



ESCRITÓRIO DA  
ESCOLA DE  
ENGENHARIA E  
DESIGN

# Impermeabilização e drenagem de leiras

## **RODA VERDE COMPOSTAGEM**

Escritório Escola de Engenharia e Design da UFF  
Ligia de Souza Gomes Garcia  
Dirlane de Fátima do Carmo – Orientadora do Projeto  
Daiane Cecchin – Orientadora do Projeto



## INTRODUÇÃO

Em atendimento a demanda pela utilização dos resíduos domésticos para a produção de adubos e substratos destinados à produção de alimentos nos centros urbanos, têm surgido empresas e associações destinadas a recolher os resíduos orgânicos domésticos e processá-los por meio da compostagem (CAVALCANTI, 2020). Além do setor privado e das associações, muitos municípios brasileiros têm implantado a compostagem para resíduos sólidos orgânicos em atendimento a lei federal 12.305 de 2010 que instituiu a Política de Resíduos Sólidos Nacional (BRASIL, 2010).

Durante o processo de compostagem, o líquido que resulta da infiltração de águas pluviais no maciço de resíduos, bem como o da umidade e da água de constituição de resíduos orgânicos liberada durante sua decomposição é chamado chorume, também denominado lixiviado ou percolado. Esse líquido pode ser utilizado como inoculador acelerando o processo de compostagem (DA SILVA et al., 2017). Além disso, o chorume é rico em nutrientes, podendo ser comercializado como biofertilizante e contribuir para diversificação dos produtos ofertados pelo empreendimento.

Para a utilização do chorume é necessária a sua captação sendo necessária a impermeabilização e drenagem na base das leiras.

Face ao exposto, este estudo teve o objetivo de identificar a melhor alternativa de impermeabilização e drenagem das leiras de compostagem considerando os fatores ambientais e necessidades específicas do empreendimento Roda Verde Compostagem. O método de compostagem utilizado pelo empreendimento Roda Verde é semelhante ao de leiras estáticas com aeração passiva e atualmente não é feita a captação do percolado do processo.

Os objetivos específicos deste estudo foram: identificar as alternativas existentes para impermeabilização e drenagem das leiras, dimensionar o

reservatório do percolado, elaborar o projeto simplificado e orçar seu custo de construção para cada alternativa de material, analisar as vantagens e desvantagens de cada alternativa indicando a que melhor se adequa ao empreendimento.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Sistema de impermeabilização é o conjunto de produtos e serviços dispostos em camadas ordenadas, destinado a conferir estanqueidade a uma construção. O projeto tem como um de seus requisitos, proteger o meio ambiente de agentes contaminantes (ABNT, 2010).

Alguns dos materiais que podem ser utilizados nos sistemas de impermeabilização da base das leiras são: Argila, geomembranas, concreto ou combinações entre estes materiais (DA SILVA et al., 2017). A escolha entre os materiais para impermeabilização é influenciada pelo ambiente, a química do percolado, a taxa de infiltração do solo e o uso a que se destina (LODI; ZORNBERG; BUENO, 2009).

As três principais formas de impermeabilização utilizadas podem ser feitas com argila, com concreto ou com geomembranas.

### **Argila**

A argila é o solo constituído por grãos de dimensões menores que 0,002 mm e apresenta coesão e plasticidade (ABNT, 1995). É um material com coeficiente de permeabilidade muito baixo, da ordem de  $10^{-9}$  m/s e na prática uma argila com permeabilidade da ordem de  $10^{-10}$  m/s é considerada impermeável (INÁCIO; MILLER, 2009) Devido a sua baixa permeabilidade, a argila pode ser utilizada em camadas como barreira impermeável. (DA SILVA et al., 2017) recomendou para base das leiras uma camada de 20 cm de argila com permeabilidade de  $10^{-7}$  m/s com direcionamento para o canal de drenagem.

A grande dificuldade do uso de solo argiloso para impermeabilização é garantir que este possua o grau de permeabilidade desejado, sendo necessário que a camada impermeabilizante seja executada com controle tecnológico da compactação.

### **Concreto**

O concreto é um material compósito feito a partir da mistura de cimento, areia, brita e água. É um material durável desde que bem executado, resistente a choques, vibrações, efeitos térmicos e desgastes mecânicos. As reformas e adaptações são normalmente de difícil execução (CARVALHO; FILHO, 2014)

O piso de concreto garante impermeabilidade e uma estrutura de base mais sólida. O coeficiente de permeabilidade do concreto não fissurado é da ordem de  $10^{-14}$  m/s (INÁCIO; MILLER, 2009). Nos pátios onde a compostagem é feita utilizando equipamentos pesados, o concreto deve ser armado para resistir aos esforços atuantes.

Para tornar o concreto mais impermeável é possível durante sua execução utilizar aditivos impermeabilizantes na água de amassamento. Estes aditivos dão origem a substâncias minerais que bloqueiam a rede capilar do material.

A figura 1 ilustra pátios de compostagem brasileiros que utilizam concreto.

