

ANELISIANE MARIA ALVES

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA  
DIMENSIONAMENTO TÉCNICO E ECONÔMICO DE BIODIGESTORES TIPO  
TUBULAR

CASCAVEL  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO - 2017

ANELISIANE MARIA ALVES

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA  
DIMENSIONAMENTO TÉCNICO E ECONÔMICO DE BIODIGESTORES TIPO  
TUBULAR

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestra.

Orientador: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO – 2017

Dados internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

A474d Alves, Anelisiane Maria.

Desenvolvimento de um aplicativo computacional para dimensionamento técnico e econômico de biodigestores tipo tubular / Anelisiane Maria Alves. Cascavel, 2017.

95 f.: il.

Orientador: Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel, 2017.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura.

1. Programa computacional. 2. Dimensionamento técnico e econômico. 3. Biodigestores. I. Siqueira, Jair Antonio Cruz. II. Nogueira, Carlos Eduardo Camargo. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD.ed.21.005.3

CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Simone Aparecida Bezerra CRB 9/1823

## ANELISIANE MARIA ALVES

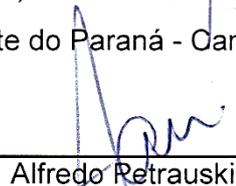
Desenvolvimento de um aplicativo computacional para dimensionamento técnico e econômico de biodigestores tipo tubular

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Fontes Renováveis e Racionalização de Energia Na Agroindústria e Agricultura, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Jair Antonio Cruz Siqueira

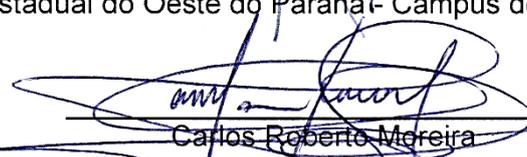
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



---

Alfredo Retrauski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



---

Carlos Roberto Moreira

Faculdade Assis Gurgacz (FAG)

Cascavel, 23 de fevereiro de 2017

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a UNIOESTE, que têm sido meu segundo lar desde 2009.

Ao professor e orientador Jair Antônio Cruz Siqueira, que sempre com seu bom humor e seu otimismo, me conduziu nessa caminhada, compartilhando de seus conhecimentos sobre energias renováveis e sobre a vida.

A minha família, razão da minha persistência, meus pais Neli e Francisco e meu irmão Francisco, que sempre me apoiaram e me incentivaram a buscar o conhecimento.

Aos meus avós, Tonho e Nena, pelo amor incondicional, e por terem me apresentado a natureza e o melhor estilo de vida a se seguir.

Ao meu companheiro, Julio, por todas as vezes que me cobrou, por todas as vezes que me ajudou e por todas as vezes que sua presença foi fundamental para minha caminhada.

Ao Osvaldo Kuczman, que me recebeu de portas abertas, com muita paciência me falou e me ensinou tudo que eu precisava saber naquele momento.

Ao Eduardo Cunha, pela tamanha solidariedade e pela enorme ajuda com a programação do software, sem a qual o resultado dessa dissertação não seria possível.

Ao professor Carlos Eduardo Camargo Nogueira, que prestativamente compartilhou de seus conhecimentos.

Ao Maicon, da empresa Globoaves, que muito prestativamente me atendeu.

A todos os professores do PPGEA, que ampliaram meu saber, me apresentando a grandeza que envolve o estudo e a pesquisa na área de energia.

A querida Vanderléia, que se em 2015 não tivesse esperado aqueles 5 minutinhos para protocolar a inscrição, talvez eu nunca tivesse trilhado esse caminho.

Aos amigos Tiago e Eduardo, pela companhia em quase todos os cafés ruins que tomei na cantina.

A todos os amigos, colegas e companheiros e me permitiram compartilhar de minhas vivências, com conversas e bons momentos e que de alguma forma me inspiraram.

