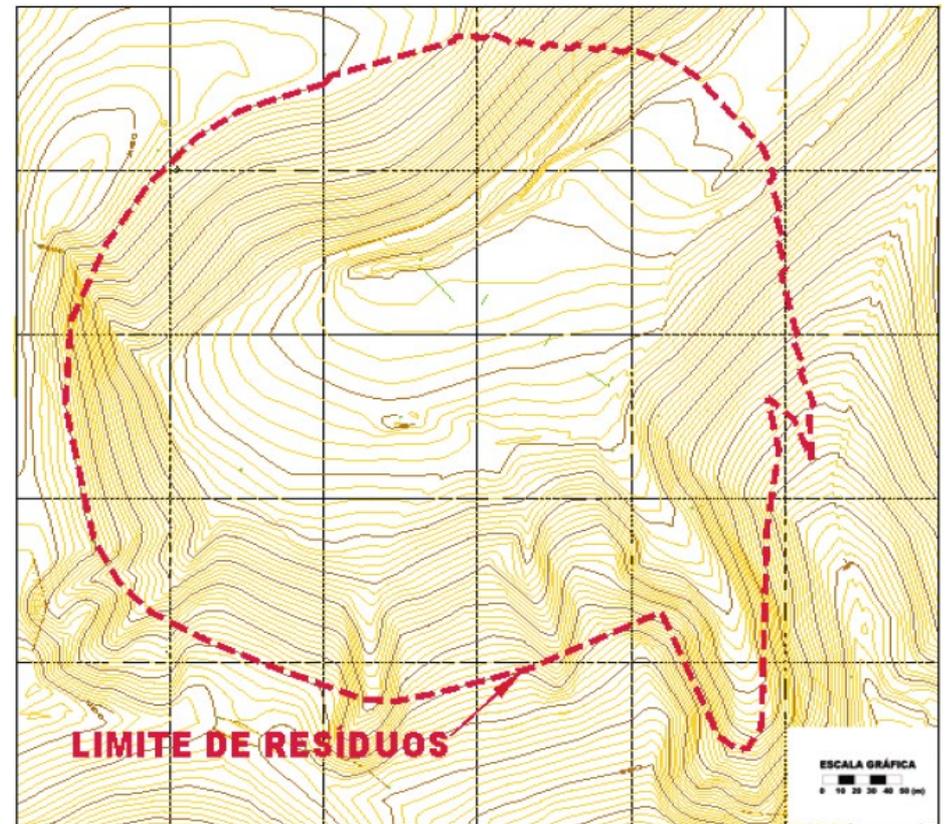
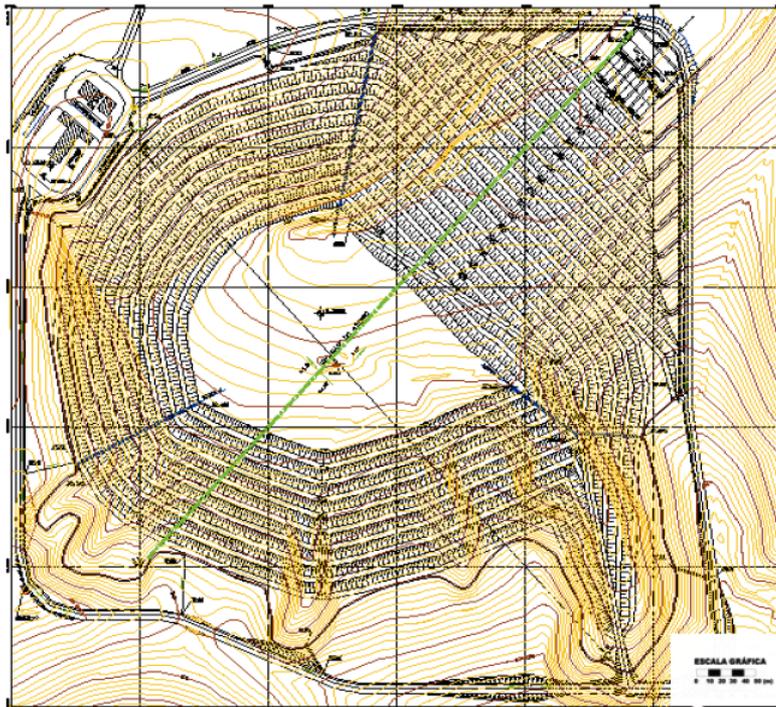
- Balance hídrico



Modelado del Relleno

- ✓ Sistema de cubierta
- ✓ Sistema de impermeabilización
- ✓ Sistema de drenaje de lixiviados





$$Pr = P - Rs - ET - \Delta Sw$$

Pr = cantidad de lixiviado

P = precipitación

Rs = escurrimiento superficial

ET = evapotranspiración

ΔSw = variación de almacenamiento de agua en el suelo/residuos

METODO SWISS

$$Q = \left(\frac{1}{t}\right) \cdot P \cdot A \cdot K$$

Q = caudal medio (l/s)

P = precipitación media anual (mm)

A = area del relleno (m²) – limite de residuos

T = numero de segundos en 1 año

K = coeficiente del grado de compactación de la basura

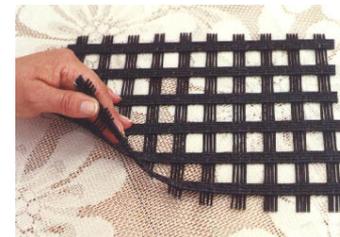
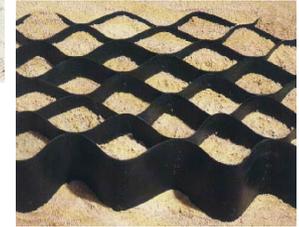
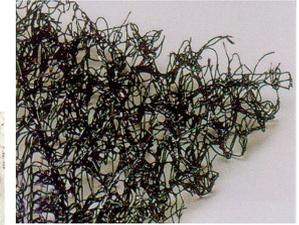


Peso Específico de los Residuos (t/m ³)	Coeficiente K
0,4 a 0,7	0,25 a 0,5
> 0,7	0,15 a 0,25

GEOSINTÉTICOS: APLICACIONES EN BARRERAS IMPERMEABLES DE BASE



- Productos manufacturados
- Bajo Costo
- Facilidad y rapidez de ejecución
- Excelente rendimiento técnico
- Productos principales
 - Geotextil
 - Geomalla
 - Barreras Geosintéticas Poliméricas (Geomembranas)
 - Geored
 - Geomantas
 - Geocélulas



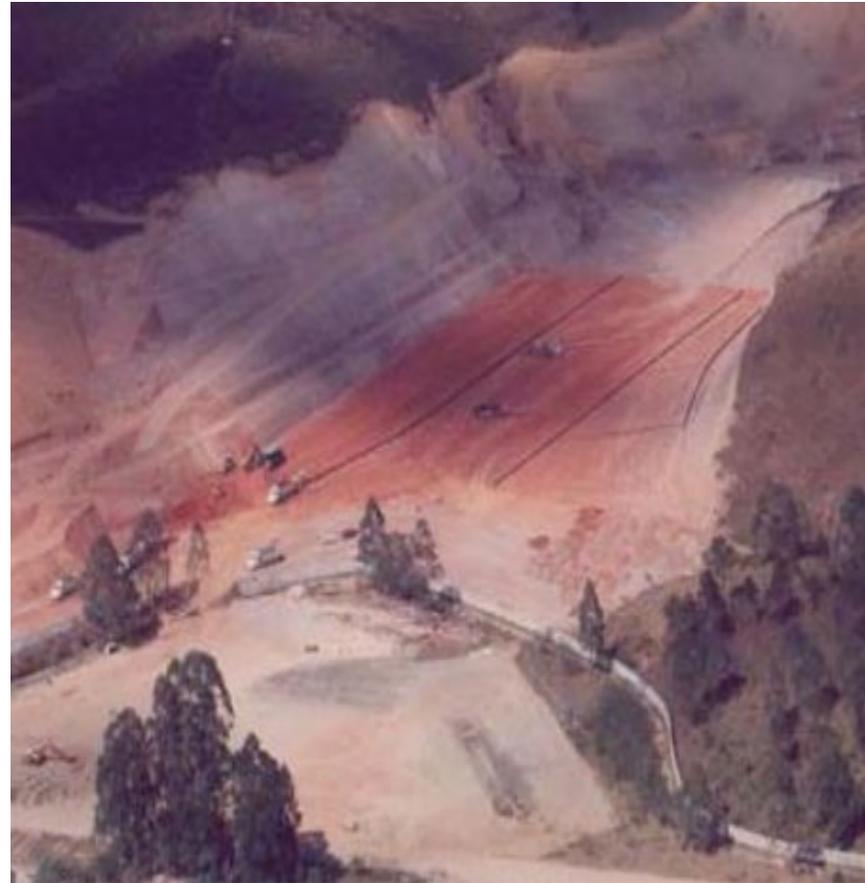
- Barreras Geosintéticas:
 - Prevenir la migración de humedad y vapores
 - Reserva de agua y aguas residuales
 - Contención de los más variados residuos tales como residuos urbanos y residuos industriales
 - Remediación de sitios contaminados
- Materiales utilizados:
 - Tradicionalmente: suelo compactado, concreto, asfalto y manta impregnada con diferentes sustancias
- Adviento de Geosintéticos: nuevos materiales
 - Geosintéticos con función de barrera:
 - Barrera Geosintética Polimérica: Geomembranas
 - Barrera Geosintética de Arcilla: GCL