Figura 1 - Pátios de Compostagem dos municípios de Sobral – CE (a), Belo Horizonte–MG (b); Cristiano Otoni – MG (c), Bauru – SP (d), Duque de Caxias – RJ (c), Campos Novos – SC (e) e Tibagi- PR (g), site CISBRA - local não identificado (h).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

## Geomembranas

As geomembranas atuam como barreira impermeabilizante em lajes, canais, rios, lagoas, barragens, aterros entre outros. Possuem elevada flexibilidade e pequena espessura. Os tipos mais utilizados em barreiras impermeáveis são as de PEAD (polietileno de alta densidade), PEBD (polietileno linear de baixa densidade) e PVC (polivinil clorado) (BUENO; BENVENUTO; VILAR, 2004), cujas características são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Adaptada de BUENO; BENVENUTO; VILAR, 2004

Geomembrana	Características
PEAD e PEBD	Boa resistência contra diversos agentes químicos Boas características de resistência e solda Boas características de resistência mecânica Bom desempenho a baixas temperaturas Baixo atrito de interface, se for de superfície lisa PEAD é relativamente rígido PEBD é mais flexível Formação de rugas; difícil conformação ao subleito Sujeita a stress cracking (fissuramento que ocorre devido ao contato com determinados fluidos)
PVC	Boa trabalhabilidade (flexível) Facilidade de soldagem Bom atrito de interface, mesmo com superfície lisa Boas características de resistência mecânica Baixa resistência a ultravioleta, ozônio, sulfetos e intempéries Fraco desempenho a altas e baixas temperaturas Baixa resistência química a algumas substâncias

As geomembranas são fabricadas em espessuras variadas, sendo as de 0,5mm a 2,5 mm as mais comumente encontradas. A espessura mínima recomendada para uso nas leiras de compostagem é de 1 mm (DA SILVA et al., 2017). As geomembranas podem ser instaladas sobre qualquer tipo de solo, contanto que a superfície esteja lisa, livre de pedras, torrões de terra ou raízes que podem causar ruptura por puncionamento.

A Figura 2 ilustra o uso de manta plástica impermeável em diferentes leiras de compostagem.

Figura 2 - Base de leiras nos pátios de compostagem no município da Lapa São Paulo -SP (a), na hidrelétrica de Machadinho em Piratuba -SC (b), no pátio de compostagem da Natura em Benevides -PA (c), em pátio escola na cidade de Brasília (d), do Instituto F. Bonillo Coopersul - Poços de Caldas – MG (e) Base de Leira feita em curso de compostagem da CEPAGRO Florianópolis SC e



(a)



(b)



(c)



(e)



(f)



(g)

A vida útil das geomembranas é influenciada por fatores físicos e químicos que agem ao longo do tempo. Lodi (2003) que analisou os aspectos de degradação de geomembranas poliméricas, relatou que para KOCH et al (1988) a vida útil das geomembranas de PEAD em aterros sanitários pode ser considerada acima de 100 anos.

## **Sistema de drenagem e Armazenamento do percolato**

O objetivo do sistema de drenagem é captar e conduzir o percolato produzido na leira de compostagem até um reservatório.

Para projetar o sistema de drenagem e captação é necessário que se conheça a vazão de percolato, que varia conforme o método de compostagem aplicado, a geometria das leiras, a quantidade e a natureza dos resíduos utilizados no processo (INÁCIO; MILLER, 2009).

Estudos realizados pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC apontaram que o volume de percolato produzido é pouco influenciado pela precipitação da chuva sobre a leira e que a precipitação, quando elevada, pode aumentar a produção do chorume, mas este efeito depende da estrutura da matriz da leira e do calor gerado pela atividade biológica que mantém um fluxo de vapor ascendente (INÁCIO; MILLER, 2009). Essa constância na produção do lixiviado pode ser atribuída à retenção da água pela leira devido a capacidade de absorção dos materiais que são utilizados em sua composição (serragem, palha, aparas de madeira, folhas secas) (INÁCIO; MILLER, 2009).

Já para Gorgati (2001) a influência da incidência de chuva na produção do chorume nas leiras de compostagem é bastante significativa. Em seu trabalho, a autora realizou um estudo comparando os volumes de chuva e chorume gerados em leiras de compostagem cobertas e descobertas a cada estação ao longo do ano e identificou vazões significativamente maiores nas leiras descobertas. No estudo de Gorgati (2001) as leiras de compostagem tinham 6m<sup>2</sup> de base e volume enleirado médio de 2,4m<sup>3</sup>, o que resulta em aproximadamente 40 cm de altura. A vazão média diária de chorume obtida para cada m<sup>2</sup> de base de leira foi de 3,67 l/dia e 1,14l/dia, no verão e inverno respectivamente. Os dados levantados por Gorgati (2001) corroboram para a afirmação de Inácio e Miller (2009) de que a vazão do percolato gerado na compostagem varia de acordo com o método de compostagem aplicado,



a geometria das leiras, a quantidade e a natureza dos resíduos utilizados no processo.

### **Dispositivos do sistema de drenagem e Captação**

O sistema de drenagem em compostagem utiliza de diferentes dispositivos para a captação de chorume, de acordo com o tipo de impermeabilização, podendo ser tubos, canaletas, britas e/ou geotêxteis.

#### **Tubos**

Em pátios que utilizam geomembranas na impermeabilização, a captação e condução do líquido lixiviado é feita através de tubos PVC ou PEAD perfurados localizados na base das leiras sobre a camada impermeabilizante. Esta tubulação deve apresentar pequeno desnível longitudinal em direção ao reservatório para que o lixiviado escoe por gravidade.

#### **Canaletas**

Nos pátios de concreto, a captação e condução do percolado é feita através de canaletas confeccionadas com o mesmo material. Estas canaletas podem estar localizadas nas extremidades ou no meio da base das leiras. O escoamento do lixiviado é feito por gravidade na canaleta, por isso deve apresentar pequeno desnível longitudinal em direção ao reservatório.