A todas as pessoas que acreditam no conhecimento e não se poupam em difundi-la. Nós todos iremos embora um dia, porém aquilo que sabemos e compartilhamos ficará para a eternidade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Fluxograma das fases do processo de biodigestão anaeróbia .....	06
Figura 02 - Modelo Chinês .....	09
Figura 03 - Modelo Chinês .....	14
Figura 04 - Modelo Indiano .....	15
Figura 05 - Modelo Indiano .....	18
Figura 06 - Modelo Tubular .....	19
Figura 07 - Modelo Tubular .....	22
Figura 08: Seção da fossa .....	23
Figura 09: Inclinação do talude .....	23
Figura 10: Perspectiva com lona - Modelo Tubular .....	29
Figura 11: Planta Baixa - Modelo Tubular .....	29
Figura 12: Perspectiva sem lona - Modelo Tubular .....	29
Figura 13: Corte BB - Modelo Tubular .....	29
Figura 14: Corte AA - Modelo Tubular .....	29
Figura 15: Fluxograma programa computacional .....	35
Figura 16: Identidade visual do software .....	36
Figura 17: Identidade visual do software .....	36
Figura 18: Interface da tela inicial .....	37
Figura 19: Parâmetros métricos de dimensionamento .....	38
Figura 20: Fluxograma de dimensionamento .....	39
Figura 21: Representação genérica caixas de entrada e saída .....	41
Figura 22: Menus do programa computacional .....	46
Figura 23: Tela entrada de dados .....	48
Figura 24: Tela com informações sobre o programa computacional .....	48
Figura 25: Simulação de entrada de dados .....	49
Figura 26: Simulação de dimensionamento .....	49
Figura 27: Simulação de dimensionamento .....	50
Figura 28: Simulação de dimensionamento .....	50
Figura 29: Simulação de dimensionamento .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Rotas tecnológicas da biomassa .....	05
Tabela 02 - Classificação de acordo com o abastecimento .....	08
Tabela 03: Vantagens e desvantagens modelo chinês .....	10
Tabela 04: Vantagens e desvantagens modelo indiano .....	16
Tabela 05: Vantagens e desvantagens modelo tubular .....	20
Tabela 06: Levantamento construtivo .....	27
Tabela 07: Dados de dimensionamento .....	40
Tabela 08: Relação biofertilizante/nutriente .....	43
Tabela 09: Custo do biodigestor por metro cúbico .....	45

ALVES, Anelisiane Maria. UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Fev. 2017. **Desenvolvimento de um aplicativo computacional para dimensionamento técnico e econômico de biodigestores tipo tubular.** Professor Orientador: Dr. Jair Antônio Cruz Siqueira. Professor coorientador: Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

## RESUMO

O desenvolvimento tecnológico e econômico ocorreu através do extrativismo do meio ambiente e da industrialização em um modelo globalizado de sociedade. Esse modelo encontra-se hoje plenamente depende de fontes de energias para continuar funcionando. Entretanto, em decorrência da politização ambiental e da problematização quanto ao uso de fontes fósseis, a busca por um modelo energético alternativo tem sido tema de pesquisas acadêmicas e políticas públicas há alguns anos. O presente trabalho tem como foco o desenvolvimento de um programa computacional o qual proporcionará ao usuário, muitas vezes alheio às pesquisas em desenvolvimento, o acesso e o direcionamento necessários para a implantação de um biodigestor rural tubular, devendo ser informados apenas alguns dados bases. O aplicativo foi desenvolvido em linguagem Java, onde a metodologia de dimensionamento técnico e econômico utilizada levam em conta dados como o tipo e número de animais e o consumo mensal de energia elétrica do usuário. Após o programa processar a rotina de cálculos, é apresentado ao usuário os resultados em 3 telas diferentes, uma contendo uma imagem genérica com a nomenclatura adotada para as dimensões estimadas, uma tela com informações técnicas do dimensionamento e uma tela final com informações de projeção econômica. Espera-se com esse trabalho a difusão e a democratização de pesquisas e tecnologias alternativas através do uso da tecnologia digital.