Drenaje de Sub-Base

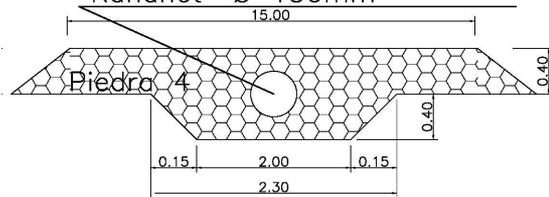


Excavación de la tierra

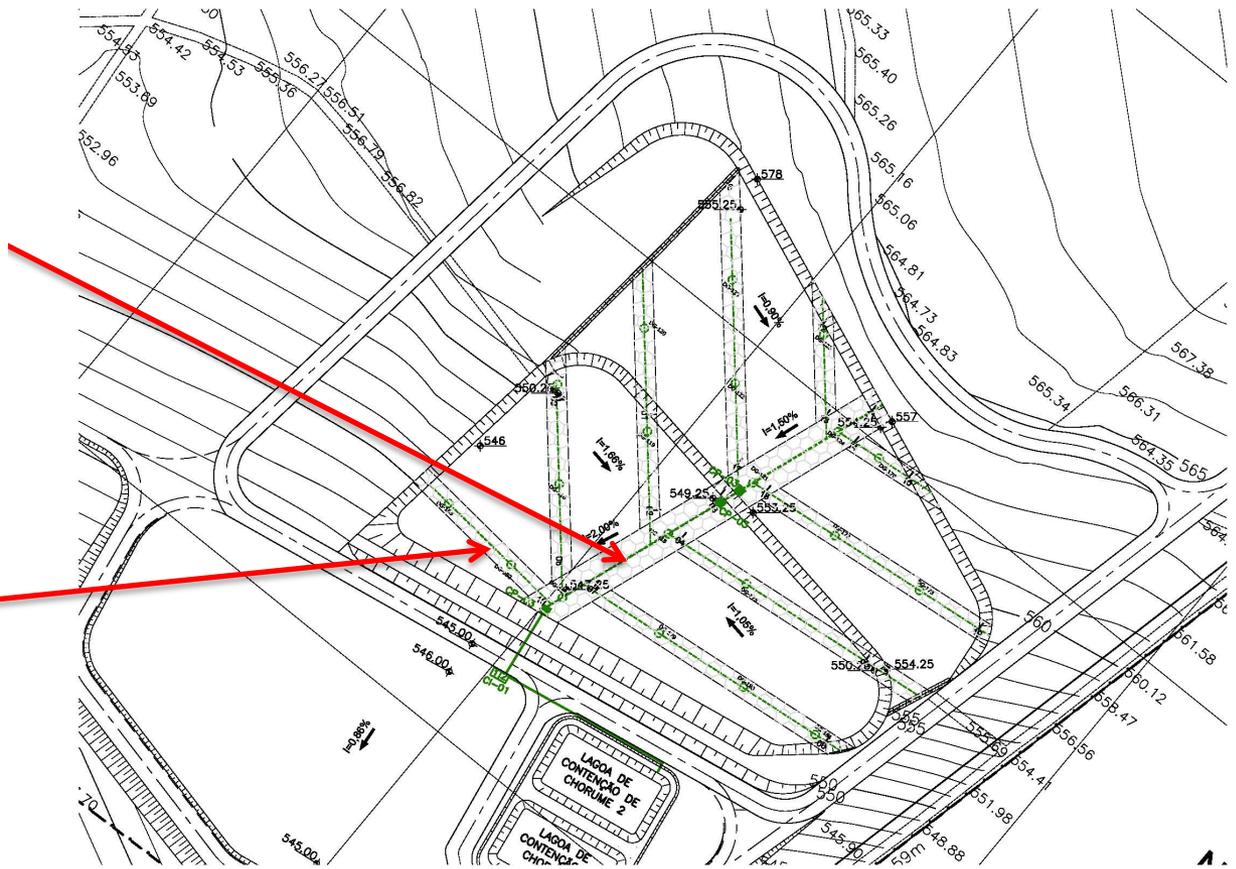
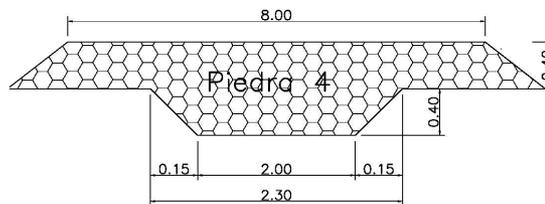


DRENO PRINCIPAL

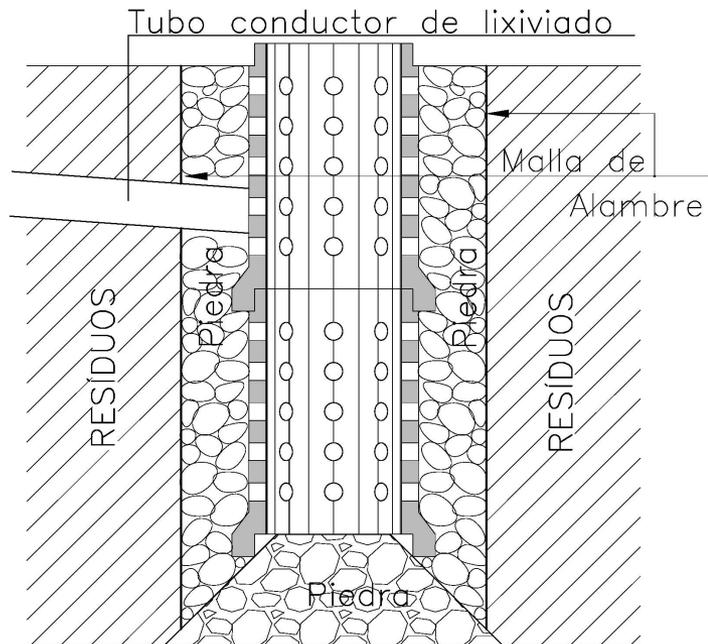
Tubo de PEAD perforado tipo
 "Kananet" Ø 150mm

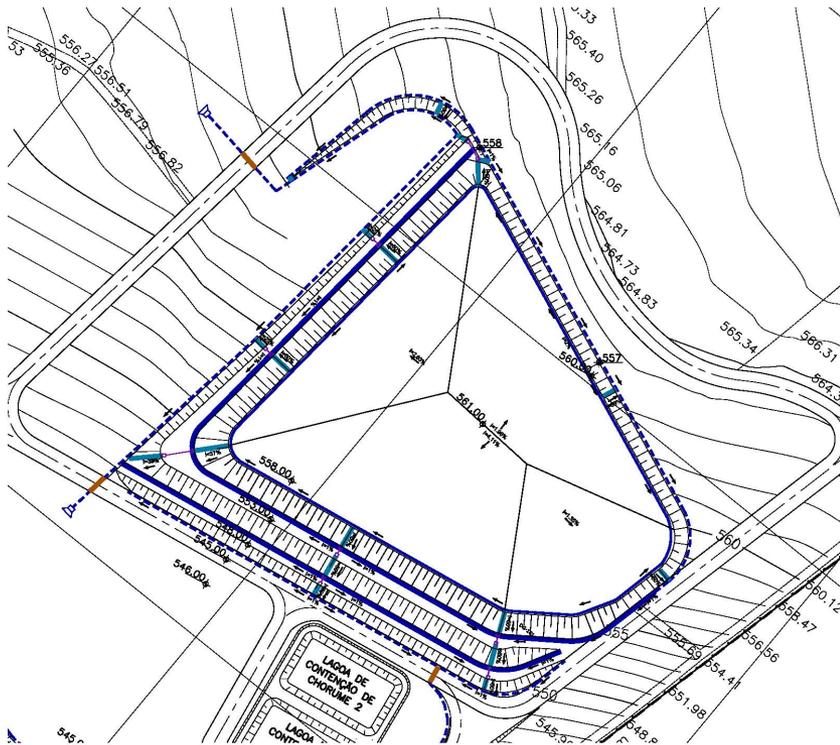


DRENO SECUNDARIO



DRENAJE VERTICAL DE GAS E LIXIVIADOS

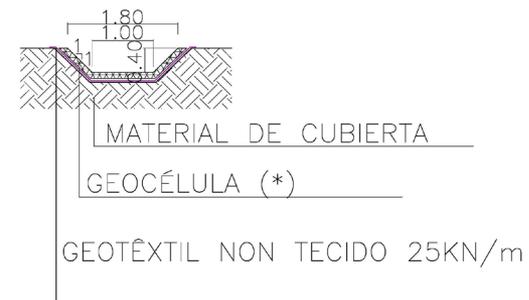




CANAL DE BERMA



DESCIDA D'AGUA



MONITOREO GEOTÉCNICO Y AMBIENTAL DE UN RELLENO SANITARIO

- ✓ Garantizar la estabilidad de un relleno sanitario se basa no sólo en la buena implementación y operación, sino también para estrictos procedimientos de monitoreo.
- ✓ Inspecciones visuales:
 - ✓ El movimiento de los taludes que se manifiesta a través de la apertura de fisuras y grietas en la cobertura de las celdas, los accesos, los canales y las guías, la aparición de charcos, etc.;
 - ✓ Aparición de erosiones en la cobertura de celdas que podrían exponer los residuos;
 - ✓ Dispositivos de drenaje de lixiviados y gases que tienen problemas;
 - ✓ Existencia de lixiviados en la pendiente o en lo sistema de drenaje superficial entre otros.



- ✓ Evaluación de desplazamientos:
 - Verticales
 - Horizontales

- ✓ Presiones de poro:
 - Fase líquida: lixiviado
 - Fase gaseosa: Biogás

- ✓ Estabilidad de taludes

- ✓ Monitoreo de las precipitaciones

- ✓ Instrumentación:
 - Puntos de referencia
 - Piezómetros



Objetivos Principales:

- Evaluación de las condiciones de estabilidad geotécnica del macizo
- Evaluación de las posibilidades de integración vertical de las disposiciones de desecho
- Seguridad y Economía

Peculiaridades:

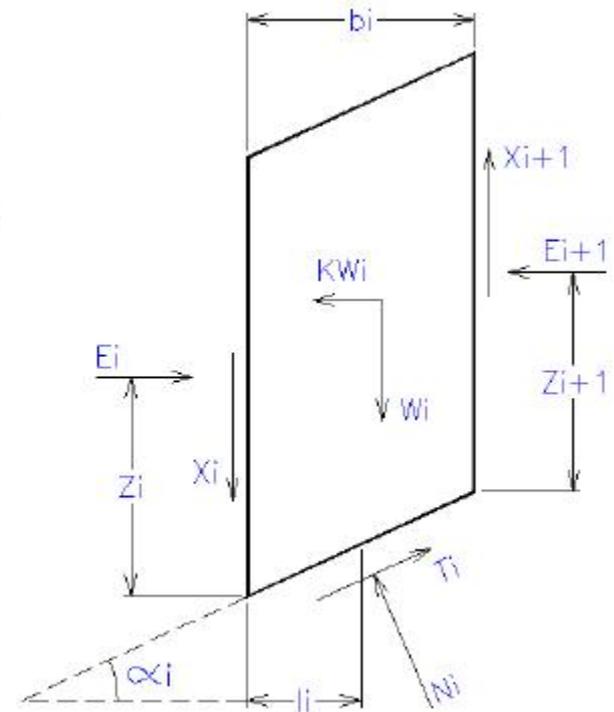
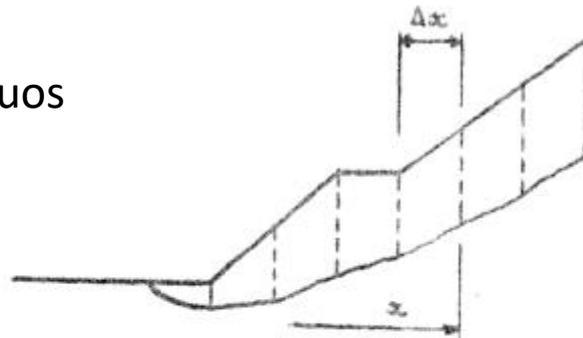
- La variabilidad de los RSU
- Descomposición Física, química y biológica de bajo la influencia de las condiciones climáticas
- Evaluación de los factores de seguridad:
 - Factor de seguridad: relación de la fuerza máxima disponible y la resistencia movilizada
 - En Brasil:
 - ABNT/NBR 11.682/2009
 - Considerando alto nivel de seguridad frente a los daños a las vidas humanas, materiales y daños al medio ambiente
 - $FS \geq 1,5$



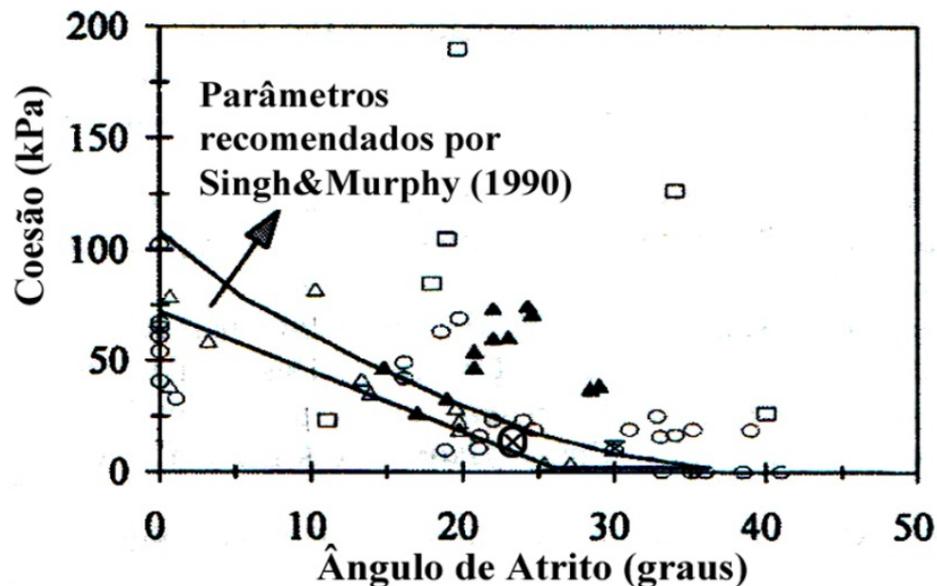
Método do Equilibrio Limite - Lamelas

Factores de intervención:

- Resistencia de los residuos
- Presiones de poro
- Densidad
- Geometría
- Tiempo y Temperatura



RESISTENCIA DE LOS RSU



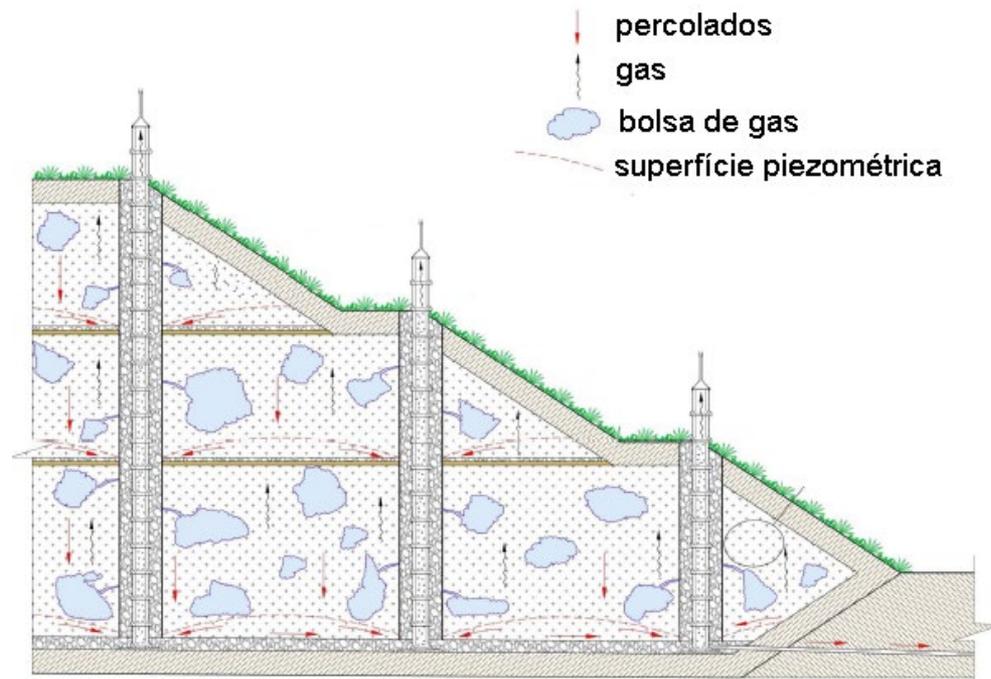
- △ Retroanálise (1)
- Ensaio Laboratório (1)
- Köing & Jessberger, 1997 (2)
- ▲ AS Bandeirantes (2)
- ⊗ Retroanálise AS Bandeirantes Benvenuto & Cunha, 1991
- ⊗ Grisolia et al, 1995 (2)

(1) Dados compilados por Singh & Murphy (1990), Gabr & Valero (1995) e Köing & Jessberger (1997)

(2) Ensaios triaxiais, 20% de deformação



- Presiones de percolados / fluidos
- La compresión de los vacíos
- Generación de Gas



Fuente: Geotech

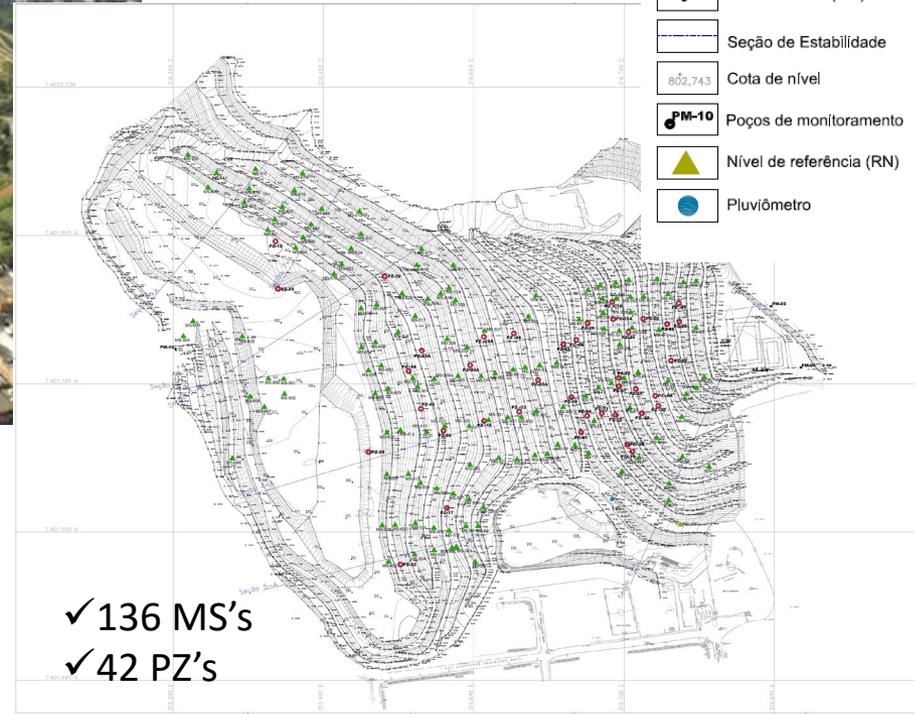


Foto aérea (2010)

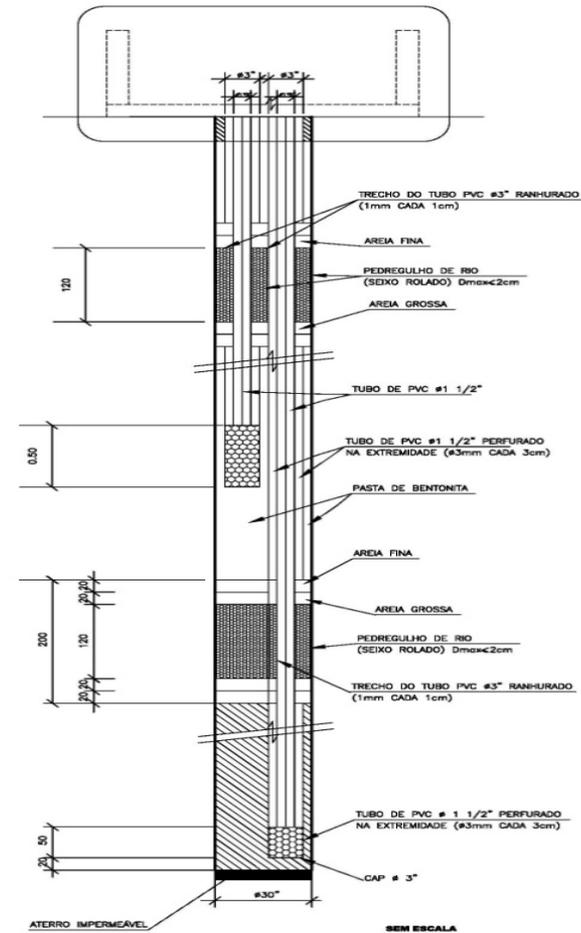


LEGENDA

-  Talude
-  Drenagem
-  Piezômetro (PZ)
-  Marco Superficial (MS)
-  Dreno de Gás (DG)
-  Seção de Estabilidade
-  Cota de nível
-  Poços de monitoramento
-  Nível de referência (RN)
-  Pluviômetro



✓ 136 MS's
✓ 42 PZ's



✓ Lectura de los Piezómetros:

- Nivel Piezométrico
- Presión del biogás



Seção 03A - Abril/2016

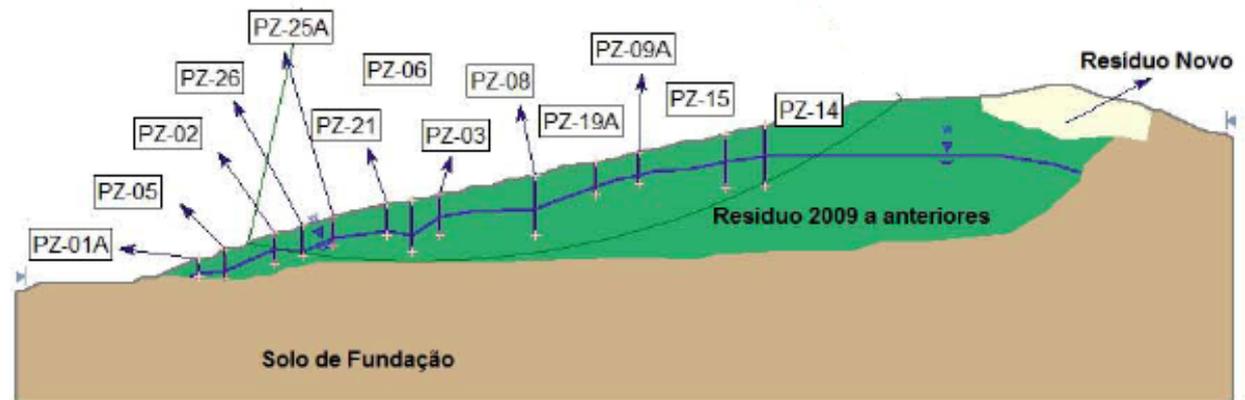


Gráfico de Piezômetro
PZ - 01A

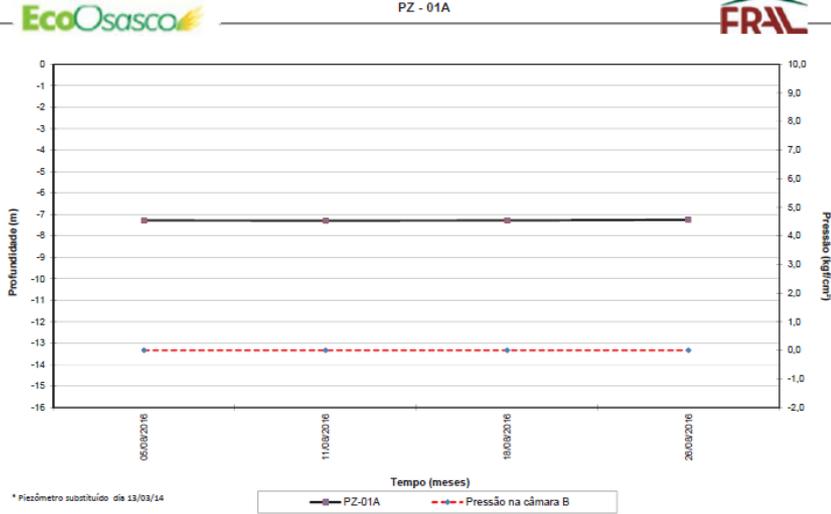
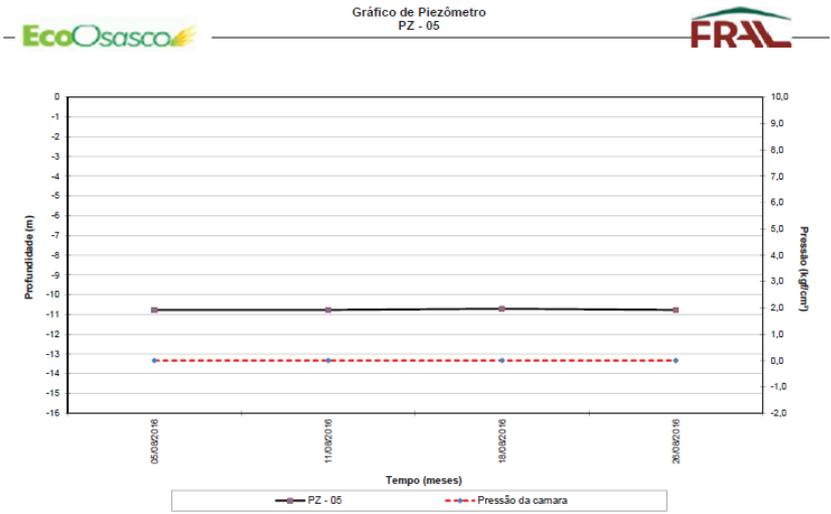
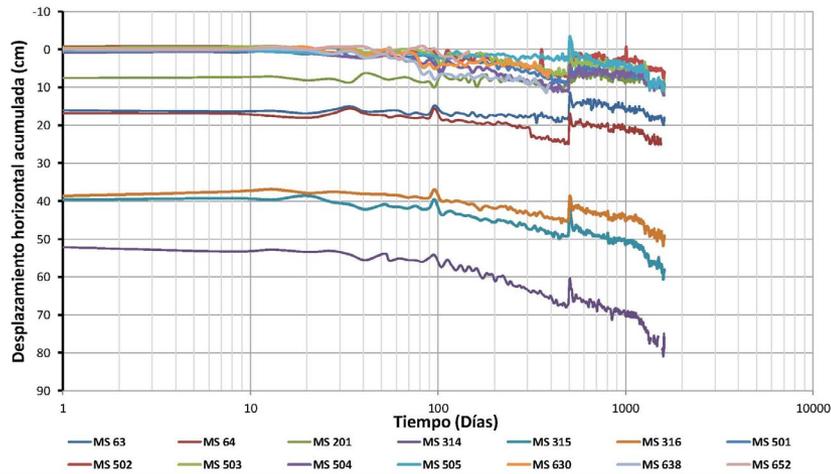


Gráfico de Piezômetro
PZ - 05

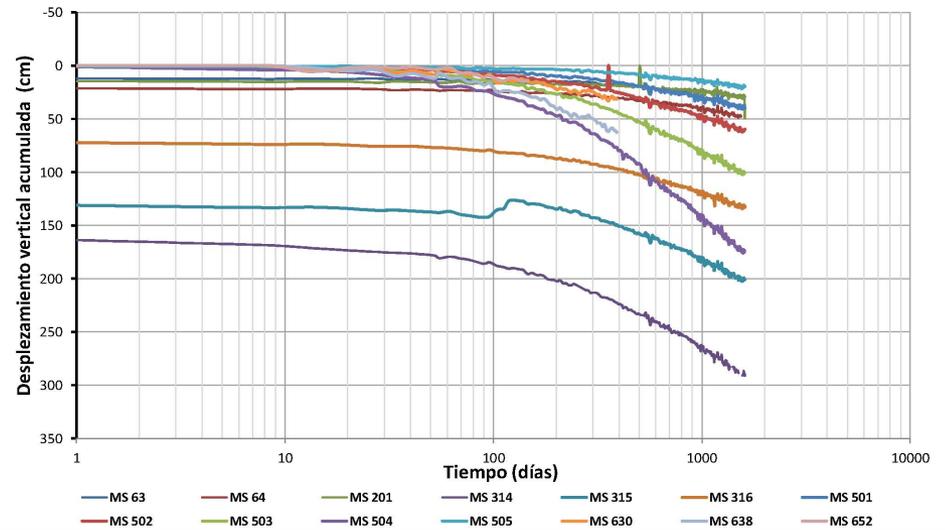




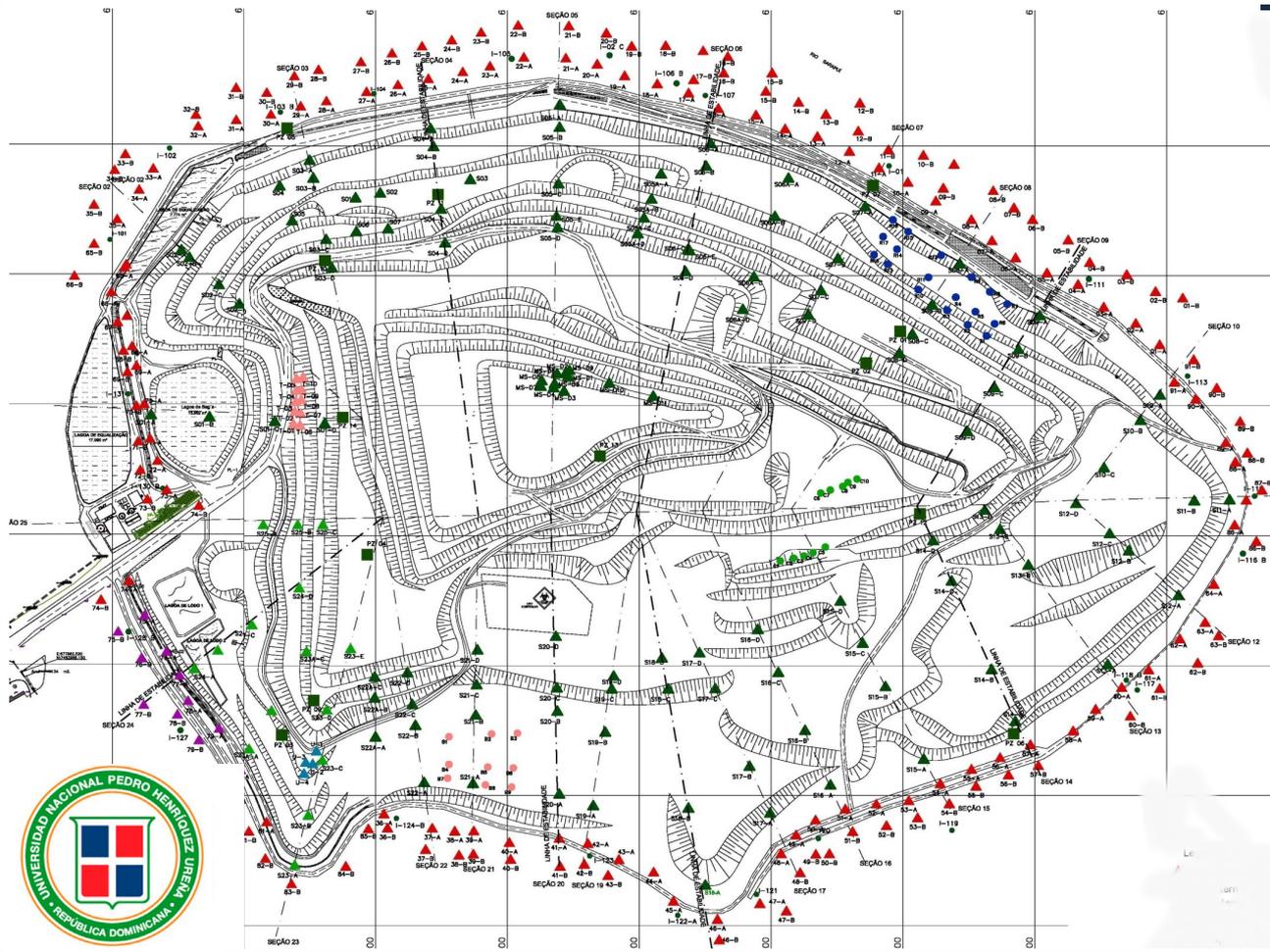
Desplazamiento Horizontal Acumulada (mar/2012 a jul/2016) - SECCIÓN 5A