#### **Geotêxteis**

São produtos têxteis permeáveis que podem ser utilizados para separação, proteção, filtração, drenagem e reforço. Em função de seu arranjo estrutural podem ser agrupados em tecido e não tecido. (REBELO, 2009)

Quando utilizados na base das leiras, os geotêxtis constituem uma camada de proteção para as geomembranas evitando que estas sofram danos quando em contato direto com pedras e pedregulhos ou devido às tensões normais decorrente da massa de resíduos e das ferramentas utilizadas durante no processo de revolvimento. O geotêxtil também cumpre a função de fazer a separação entre a camada de brita e os resíduos, evitando que os materiais se misturem durante o revolvimento. Além disso, ele filtra o percolado evitando que os orifícios do tubo perfurado sejam obstruídos.

### **Brita**

É um material natural originado da fragmentação de rochas e com dimensão nominal máxima de 100 mm e mínima de 4,8 mm. Na base da leira, a camada de brita funciona como um colchão drenante devido ao volume de vazios e condutividade hidráulica do material possibilitando o escoamento mais rápido do percolado e ajudando a evitar a umidade excessiva na base.

### **Reservatório para lixiviado**

Os reservatórios para armazenamento do lixiviado podem ser de concreto pré-moldado ou moldado in loco, alvenaria, caixas d'água plásticas ou de fibrocimento, bombonas ou outros materiais que não alterem sua composição.

## **METODOLOGIA**

Este estudo foi realizado por meio de levantamento bibliográfico na plataforma de Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e google acadêmico, utilizando todas as bases de dados disponíveis, sendo selecionados artigos, teses e dissertações. Outras bases de dados utilizadas

foram livros, normas brasileiras e sites de centros de estudos, instituições e empreendimentos que realizam compostagem de resíduos orgânicos. Não foi utilizado recorte temporal. Foram selecionados materiais que apresentassem dados sobre projetos de pátio de compostagem, uso e características das geomembranas e geotexteis, impermeabilização com argila, sistemas de drenagem de pátios de compostagem e aterros sanitários.

Para a estimativa da geração de chorume em pátios de compostagem foi utilizado como valor de referência a vazão de 0,5 l/dia por m<sup>2</sup> de base de leira, de acordo com INÁCIO; MILLER (2009). A capacidade do reservatório foi calculada com base na equação (1):

$$V = V_{ref} \times A \times P \times FS \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

V<sub>ref</sub>: valor sugerido por Inácio e Miller (2009) que é 0,5 l/dia por m<sup>2</sup> de base de leira;

A: área da base da leira em metros quadrados;

P: período em dias

FS: fator de segurança.

O levantamento de materiais e custo de construção foram realizados utilizando a base de dados SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) da Caixa Econômica Federal, referência 07/2021 e SCO-RIO (Sistema de Custo de Obra - site da prefeitura Rio de Janeiro).

Foi feito um estudo de caso para o empreendimento de compostagem Roda Verde.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na compostagem de resíduos orgânicos do Roda Verde, o sistema de impermeabilização sob as leiras será implantado apenas com a função de permitir a captação do lixiviado, uma vez que o líquido que resulta do processo de

compostagem de resíduos orgânicos perde seu potencial poluidor quando percola pelas camadas do solo, sendo a impermeabilização necessária apenas quando os resíduos possuem fontes de materiais pesados e outros contaminantes (INÁCIO; MILLER, 2009).

Considerando a semelhança do método de compostagem e as dimensões das leiras utilizadas pelo Roda Verde Compostagem com os dados apresentados por Inácio e Miller (2009), para o cálculo do volume do reservatório para armazenamento do lixiviado do presente trabalho, foi considerada a vazão de 0,5 litro/dia por m<sup>2</sup> de base da leira, sugerida pelos autores. Inácio e Miller (2009) obtiveram os dados de um experimento em compostagem de leira estática com aeração passiva (UFSC), resíduos de restos de comida e cama de folhas secas, corte de grama e altura de 1,2 m em pátio descoberto.

Para uma drenagem efetiva é necessário que haja um pequeno desnível na base da leira em direção à canaleta ou tubo (declividade transversal) e ao reservatório (declividade longitudinal) para que o escoamento ocorra por gravidade. A literatura que trata sobre projetos de pátios de compostagem indica uma declividade mínima de base variando entre 2% e 7% (MMA,2010; VITAL, 2018; NUNES, 2009).

O cálculo do volume mínimo do reservatório para armazenamento do lixiviado foi feito utilizando a equação 1, conforme equação 2, e considerando o valor de 0,5 litro.dia<sup>-1</sup> para cada m<sup>2</sup> de leira, área da base da leira de 12 m<sup>2</sup> (6m x 2 m) e período de armazenamento de 30 dias. Além disso, foi acrescentado 20% como fator de segurança.

$$V = 0,5 \times 12 \times 30 \times 1,2 = 216 \text{ litros} \quad \text{Equação (2)}$$

Assim, para uma leira de 12 m<sup>2</sup> de base seria necessário um reservatório com capacidade mínima de 216 litros. O volume do reservatório pode ser reduzido caso o percolado seja recirculado na leira durante o processo ou reutilizado para outros fins.

Há a possibilidade do armazenamento do percolado de mais de uma leira, bastando para tanto dimensioná-lo adequadamente.