**PALAVRAS-CHAVES:** biodigestor tubular, programa computacional, dimensionamento de biodigestor.

ALVES, Anelisiane Maria. UNIOESTE - State University of Western Paraná. Fev. 2017. **Development of an computacional application for technical and economical sizing of tubular type biodigesters.** Teacher advisor: Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira. Teacher coadvisor: Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

### **ABSTRACT**

Technological and economic development occurred through the extraction of the environment and industrialization in a globalized model of society. This model is now fully dependent on sources of energy to continue to function. However, due to the environmental politicization and the problematization of the use of fossil sources, the search for an alternative energy model has been the subject of academic research and public policies for some years. The present work focuses on the development of a computational program that will provide the user, often unaware of the research in development, with the access and the necessary guidance for the implantation of a tubular rural biodigester. The application was developed in Java language, where the technical and economical sizing methodology used takes into account data such as the type and number of animals and the user's monthly electricity consumption. After the program processes the calculation routine, the user is presented the results in 3 different screens, one containing a generic image with the nomenclature adopted for the estimated dimensions, a screen with technical information of the design and a final screen with information of economic projection. This work is expected to disseminate and democratize alternative research and technologies through the use of digital technology.

**KEY-WORDS:** Biodigester plug-flow, computer application, sizing biodigester.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVO GERAL .....	3
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. BIOMASSA .....	4
2.2. BIODIGESTÃO ANAERÓBICA .....	6
2.3. BIODIGESTOR .....	8
2.3.1. Conceituação .....	8
2.3.2. Histórico .....	8
2.3.3. Classificação .....	8
2.3.4. Modelos e Dimensionamentos .....	9
Modelo chinês .....	9
Modelo da marinha ou fluxo tubular .....	19
2.4. CONSTRUÇÃO DOS BIODIGESTORES .....	26
2.5. CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOGÁS .....	30
2.6. VIABILIDADE ECONÔMICA .....	31
2.7. PROGRAMAS COMPUTACIONAIS .....	32
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	34
3.1. ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO DO SOFTWARE.....	36
3.1.1. Considerações Iniciais.....	36
3.1.2. Dimensionamento.....	38
Cálculo das Dimensões da Fossa do Biodigestor .....	38
Cálculo das Dimensões de elementos complementares.....	41
Cálculo do Potencial de Produção de Biogás .....	42
Cálculo da Viabilidade Econômica .....	42
Tela de resultados.....	46
3.2. PROGRAMAS COMPUTACIONAIS .....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
5. CONCLUSÕES.....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

O quadro mundial energético é um fator que afeta diretamente o desenvolvimento humano, a economia global e o meio ambiente. Uma das maiores preocupações contemporâneas está no investimento em fontes de energia renováveis, uma vez que o combustível fóssil se torna oneroso quanto mais próximo do esgotamento de suas fontes de extração. Neste contexto, o Brasil se destaca dos demais países por apresentar uma matriz energética onde cerca de 46% das fontes são renováveis, enquanto a nível mundial, esse número é de apenas 12% (VICHI, F. M.; MANSOR, M. T., 2009).

O conceito de energia renovável se refere a fontes de energia que são disponibilizadas na natureza de forma cíclica – biomassa, eólica, solar, de marés, pequenas centrais hidroelétricas, etc. Apesar de tais fontes poderem ser utilizadas para gerar eletricidade, calor ou na forma de biocombustíveis, a substituição do petróleo por outro energético não é tão simples, dado que o combustível fóssil é uma fonte bastante flexível, com alto teor energético, podendo ser transportado sem dificuldades e produzir combustíveis diversos para múltiplas aplicações. Ou seja, as energias renováveis nem sempre oferecem essas facilidades, de modo que não conseguirão substituir o petróleo em sua plenitude no atual estágio do desenvolvimento tecnológico mundial (COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T., 2005).

O maior empecilho para que as fontes renováveis se estabeleçam como primeira opção energética, ainda é a relação custo versus resultado. Para que os estudos dessas fontes saiam da fase de pesquisa e se tornem realmente competitivas no mercado, são necessários altos investimentos, o que muitas vezes as tornam economicamente inviáveis para alguns países majoritariamente petrolíferos (SACHS, 2009).

Apesar dessas dificuldades impostas pelo setor econômico, o Brasil é um dos países mais abertos à discussão e a implantação de novas tecnologias energéticas. Inclusive, em 2002 na Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Johannesburgo, o Brasil propôs o ideal de no mínimo 10% de fontes renováveis nas matrizes energéticas dos demais países. As fontes contempladas pela proposta brasileira envolviam biomassa, pequenas centrais hidroelétricas, geotérmica, eólica, solar e energia de marés. A Opep (Organização

dos Países Exportadores de Petróleo) e os Estados Unidos rejeitaram as ideias brasileiras durante a conferência (COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T., 2005).