Desplazamiento Vertical Acumulada (mar/2012 a jul/2016) - SECCIÓN 5A



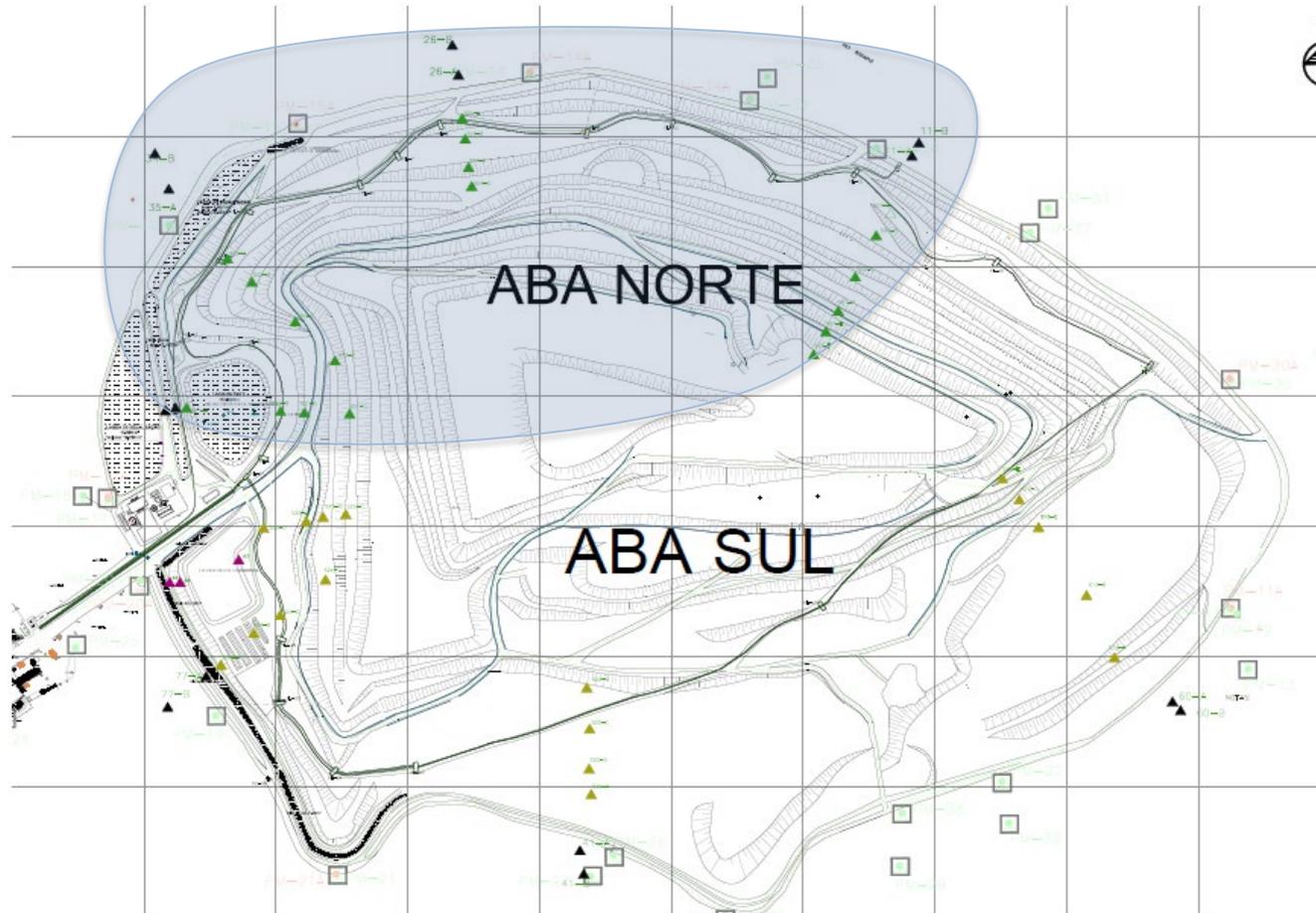
RELLENO METROPOLITANO DE GRAMACHO/RJ



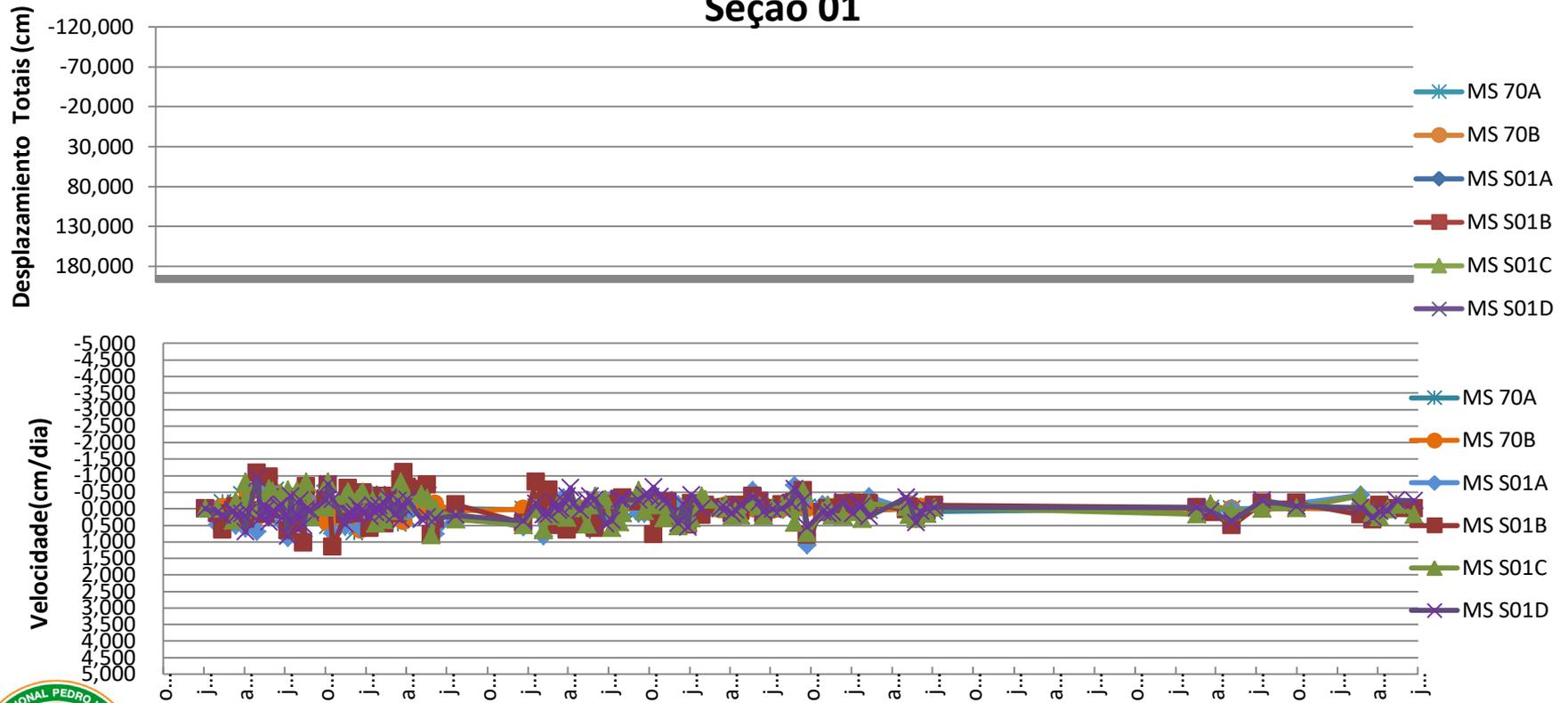
Legenda

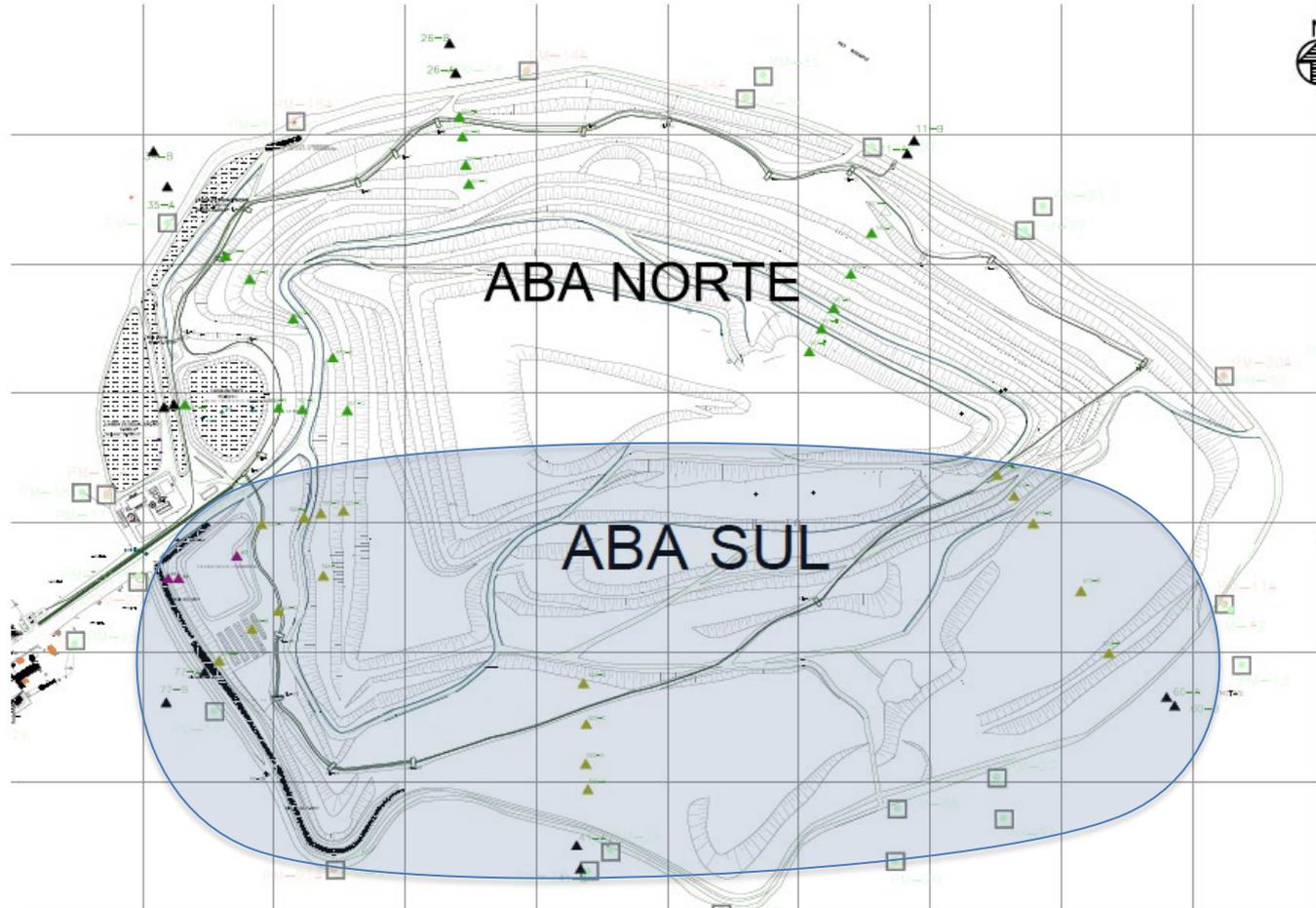
- ▲ MS Externo
- ▲ MS Interno
- ▲ MS Externo Região Sudoeste
- ▲ MS Interno
- ▲ MS Pedra do Urubú
- ▲ MS Interno Região Noroeste
- MS Interno ("B")
- MS Interno ("C")
- MS Interno ("R")
- ▲ MS Interno ("D")
- Inclinômetro
- Piezômetro
- Seções de Projeto



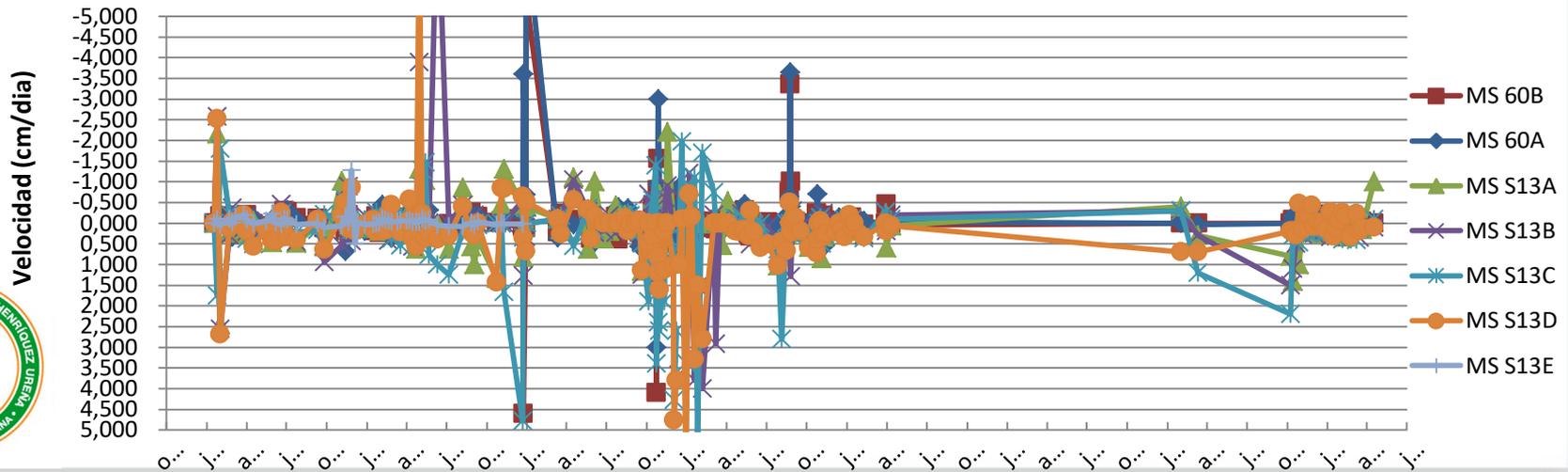
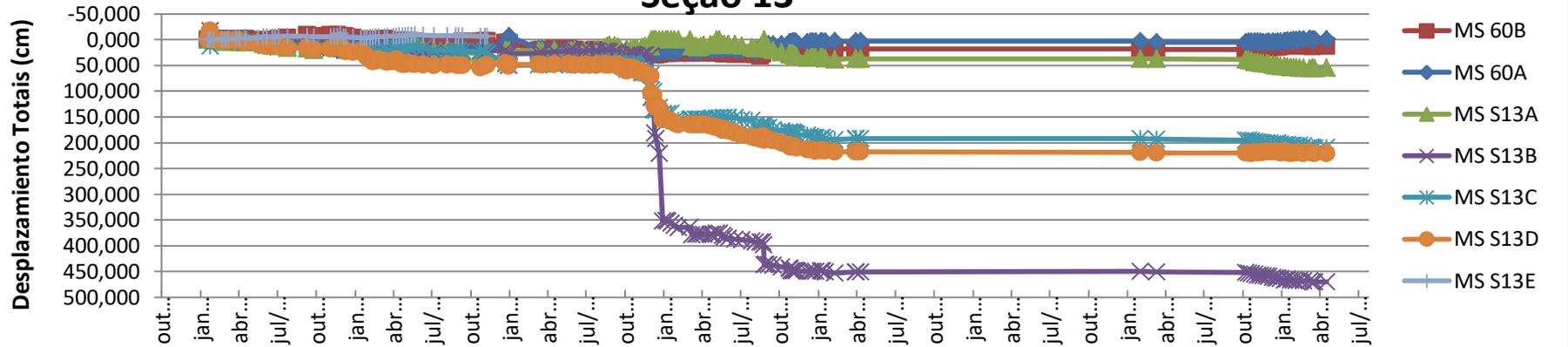