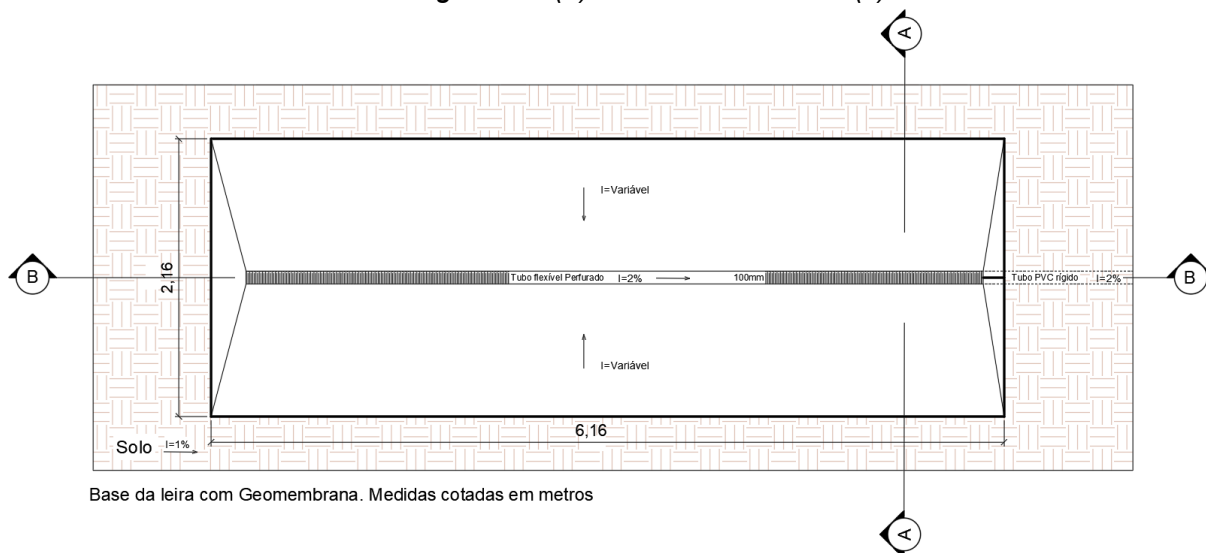
O reservatório poderá ter um extravasor (“ladrão”) interligado a uma bacia de evapotranspiração que receberia o excedente de líquido no caso excepcional do volume superar a capacidade do reservatório.

## Projeto Simplificado e Orçamento

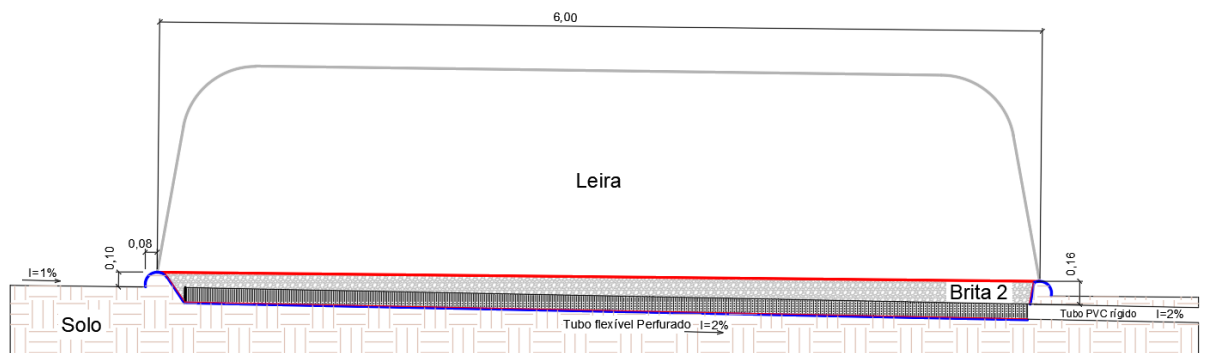
Para realização de análise comparativa de custos, foram elaborados três projetos simplificados, considerando a impermeabilização por geomembrana (projeto 1), por concreto (projeto 2) e argila compactada (projeto 3).

A Figura 3 ilustra o projeto 1, composto por uma base de leira de compostagem impermeabilizada com geomembrana (linha azul) sobre solo compactado, apresentando a planta sem escala (a), o corte longitudinal (b) e o corte transversal (c).

Figura 3 – Projeto 1 (uso de geomembrana para impermeabilização): Planta sem escala (a); Corte longitudinal (b) e Corte transversal (c).

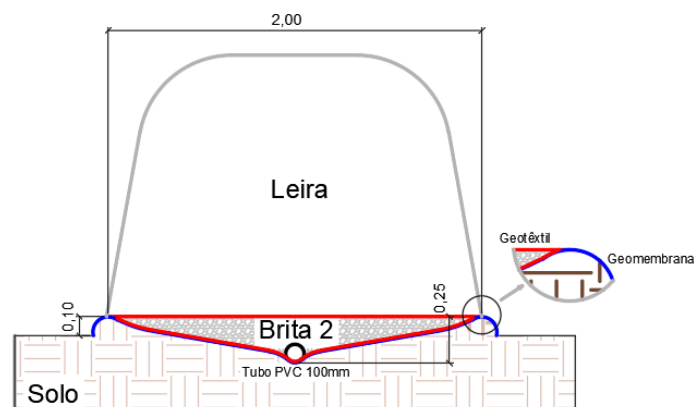


(a)



Corte BB. Medidas cotadas em metros.