Ainda no cenário brasileiro, segundo BEN (2015), a principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica, seguida de gás natural, biomassa, derivados do petróleo, carvão mineral e derivados, nuclear e eólica. Já o consumo dessa oferta de energia elétrica é composto, por ordem, pelo setor Industrial, Residencial, Perdas, comercial, público, setor energético, agropecuário e transportes. Tais números devem ser encarados e analisados em sua especificidade, afim de um entendimento completo da realidade energética em questão. O setor agropecuário, por exemplo, apesar de representar apenas 4,3% do consumo final de energia elétrica, apresentou nos últimos anos, segundo Portes (2005), uma crescente modernização, fato que provocou um aumento significativo na demanda de energia e no volume de dejetos e resíduos.

Esse fenômeno pode ser verificado na própria Estrutura do Consumo no Setor Agropecuário entre os anos de 1975 e 2014 (BEN, 2005), onde o consumo de eletricidade e diesel teve um aumento substancial em concomitância com uma queda significativa no uso da lenha. Apesar de serem dados dos últimos 40 anos, esse balanço energético gradativo ocorre desde a década de 30, quando segundo Martine (1991), o processo de modernização e implementação de inovações tecnológicas na agricultura brasileira teve início. Em concomitância com esse avanço tecnológico observou-se o aumento no consumo de energia, especialmente a partir de 1990, indicando um maior emprego de máquinas e uma melhora na qualidade de vida da população rural, com o uso de aparelhos eletrodomésticos (COMITRE, 1995).

Em decorrência a esses avanços, surgiram muitos problemas de ordem ambiental. Tanto com relação ao consumo de energia quanto à geração de resíduos com alto teor de substâncias patogênicas. Uma alternativa para resolver de forma eficiente estes problemas é conciliando a reciclagem controlada destes resíduos com a geração de energia. Essa reciclagem é feita por biodigestores que promovem uma digestão anaeróbica tendo como subprodutos um gás rico em metano denominado biogás e um lodo fertilizante que é o resíduo da matéria orgânica depois de fermentada, chamado biofertilizante (PORTES, 2005).

Dessa forma, por entender a importância que biodigestores representam para o desenvolvimento da agropecuária de forma ambientalmente responsável, a presente pesquisa tem o interesse de promover a difusão e a democratização da

tecnologia de biodigestão e da autoprodução de energia, através da disponibilização de um software em formato de aplicativo móvel com funções de dimensionamento e projeção econômica de biodigestores.

Esse aplicativo computacional proporcionará o auxílio necessário ao desenvolvimento do projeto de construção de biodigestor tipo tubular, apresentando memorial de parâmetros técnicos, energéticos e financeiros. Conforme a metodologia que segue, tais cálculos serão feitos a partir de dados de entrada como, por exemplo, a necessidade energética do usuário e a disponibilidade e o tipo de matéria prima existente na propriedade.

### **1.1.OBJETIVO GERAL**

Esse trabalho tem como proposta o desenvolvimento de um programa computacional, para dimensionamento técnico e econômico de biodigestores rurais do tipo tubular.

### **1.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- a) Determinar um método de dimensionamento para biodigestores tipo tubular e elaborar um fluxograma com as rotinas de cálculos técnicos e econômicos;
- b) Desenvolver um programa computacional pautado nos dimensionamentos previamente determinados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. BIOMASSA

Conceitualmente, biomassa é o nome dado a qualquer matéria orgânica derivada de vegetais, como resultado do processo de conversão fotossintética. Tal derivação ocorre em função de uma reação entre gás carbônico (CO<sub>2</sub>), água (H<sub>2</sub>O) e luz solar, através do processo de fotossíntese que armazena uma fração de energia solar inicial nas ligações químicas de seus componentes finais (SOUZA; SORDI; OLIVA, 2002). Já em âmbito energético, segundo Bassam (2010), a chamada energia da biomassa é derivada de material vegetal e animal, resíduos de processos agrícolas, florestais e industriais e resíduos humanos ou animais.