Seção 01

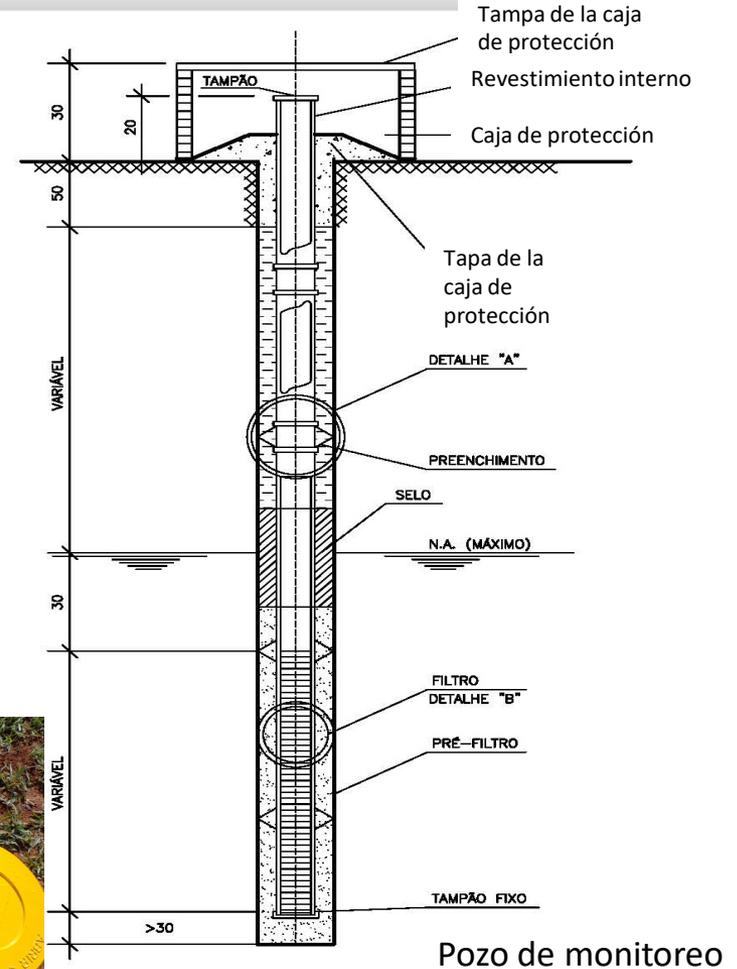




Seção 13



- Efluentes
 - Gaseosos
 - Líquidos
- Instrumentación
 - Lisímetros
 - Pozos
 - Sensores eléctricos
 - Sensores térmicos
 - Sensores Gaseosos (GEM)



RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÂMETROS ACREDITADOS ISO/IEC ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005

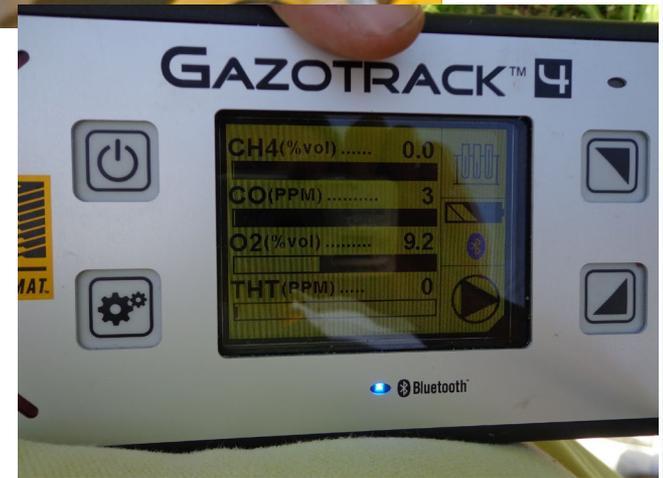
Valores Orientadores da Cetesb DD 045/2014 - Água + Portaria 2914/11 da ANVISA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados	Incerteza (±)	(1) V.I.	(2) V. M. P.	Data de Realização	M
Alumínio	mg/L	0,0050	0,184	0,0005	---	0,2	21/08/2016	75
Bário	mg/L	0,0017	3,481	0,0001	0,7	0,7	21/08/2016	75
Boro	mg/L	0,0220	< 0,0220	0,0053	2,4	---	21/08/2016	75
Cádmio	mg/L	0,0010	< 0,0010	0,0001	0,005	0,005	21/08/2016	75
Chumbo	mg/L	0,0020	< 0,0020	0,0005	0,01	0,01	21/08/2016	75
Cobalto	mg/L	0,0020	0,019	0,0005	0,07	---	21/08/2016	75
Cobre	mg/L	0,0017	< 0,0017	0,0001	2,0	2,0	21/08/2016	75
Cromo	mg/L	0,0060	< 0,0060	0,0015	---	---	---	---
Ferro	mg/L	0,032	1,434	0,0005	---	---	---	---
Manganês	mg/L	0,0030	1,631	0,0005	---	---	---	---
Prata	mg/L	0,0001	< 0,0001	0,00004	---	---	---	---
Selênio	mg/L	0,0030	< 0,0030	0,0005	---	---	---	---
Zinco	mg/L	0,0011	0,061	0,0003	---	---	---	---
Sódio	mg/L	0,2000	21,900	0,0337	---	---	---	---
Mercurio	mg/L	0,0001	< 0,0001	0,00003	---	---	---	---
Dureza	mg/L	1,000	530,554	0,0022	---	---	---	---
Cor Aparente	mg/L	1	18	0,37	---	---	---	---
Cloreto	mg/L	1,00	167,00	0,03	---	---	---	---

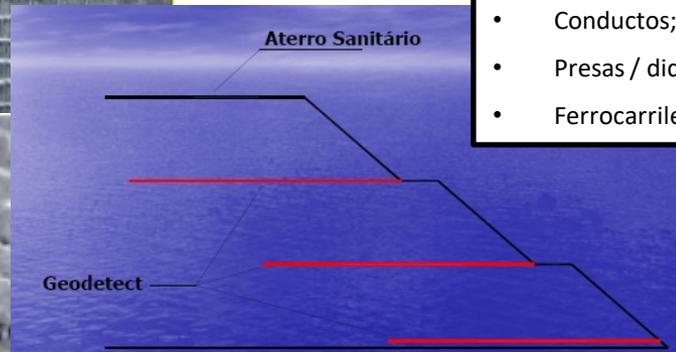
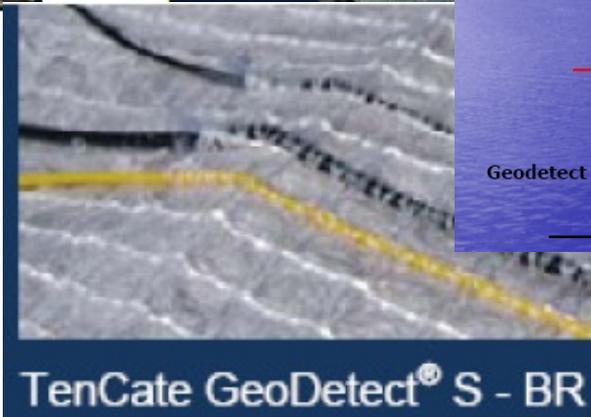
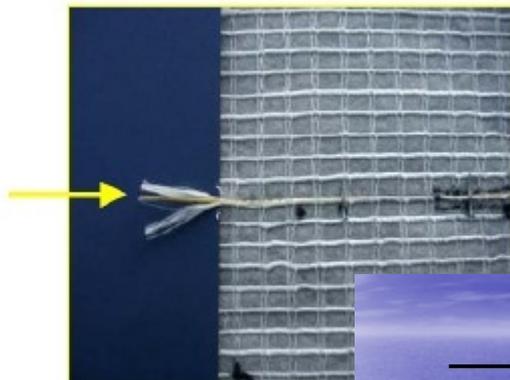
Valores Orientadores da Cetesb DD 045/2014 - Água + Portaria 2914/11 da ANVISA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados	Incerteza (±)	(1) V.I.	(2) V. M. P.	Data de Realização	M
Nitrato (como N)	mg/L	0,23	55,54	0,009	10	10	11/08/2016	35
Nitrito (como N)	mg/L	0,04	< 0,04	0,004	---	1	11/08/2016	35
pH	-	0,10	5,48	0,03	---	6,0-9,5	10/08/2016	30
Turbidez	NTU	0,03	0,72	0,39	---	5	10/08/2016	60
Contagem Padrão de Bactérias	UFC/mL	1	1764	122	---	500	11/08/2016	85
Coliformes Totais	NMP/100mL	1,8	4,5	---	---	Ausência em 100 mL	11/08/2016	53
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1,8	2,0	---	---	---	11/08/2016	53
Escherichia coli	NMP/100mL	1,8	<1,8	---	---	Ausência em 100 mL	11/08/2016	53
Benzeno	µg/L	2,00	< 2,00	0,20	5	5	20/08/2016	128
Tolueno	µg/L	2,00	< 2,00	0,20	700	170	20/08/2016	128
Xilenos	µg/L	2,00	< 2,00	0,20	500	300	20/08/2016	128
Cloreto de Vinila	µg/L	2,00	< 2,00	0,20	2	2	20/08/2016	128
Tetracloro de Carbono	µg/L	2,00	< 2,00	0,20	4	4	20/08/2016	128
Cloreto de Metileno	µg/L	2,00	< 2,00	0,20	20	20	20/08/2016	128





GeoDetect – Geosintético que tiene en su interior fibras ópticas que permiten el control continuo de diversas magnitudes usando un sistema de hardware específico



Aplicaciones:

- Muros de suelo reforzado;
- Encuentros de puente en suelo reforzado;
- Terraplén reforzado en suelo blando;
- Terraplén Estructurado en suelo blando;
- Los rellenos sanitarios;
- Conductos;
- Presas / diques; y
- Ferrocarriles.

- Evaluación de la estabilidad de forma continua (seguridad);
- Asistencia en retroanálisis para obtener parámetros de resistencia: nueva basura / basura de edad; y
- Mediciones de temperatura.