(b)



Corte AA. Medidas cotadas em metros

(c)

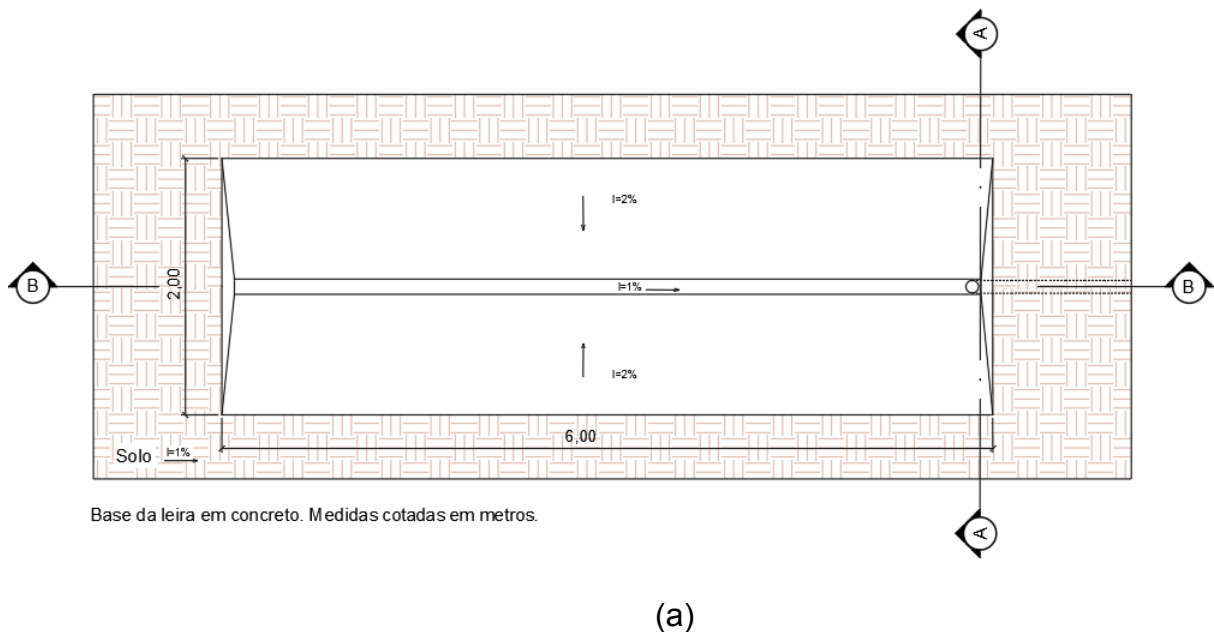
O solo na borda sob a geomembrana deve estar preferencialmente acima da cota do pátio para que a água da chuva que escoar no entorno não seja captada pelo sistema de drenagem da leira. O desnível adotado neste projeto foi de 10 cm. Sobre a geomembrana, em toda sua extensão, há uma camada de geotêxtil (linha vermelha) para proteção mecânica, evitando que a geomembrana sofra danos devido ao contato direto com a brita e as ferramentas utilizadas no revolvimento. No centro da base da leira, sobre o geotêxtil, há um tubo perfurado e sobre ele uma camada drenante de brita 2. A camada filtrante é um geotêxtil que recobre toda camada de brita evitando que os resíduos da leira se misturem a brita durante o

revolvimento, colmatando os vazios da camada drenante e os furos do tubo. Conectado ao tubo perfurado há um trecho de tudo de PVC rígido não perfurado, o qual é direcionado ao reservatório.

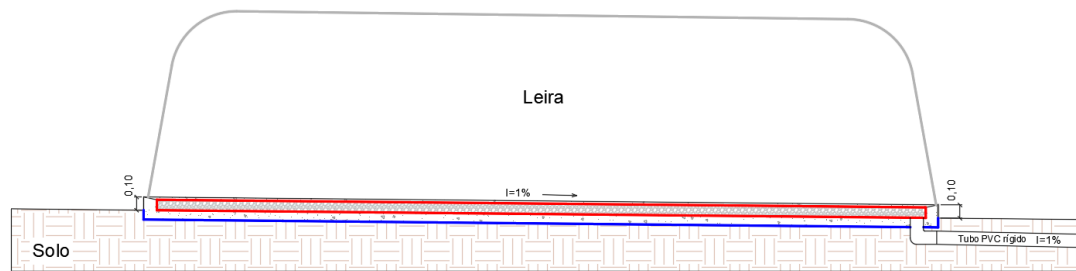
A Figura 4 ilustra o projeto 2 composto por uma base de concreto de 10 cm sobre solo compactado com canaleta de concreto no centro da leira para captação do percolado, apresentando a planta sem escala (a), o corte longitudinal (b) e o corte transversal (c).

A canaleta é preenchida com uma camada de brita 2, envolta com geotêxtil que funciona como camada de separação e filtragem. A parte inferior da canaleta possui na extremidade um cotovelo de 90 graus conectado ao tubo de PVC rígido que conduz ao reservatório.

Figura 4 – Projeto 2 (uso de concreto para impermeabilização) - Planta sem escala (a); Corte longitudinal (b) e Corte transversal (c).

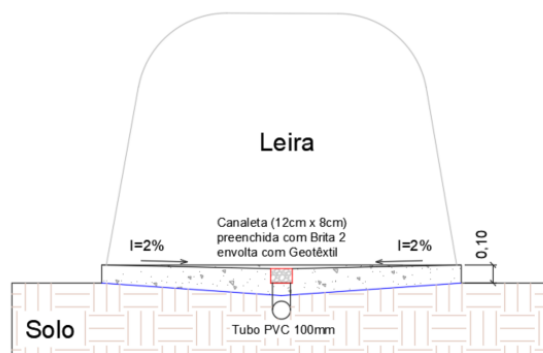






Corte BB. Medidas cotadas em metros

(b)



Corte AA. Medidas cotadas em metros

(c)

A Figura 5 ilustra o projeto 3 composto por uma base de argila compactada, apresentando a planta sem escala (a), o corte longitudinal (b) e o corte transversal (c). No centro da base há uma canaleta preenchida com brita 2, envolta com geotêxtil que funciona como camada de separação e filtragem e um tubo perfurado de 100 mm. O projeto simplificado 3 foi elaborado baseado nas informações de (DA SILVA et al., 2017) para pátios impermeabilizados com argila assessorados pelo CEPAGRO, onde a base possui um corte triangular com 30cm de profundidade, direcionando o percolado para encanamento coberto por geotêxtil com inclinação de 2% a 7%.