O processamento da biomassa para fins energéticos pode ocorrer de diversas formas (rotas tecnológicas), conforme apresenta a Tabela 01, que são desenvolvidas para promover a conversão da biomassa em energia (ANJUM, 2012).

Tabela 01: Rotas tecnológicas da biomassa; Fonte: Adaptada de Torres e Tarifa (2012) por Autora (2017)

Origem	Resíduos			Vegetais (lenhosos e não lenhosos)
	Agropecuários	Urbanos	Agroindustriais	
Formas de conversão	Pirólise; Combustão direta; Liquefação; Fermentação; <b>Biodigestor;</b>	Combustão direta; Gaseificação	Gaseificação Pirólise; Combustão direta; Biodigestor;	Gaseificação; Pirólise; Processo mecânico; Combustão direta; Liquefação; Fermentação; Craqueamento; Esterificação.
Produtos energéticos	Etanol; Combustível líquido; Eletricidade; Calor; Carvão; Gás combustível; <b>Biogás;</b> Biodiesel.	Eletricidade; Calor; Gás Combustível; Metanol;	Eletricidade; Calor; Gás Combustível; Metanol; Biogás;	Etanol; Combustível líquido; Eletricidade; Calor; Lenha; Carvão; Metanol; Gás combustível; Biogás; Biodiesel.

Na tabela 01, destacou-se a rota tecnológica cujo agente transformador é identificado como o biodigestor, apresenta como matéria-prima os resíduos orgânicos de origem agropecuária e como produto final o biogás.

Os resíduos de origem agropecuária são considerados os resíduos agrícolas (palhas e cascas provenientes de colheitas) e resíduos pecuários (dejetos e subprodutos de animais). Para a conversão energética através da rota tecnológica da biodigestão, o maior potencial reside nos resíduos oriundos da criação de animais como pecuária, suinocultura, equinocultura, caprinocultura, avicultura, etc. (EPE, 2015).

Já os resíduos de origem de criação de animais, a maior preocupação está na questão ambiental, uma vez que o Brasil possui uma representativa produção de resíduos gerados, sendo estimada, dentre outros, em cerca 105 milhões de m<sup>3</sup> de dejetos líquidos de suínos e 7,8 milhões de toneladas de cama de aviário, que muitas vezes são despejados de forma incorreta, o que pode levar a contaminação de cursos d'água, situação que pode ser contornada quando a rota tecnológica de biodigestão é considerada. Entretanto, para essa alternativa, deverão ser considerados a criação confinada de animais, que proporciona a coleta adequada dos dejetos (CORRÊA; BENITES E REBELLATTO, 2011); (EPE, 2015).

O biogás é composto, principalmente, por gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) e Metano (CH<sub>4</sub>), com traços de Nitrogênio (N), Hidrogênio (H) e gás Sulfídrico (H<sub>2</sub>S). Esse produto energético é resultante da ação digestiva de bactérias metanogênicas que agem por meio do agente de conversão que promove a biodigestão em condições anaeróbicas do material orgânico (GASPAR, 2003).

Ao final do processo de conversão energética, a biomassa fermentada se encontra em forma líquida e rica em material orgânico, com grande poder de fertilização. O material digerido no biodigestor, segundo Gaspar (2003), possui inúmeras aplicações como biofertilizante devido aos seus benefícios que proporcionam, entre outras coisas, uma melhor estrutura e atividade microbiológica, maior retenção de umidade, fornecimento de nutrientes minerais que melhoram a fertilidade do solo.

## 2.2. BIODIGESTÃO ANAERÓBICA

A biodigestão ocorre naturalmente no meio ambiente primeiro através da chamada biodigestão animal onde a matéria passa através de um organismo animal, sendo excretado posteriormente no solo, onde ocorre também a digestão por meio de bactérias. Em uma segunda forma, chamada biodigestão natural, a matéria orgânica é lançada diretamente ao solo sem passar por um organismo animal, estando inicialmente exposta a ação mecânica de chuvas, ventos e outras intempéries, ação química do oxigênio do ar e raios solares. A terceira forma é a biodigestão natural acrescida da condição humana como elemento participante do processo, no qual dejetos animais, humanos, e resíduos sintéticos elaborados pelo homem, são lançados ao solo ou nos cursos de água, onde são biodegradados (OLIVEIRA, 2005).