Fuente: Geotech

Fases y Etapas do Proyecto – Etapa 1 – Impermeabilización con el suelo y HDPE geomembrana



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech





Fuente: Geotech



Fuente: Geotech





Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech





Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech



Fuente: Geotech

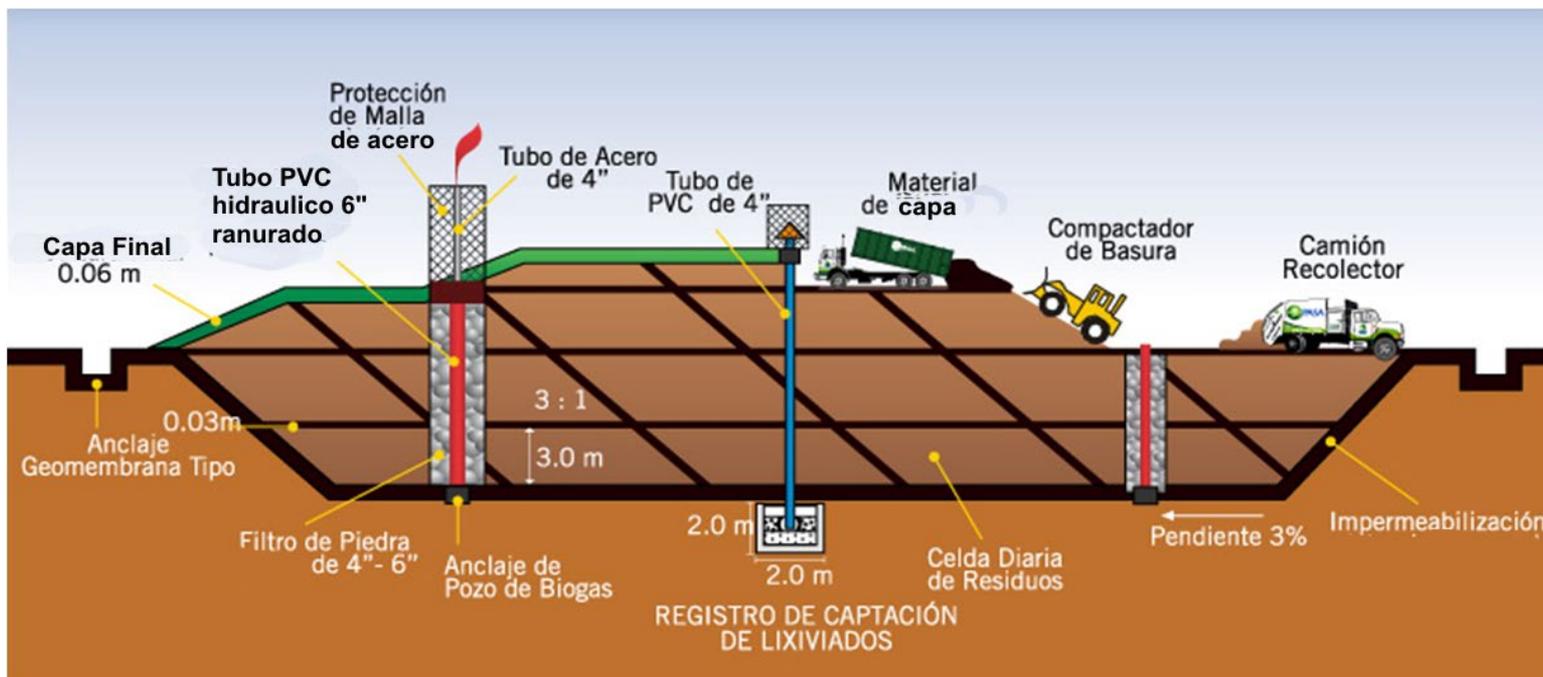


Fuente: Geotech

BIOGÁS EN LOS RELLENOS SANITARIOS

Biogás, resultado de procesos físicos, químicos y microbiológicos en el interior de los residuos.

A calidad depende de el sistema microbiológico que conduce el proceso de generación del gas, dada la naturaleza orgánica de la mayor parte de los residuos.



Los Rellenos Sanitarios son reactores biológicos:

- ✓ Los elementos de entrada:
 - Residuo sólido
 - Agua de lluvia

- ✓ Elementos de salida:
 - Líquidos percolados
 - Biogás

- ✓ Los factores que influyen en la cinética de los procesos de biodegradación:
 - Tamaño de grano
 - Composición e la edad de los residuos
 - Humedad de residuos
 - Temperatura del relleno
 - Cantidad y calidad de nutrientes
 - pH de los líquidos en el relleno
 - La densidad y grado de compactación de los residuos



Básicamente:

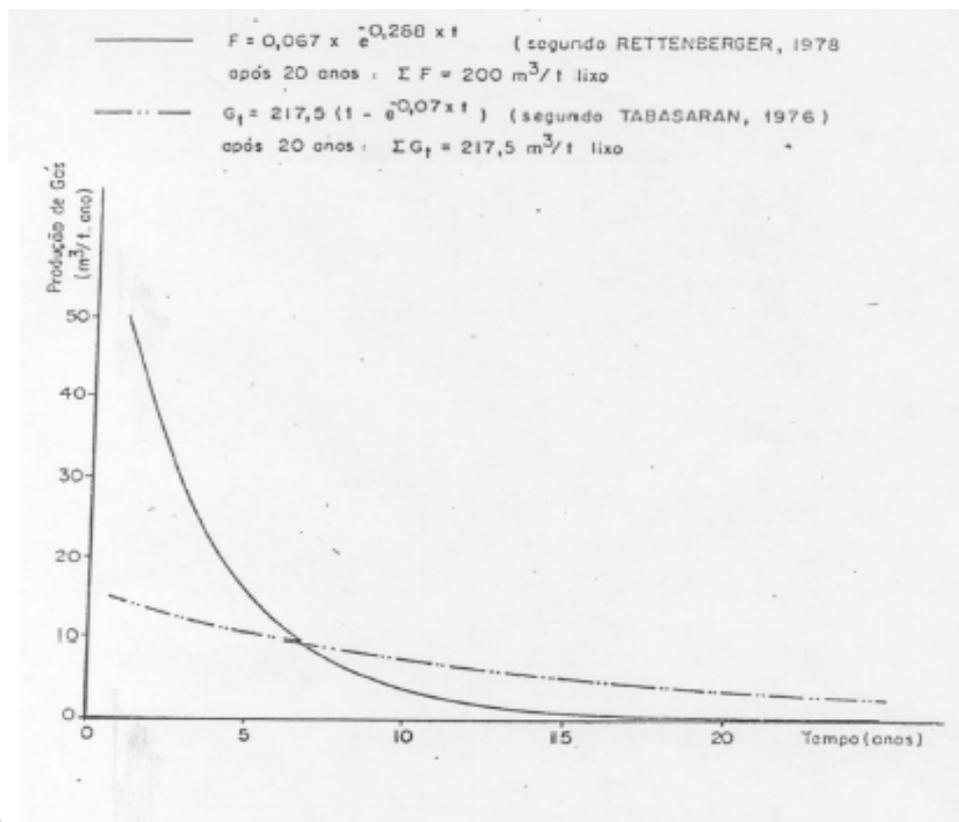
- ✓ De 40% a 60% de metano con el volumen restante:
 - ✓ Dióxido de carbono
 - ✓ De 1% a 2% de otros gases inorgánicos

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (BASE SECA)
METANO	45-60
DIÓXIDO DE CARBONO	40-60
NITROGENO	2-5
OXIGENO	0,1-1,0
AZUFRE, MERCAPTANOS, ETC	0-1,0
AMONÍACO	0,1-1,0
HIDROGENO	0-0,2
MONÓXIDO DE CARBONO	0-0,2
GASES EN MENOR CONCENTRACIÓN	0,01-0,6



Tchobanoglous et al. (1994)

- ✓ Mayor producción de gas en los primeros 2 años del relleno
- ✓ Disminución posterior en orden exponencial



$$P = 0,067 * e^{(-0,288 * t)} \quad (\text{RETTEMBERG})$$

$$P = 217,5 * (1 - e^{(-0,07 * t)}) \quad (\text{TABASARAN})$$

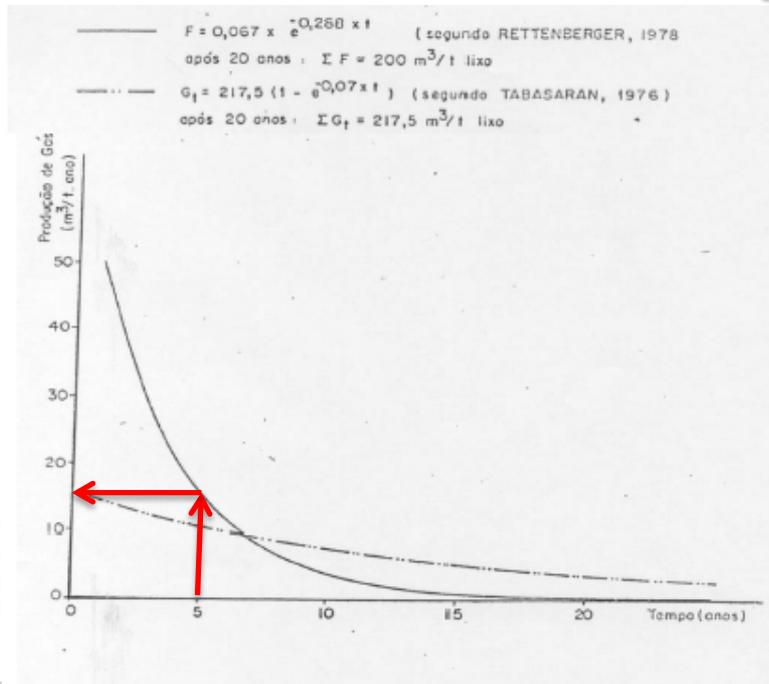
onde P = Produção de gás (m³/ ton. *ano)
t = Tempo (anos)

Curvas de variación de la velocidad de producción de gas en los rellenos sanitarios.

- ✓ Relleno con 1×10^6 ton/año
- ✓ 5º año $\rightarrow 18 \text{ m}^3/\text{t.año}$

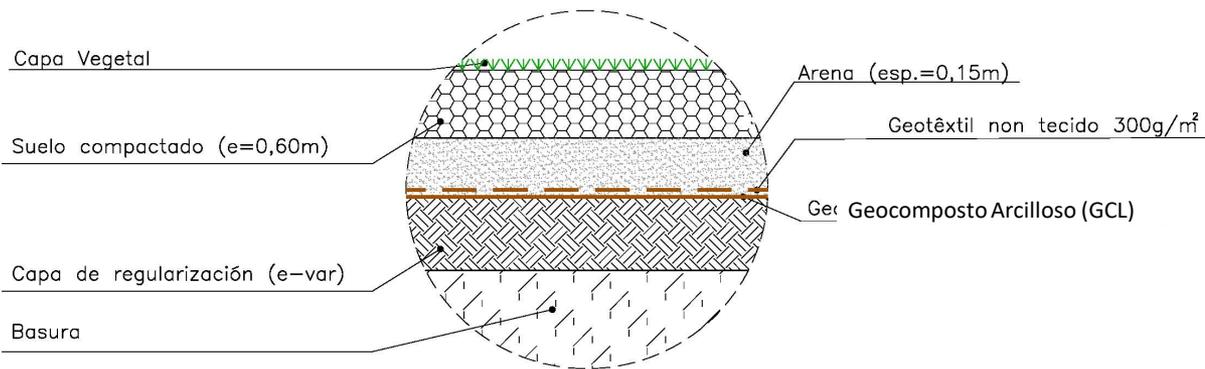
1 año = $12 \times 30 \times 24 = 8.640$ horas

$$Q_g = \frac{1 \times 10^6 \times 18}{8.640} = 2.083 \text{ m}^3/\text{h}$$



- Es la ejecución de la capa de la superficie final de el relleno
- Reducir el flujo de biogas fugitivo
- Aislamiento de la superficie de relleno
- Impermeabilización del relleno del agua de lluvia





Elemento	Función
Capa de regularización	Hacer el área a impermeabilizar con regularidad, para conducir agua de lluvia en el sistema de drenaje
GCL	Impermeabilización de la area
Barrera Capilar	
Geotêxtil non tecido	Drenar y conducir las aguas al sistema de drenaje
Capa de arena (e=15cm)	Drenar y conducir las aguas al sistema de drenaje
Capa de suelo compactado (e=60cm)	Suporte para la capa vegetal

FACTORES QUE AFECTAN LA CUALIDAD OPERACIONAL DE LOS RELLENOS

- Falta de Inversiones;
- Falta de Gestión Financiera y Económica;
- Falta de Gestión de la Formación Técnica y Operación;
- El uso indebido y mala operación del equipo que resulta en una baja densidad y como consecuencia una baja resistencia y alta conductividad hidráulica
- Descontinuación Política; y
- La falta de motivación administrativa, pública, política y social.