Figura 5 – Projeto 3 (uso de argila compactada para impermeabilização): Planta sem escala (a); Corte longitudinal (b) e Corte transversal (c).

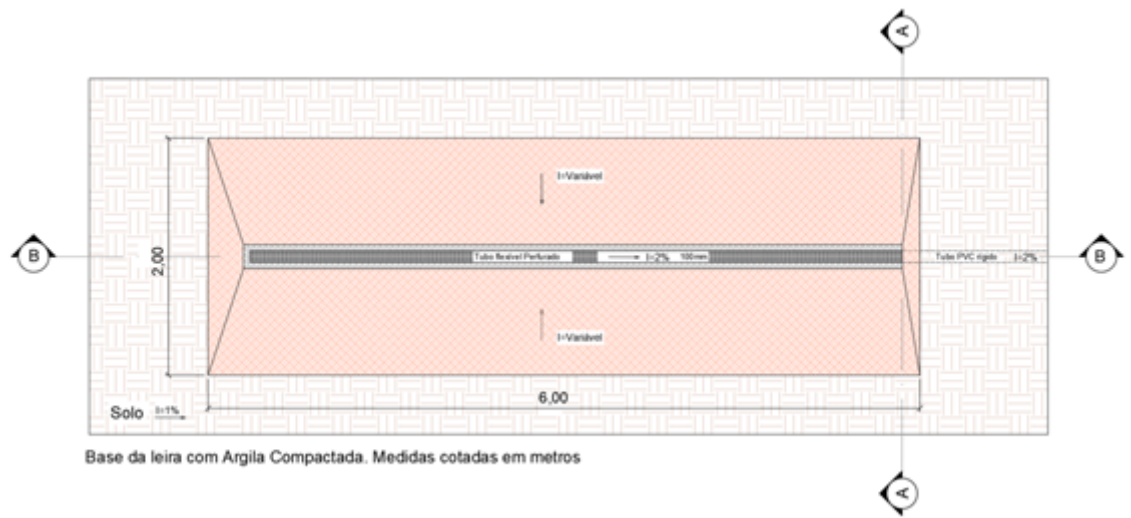


Figura 6a – Projeto 3. Planta sem escala.

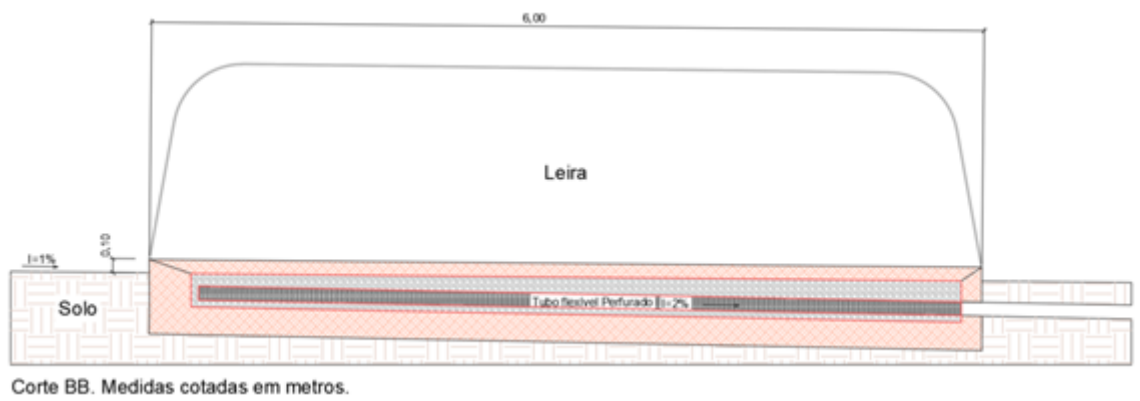


Figura 6b – Projeto 3. Corte longitudinal.

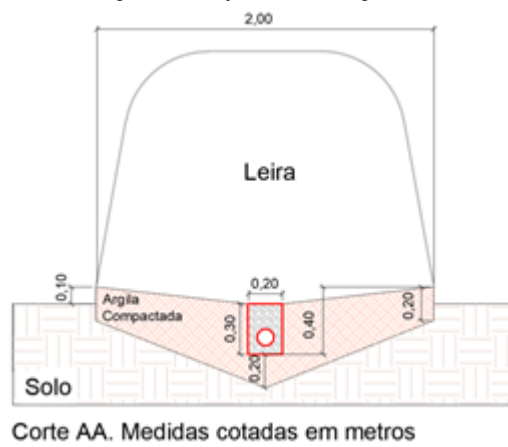


Figura 6c – Projeto 3. Corte Transversal.

O orçamento para o projeto 1 com o descritivo de materiais, quantidades utilizadas e custo pode ser verificado na tabela 1.