Conceitualmente, biodigestão anaeróbia trata-se de processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde um grupo de microrganismos promove a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) em produtos mais simples como o metano e o gás carbônico. Esse processo pode ser dividido em três fases distintas (Figura 01): Fase da Hidrólise, Fase Ácida e a última, a Fase Metanogênica, na qual ocorre a produção do biogás (NETO, 2007); (KUNZ *et al.*, 2005).

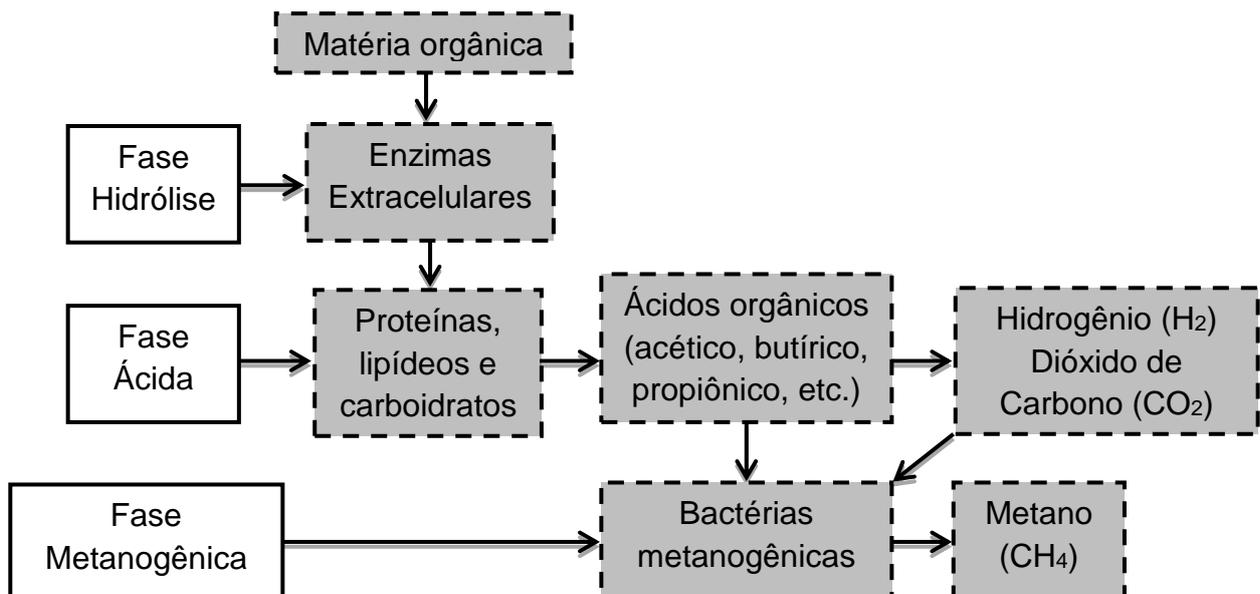


Figura 01: Fluxograma das fases do processo de biodigestão anaeróbia. Fonte: Adaptada de Torres e Tarifa (2012) por Autora (2016).

O fluxograma da biodigestão anaeróbica é composto pelas 3 fases principais e uma intermediária, sendo descritas como:

- a) Hidrólise: a primeira fase do processo e é onde a matéria orgânica complexa (material particulado) é quebrada em partes menores e mais simples (material dissolvido) através da ação de bactérias fermentativas hidrolíticas que liberam enzimas extracelulares (PORTES, 2005); (EPE, 2015).
- b) Acidogênese: os produtos da hidrólise são metabolizados e convertidos em substratos para metanogênese através de bactérias fermentativas produtoras de ácidos que transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, além de novas células bacterianas (PORTES, 2005); (EPE, 2015).
- c) Acetogênese: assim como a metanogênese, também converte os produtos da Acidogênese através de bactérias acetogênicas que promovem a oxidação, compondo assim um grupo metabólico intermediário de bactérias que adequa o substrato para as metanogênicas, produzindo hidrogênio, dióxido de carbono e acetato (PORTES, 2005); (EPE, 2015).
- d) Metanogênese: fase final, mais crítica e mais lenta, é afetada pelas condições de operação (temperatura, composição do substrato, taxa de alimentação, TRH, PH, etc.) e ocorre por meio de bactérias metanogênicas, que atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em metano (CH<sub>4</sub>) (PORTES, 2005); (EPE, 2015).