APRENDIENDO CON DESASTRES

Las reflexiones presentadas se refieren a las consideraciones sobre la ruptura de rellenos y vertederos ocurrida y reportada en publicaciones y artículos técnicos en territorio brasileño, en los últimos 25 años



Año	Nombre del relleno	Localización	Área (m ²)	Altura (m)	Metodología Operativa y Constructiva	Tamaño de la ruptura (ton)	Período durante el cual ocurrió la falla	Causas probables asociadas
1991	Relleno sanitario Bandeirantes	São Paulo/SP	820.000	120	Relleno sanitario en celdas	65.000	Durante la fase de construcción	- Ineficiencia del sistema de drenaje - Operación inadecuada - Inexistencia de investigación geotécnica
1992	Relleno sanitario Itapeericada Serra	Itapeericada Serra/SP	--	--	Relleno sanitario en celdas	8.000	Durante la fase de construcción	- La ineficiencia del sistema de drenaje
1995	Relleno sanitario Lara	Mauá/SP	880.000	--	Relleno sanitario en celdas	100.000	Durante la fase de construcción	- Operación inadecuada
2000	Relleno sanitario Itaquaquecetuba	Itaquaquecetuba/SP	885.000	80	Relleno sanitario en celdas	250 a 300.000	Durante la fase de construcción	- Operación inadecuada - Biogas Exploración
2004	Vertedero controlado Juiz de Fora	Juiz de Fora/MG	400.000	70	Vertedero Controlado	70.000	Durante la fase de construcción	- Ineficiencia del sistema de drenaje - Operación inadecuada - Inexistencia de supervisión operativa eficaz
2004	Relleno sanitario Guarujá	Guarujá/SP	--	--	Relleno sanitario en celdas	40.000	Durante la fase de construcción	- Ineficiencia del sistema de drenaje - Operación inadecuada - Inexistencia de monitoreo geotécnico
2006	Relleno sanitario Itapeericada Serra	Itapeericada Serra/SP	--	--	Relleno sanitario en celdas	150.000	Durante la fase de construcción	- Ineficiencia del sistema de drenaje
2007	Relleno sanitario Sítio São João	São Paulo/SP	825.000	150	Relleno sanitario en celdas	220.000	Durante la fase de construcción	- Ineficiencia del sistema de drenaje - Operación inadecuada
2011	Relleno sanitario Itaquaquecetuba	Itaquaquecetuba/SP	885.000	80	Relleno sanitario en celdas	360.000	Durante la fase de construcción	- Operación inadecuada - Biogas Exploración
2013	Relleno sanitario Resicontrol (Anaconda)	Tremembé/SP	300.000	50	Relleno sanitario en celdas	190.000	Durante la fase de construcción	- Ineficiencia del sistema de drenaje

Fuente: adaptado de ABLP, 2011)



Aspecto	Las causas probables asociadas	Incidencia (%)
Operación	Falta de cumplimiento de las directrices de proyecto: - Sistema de drenaje - Geometría final	70%
	Monitoreo geotécnico	10%
Proyecto	Inexistencia de investigación geotécnica	10%
	Ineficiencia en Proyecto del Sistema de Drenaje	70%
	Ineficiencia en Proyecto del Exploración de Biogas	20%
Supervisión	Inexistencia de supervisión operativa eficaz	10%



Relleno Guarujá - 2004



Relleno Bandeirantes – Junio 1991 – Antes de la rotura



Relleno Bandeirantes – 24 Junio 1991 – Después de la rotura



- Localización: São Paulo/SP
- Ruptura: Agosto/2007
- Causas probables:
 - Biogás Exploración
 - Verticalización del Relleno Sanitario

Relleno Sanitario Sítio São João 2007 – Antes y después de la ruptura



Antes →30/julio/2007



Despues→13/agosto/2007

Relleno Sanitario Sítio São João 2007 – Después de la ruptura



Cantidad ~300.000t



Relleno São João - 2015

- ✓ Localización: Itaquaquetuba/SP
- ✓ **Ruptura: 2000**
- ✓ Causas probables:
 - Operación Inadecuada
 - Ausencia / Deficiencia de Sistema de Drenaje



Ruptura



Después de la Ruptura



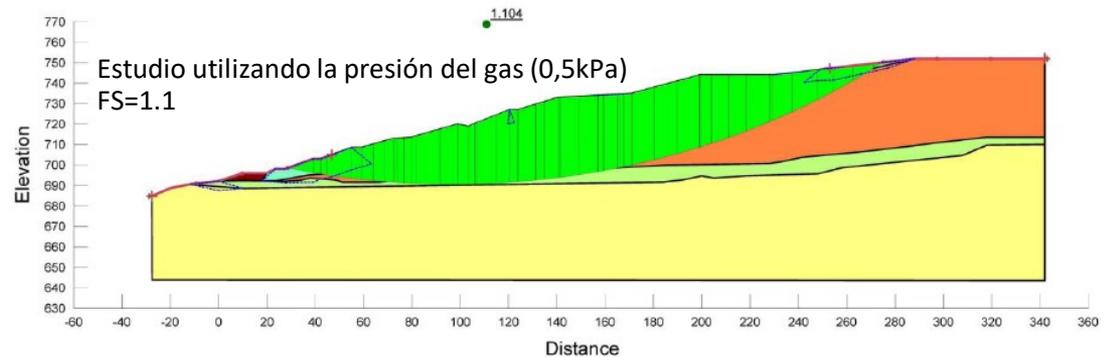
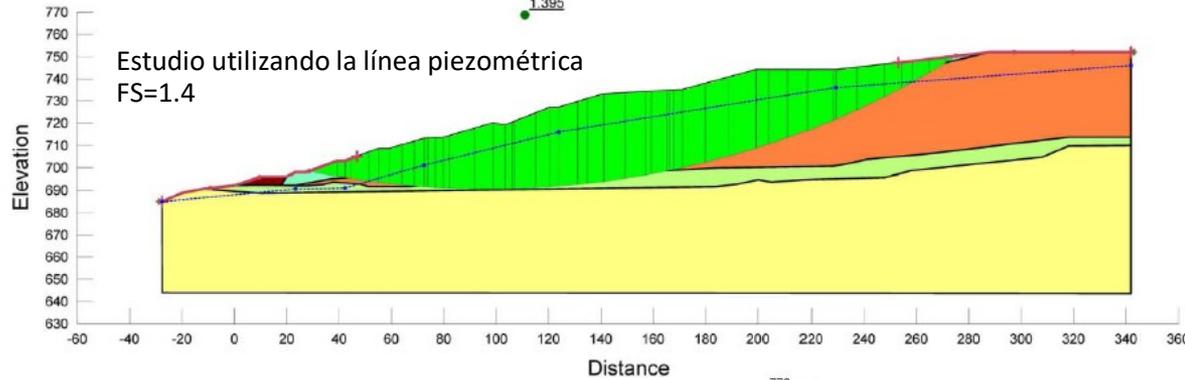
✓ Localización: Itaquaquetuba/SP

✓ **Ruptura: Abril/2010**

✓ Causas probables:

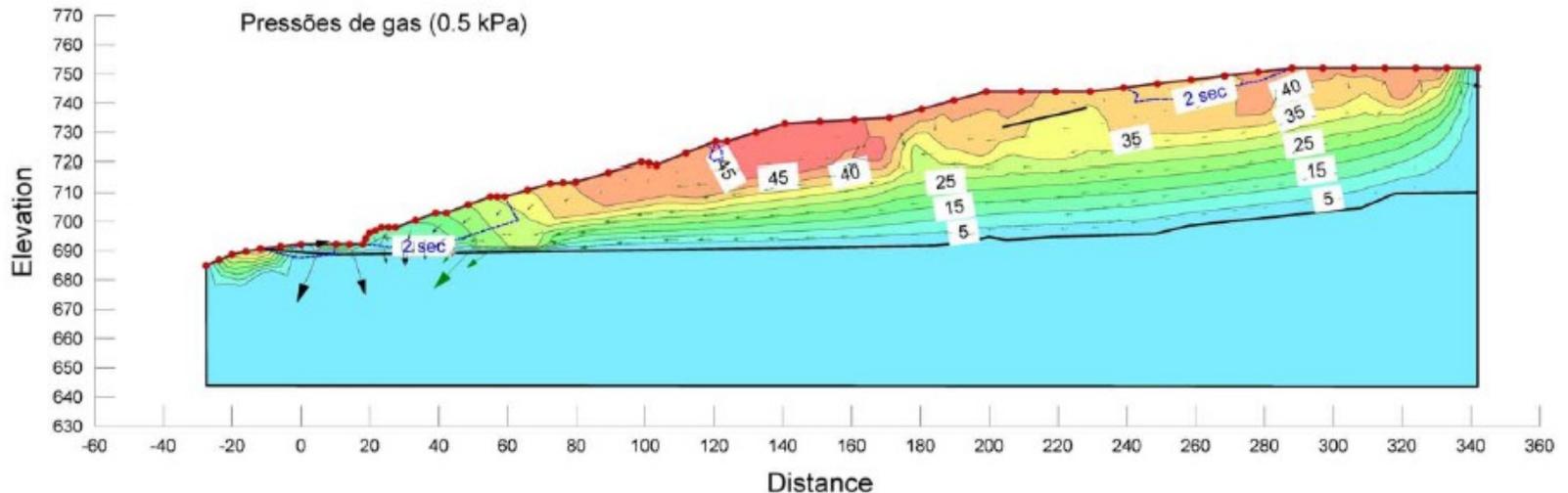
- Biogás Exploración

➤ Los estudios han demostrado que la presión del gas tiene una influencia directa sobre la estabilidad de talud



Os graficos de programa también muestran una región de altos valores de presión en la parte central de la sección de rotura.

Presiones de gas >> 0,5 kPa
FS << 1,0



Antes de la Ruptura



Después de la Ruptura



Gracias!

Eng. Francisco J. P. Oliveira

Contacto: (11) 5093-7709/5093-3591

franciscojpoliveira@fralconsultoria.com.br



Junho/2020 – Porto Alegre/RS - Brasil

ecos da
sardenha 2020



FÓRUM INTERNACIONAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Porto Alegre/RS - Brasil