Tabela 1 – Orçamento de base com geomembrana para o projeto 1

Fonte	Material	Un	Custo Un(R\$)	Quantidade	Total
SINAPI	Geomembrana PEAD 1mm	m <sup>2</sup>	32,12	14,4	462,53
SCO	Geotextil de poliéster, não tecido, Bidim ou similar 200g/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	4,48	28,8	129,02
SCO	Brita 2	m <sup>3</sup>	90,5	1,2	108,60
SINAPI	Tubo flexível Corrugado perfurado 100mm	m	9,85	6	59,10
SINAPI	Tubo PVC rígido 100mm	m	14,44	1,5	21,66
SINAPI	Mão de Obra (cod 102666, 101617 e 97113)	m <sup>2</sup>	10,57	12	126,84
				<b>Total por leira</b>	<b>907,75</b>

O orçamento para o projeto 2 com o descritivo de materiais, quantidades utilizadas e custo pode ser verificado na tabela 2.

Tabela 2 – Orçamento de base em concreto para o projeto 2

Fonte	Material	Un	Custo Un(R\$)	Quantidade	Total
SINAPI	Execução de piso de concreto de 10cm com concreto feito na obra fck 20MPa (cod. 94996). Inclui material.	m <sup>2</sup>	126,37	12	1516,44
SCO	Geotextil de poliéster, não tecido, Bidim ou similar 200g/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	4,48	3	13,44

SCO	Brita 2	m <sup>3</sup>	90,5	0,0576	5,2128
SINAPI	Tubo PVC rígido 100 mm	m	14,44	1,5	21,66
SINAPI	Joelho 90 graus PVC 100 mm	un.	30,96	1	30,73
				<b>Total por leira</b>	<b>1587,48</b>

O orçamento para o projeto 3 com o descritivo de materiais, quantidades utilizadas e custo pode ser verificado na tabela 3.

Tabela 3 – Orçamento de base em argila para o projeto 3

Fonte	Material	Un	Custo Un(R\$)	Quantidade	Total
SINAPI	Argila ou Barro para aterro	m <sup>3</sup>	29,08	3,792	110,27
SCO	Geotextil de poliéster, não tecido, Bidim ou similar 200g/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	4,48	9	40,32
SCO	Brita 2	m <sup>3</sup>	90,5	0,312	28,24
SINAPI	Tubo flexível Corrugado perfurado 100mm	m	9,85	6	59,10
SINAPI	Tubo PVC rígido 100mm	m	14,44	1,5	21,66
SINAPI	Mão de Obra (cod 102666, 101617 )	m <sup>2</sup>	10,3	12	123,60
SINAPI	Mão de Obra (cod 96995 )	m <sup>3</sup>	56,17	3,792	213,00
				<b>Total por leira</b>	<b>596,18</b>

É importante observar que os projetos apresentados são ilustrativos e foram idealizados com base na observação de projetos existentes e de manuais e documentos que tratam sobre projeto de pátio de compostagem, outrossim que os valores de materiais e mão de obra podem apresentar variação local para mais ou para menos, principalmente os valores de mão de obra por se tratar de um tipo de serviço não convencional.

Alguns dos materiais podem ser substituídos, como por exemplo, o tubo flexível perfurado por tubo PVC rígido perfurado durante a execução da obra com ajuda de ferramenta apropriada. A geomembrana também pode ser substituída por outras de maior ou menor espessura, sendo as de menor espessura menos resistentes e de menor custo.

A brita 2 foi selecionada neste projeto para que não houvesse a possibilidade de sua passagem pela peneira rotativa no caso de uma eventual mistura aos resíduos.

A tabela 4 mostra um comparativo entre os projetos quanto a custo de execução, operação e manutenção, vida útil e flexibilidade.

Tabela 4 – Comparativo entre materiais

	Geomembrana	Concreto	Argila
<b>Custo de Execução</b>	R\$ 75,65/m <sup>2</sup>	R\$ 132,3/m <sup>2</sup>	R\$ 49,68/m <sup>2</sup>
<b>Operação e Manutenção</b>	<p>É necessário cuidado no revolvimento da leira para não danificar o geotêxtil que faz a separação entre a camada de brita e os resíduos.</p> <p>Recomenda-se a verificação periódica no geotêxtil que faz a separação entre a brita e os resíduos ao final de cada ciclo.</p>	<p>Operação e manutenção simples.</p> <p>Recomenda-se a verificação periódica do geotêxtil ao final de cada ciclo.</p>	<p>É necessário e recompor a superfície da argila quando uma fração é raspada no revolvimento para adição ao composto.</p> <p>Recomenda-se a verificação periódica do geotêxtil ao final de cada ciclo.</p>
<b>Vida útil</b>	<p>Variável.</p> <p>Os cuidados na operação do pátio influenciam diretamente no tempo de vida útil da geomembrana e do geotêxtil.</p>	<p>Longa.</p> <p>Estruturas de concreto quando projetadas, executadas corretamente e submetidas a manutenção periódica possuem vida útil que pode superar 50 anos.</p>	<p>Variável.</p> <p>Caso haja retirada de parte da argila será necessário recompô-la ao final de cada ciclo.</p>
<b>Flexibilidade</b>	<p>Permite a reutilização dos materiais caso seja necessário alterar a posição ou dimensão da leira.</p>	<p>Não permite a reutilização caso seja necessário mudar a posição ou dimensão da leira</p>	<p>Permite a reutilização dos materiais caso seja necessário alterar a posição ou dimensão da leira.</p>

## CONCLUSÃO

Esse trabalho foi realizado para responder a pergunta de qual seria a melhor alternativa de material a ser utilizado na base das leiras. Assim, tendo em vista a necessidade de impermeabilização da base das leiras com o objetivo de captar o percolato que resulta da compostagem no pátio do Roda Verde, com base no estudo realizado, na análise das vantagens e desvantagens de cada material e considerando as especificidades do Roda Verde no momento atual, O E3D recomenda a impermeabilização da base com geomembrana. Apesar o uso da

geomembrana apresentar maior custo de execução que a argila e exigir maior cuidado na operação para que o geotêxtil sob os resíduos não seja danificado durante o revolvimento, sua manutenção é bastante simples e de baixo custo. A solução também tem a flexibilidade de permitir a alteração das suas dimensões de acordo com as modificações de layout do pátio que poderão ocorrer nos próximos meses com vista a otimização dos processos para aumento da produção de composto. O uso da argila na base, apesar do menor custo de execução, para que se comporte como material impermeável necessita que a argila tenha bom controle da compactação, que caso seja deficiente, pode acarretar a percolação do lixiviado para o subsolo, além disso as partículas de solo devido ao seu tamanho diminuto podem obstruir o geotêxtil necessitando manutenção periódica mais frequente e a recomposição da superfície demandará gastos adicionais com mão de obra e material.

Em relação ao reservatório para o percolado, recomenda-se que antes da aquisição ou construção de um reservatório definitivo seja feita a medição do volume de lixiviado gerado ao longo do processo utilizando os recipientes existentes no pátio, como bombonas por exemplo, de modo a validar os cálculos aqui estimados já que o volume de percolado varia de acordo com o tipo e a proporção dos resíduos utilizados, o manejo da leira, sua geometria e as condições climáticas.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 6502: Rochas e Solos**. Rio de Janeiro, p. 9. 1995.

ABNT. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, p. 24. 2010.

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, Brasília - DF, 2010.

BUENO, B. DE S.; BENVENUTO, C.; VILAR, O. M. Aplicações em barreiras impermeabilizantes. In: **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. [s.l.] Edgard Blücher, 2004.

CARVALHO, C.; FILHO, J. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos. 2014.

CAVALCANTI, R. **IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLETA E DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS EM NITERÓI – RJ**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2020.

DA SILVA, B. et al. **Critérios Técnicos para Elaboração de Projeto, Operação e Monitoramento de Pátios de Compostagem de Pequeno Porte**. [s.l.] FAPESP, 2017.

GORGATI, C. Q. **RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ÁREA DE PROTEÇÃO AOS MANANCIAIS - MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DA SERRA - SP: COMPOSTAGEM E IMPACTO AMBIENTAL**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu. Botucatu SP, 2001.

MMA. Ministério do Meio Ambiente **MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE COMPOSTAGEM E DE COLETA SELETIVA NO ÂMBITO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS**. Brasília 2010



INÁCIO, C.; MILLER, P. **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos. 2009

LODI, P.; ZORNBERG, J.; BUENO, B. Uma breve visão sobre geossintéticos aplicados a aterros. **Rev. Tecnol. Fortaleza**, p. 188–197, 2009.

LODI, P. C. **Aspectos da degradação de geomembranas poliméricas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de policloreto de Vinila (PVC)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Paulo. Escola de Engenharia São Carlos, 2003.

NUNES, M. U. C. **Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade**, 2009.

REBELO, K. **Avaliação de Camadas de Proteção para Geomembranas de PVC e PEAD**. Tese de Doutorado. Escola de engenharia de São Carlos SP. 2019.

Resíduos sólidos : projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários : guia do profissional em treinamento : nível 2 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte : ReCESA, 2008.

VITAL, E. E M. A. L. **ANEXO XI: Memorial Descritivo de Dimensionamento, Operação e Drenagem do Pátio de Compostagem** Chapecó, 2018.

## **Figuras**

Crédito das fotos deste documento

<https://taperuaba.com.br/mais-de-200-toneladas-de-residuos-organicos-sao-destinadas-ao-patio-municipal-de-compostagem-no-mes-de-maio/>

<https://prefeitura.pbh.gov.br/slu/informacoes/coleta-seletiva/central-de-tratamento>

<http://www.2005-2015.agenciaminas.mg.gov.br/multimedia/galerias/cidades-da-regiao-das-vertentes-se-unem-para-acabar-com-os-lixoes-2/>

<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/58688/R%20-%20E%20-%20PAULA%20M%20OREIRA%20RODRIGUES%20DA%20COSTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://otempodefato.com.br/artigos/processo-de-revolvimento-de-leira-%C3%A9-realizado-pela-primeira-vez-na-central-de-compostagem-1.2236361>

<https://www.revistaplaneta.com.br/natura-inaugura-central-de-compostagem-de-organicos/>

<https://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/2050/2/Rafael%20Golin%20Galv%C3%A3o.pdf>

df

<http://www.jornalcomunidade.com.br/2.1461/meio-ambiente/p%C3%A1tio-de-compostagem-%C3%A9-implantado-na-usina-hidrel%C3%A9trica-machadinho-1.2082900>

<http://ifbonillo.org.br/compostagem-coopersul/>

[https://www.agriculturaurbana.org.br/boas\\_praticas/compostagem/cepagro/cepagro\\_curso\\_2016/gestao\\_2016.html](https://www.agriculturaurbana.org.br/boas_praticas/compostagem/cepagro/cepagro_curso_2016/gestao_2016.html)

<https://cepagroagroecologia.wordpress.com/2015/07/31/maior-cidade-do-pais-incorpora-compostagem-em-suas-iniciativas-de-gestao-de-residuos/>