A digestão anaeróbica trata-se de um processo e é uma das formas mais antigas de digestão e ocorre naturalmente no meio ambiente, na ausência de oxigênio, e sabe-se que vários fatores químicos e físicos afetam o processo (EPE, 2015). Para Gaspar (2003), a eficiência no processo depende do balanceamento entre as bactérias que produzem gás metano (CH<sub>4</sub>), alcalinidade, pH, temperatura e qualidade do material orgânico. Materiais estranhos ao sistema que por ventura possam vir a ser introduzidos no processo também podem inibir a atividade biológica dos organismos, afetando assim a capacidade de produção de gás.

## 2.3. BIODIGESTOR

### 2.3.1. Conceituação

O biodigestor é uma estrutura projetada e construída de modo a produzir a situação mais favorável possível para que processo de digestão anaeróbica ocorra de forma em condições controladas de temperatura, umidade, homogeneidade e aeração. Sua estrutura é composta, de um modo geral, de duas partes, sendo uma a câmara de biodigestão, tanque fechado onde ocorre a fermentação anaeróbica da biomassa, a liberação de biogás, e a produção de biofertilizante, e o gasômetro, campânula onde o biogás produzido fica retido para o seu devido aproveitamento ou conversão energética (GASPAR, 2003).

### 2.3.2. Histórico

O primeiro biodigestor de instalação operacional em função da produção de gás combustível ocorreu na segunda metade do século XIX. Apesar de relativamente tardio, sabe-se que o biogás é conhecido desde há muito tempo, uma vez que a produção de gás combustível a partir de resíduos orgânicos trata-se de um processo antigo, com registros datados desde o ano de 1776, onde o pesquisador italiano Alessandro Volta descobriu que no "gás dos pântanos" criados a partir da decomposição de restos vegetais em ambientes confinados existia uma parcela de gás metano (GASPAR, 2003).

### 2.3.3. Classificação

Os biodigestores podem ser classificados de acordo com o abastecimento de biomassa conforme a tabela 02 apresenta (GASPAR, 2003):

Tabela 02: Classificação de acordo com o abastecimento. Fonte: Gaspar, 2003.

Tipo	Forma de abastecimento	Indicação
Contínuo	Diário, com descarga proporcional à entrada de biomassa.	Materiais orgânicos com produção de volume diário.
Batelada	Armazenamento máximo com retenção até a completa biodigestão e nova recarga.	Materiais orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção.

### 2.3.4. Modelos e Dimensionamentos

Diversos modelos de biodigestores têm sido desenvolvidos e adaptados, cada qual com o uso de técnicas visando a obtenção de rendimentos mais satisfatórios e associando as tecnologias disponíveis ao tipo e frequência de oferta de resíduos e a viabilidade econômica de implantação. Entre os modelos de biodigestores rurais mais utilizados, pode-se citar o biodigestor balão (Modelo Tubular ou da marinha), o biodigestor com cúpula fixa (Modelo Chinês), o biodigestor com campânula flutuante (Modelo Indiano) (RICARDO, 2012).

#### *Modelo chinês*

O modelo chinês é um equipamento constituído por uma estrutura destinada para a fermentação da biomassa e armazenamento do biogás. Essa estrutura consiste em uma câmara cilíndrica em alvenaria com teto impermeável e com formato de abóbada (Figura 02). A biomassa fica disposta no fundo do sistema e o biogás armazenado na parte superior. O princípio de funcionamento desse biodigestor é o da prensa hidráulica, onde o aumento da pressão do gás promove o deslocamento da biomassa fermentada em direção a caixa de saída, recipiente onde será feita a retirada do efluente da câmara de digestão, o biofertilizante (DEGANUTTI, et al, 2002).

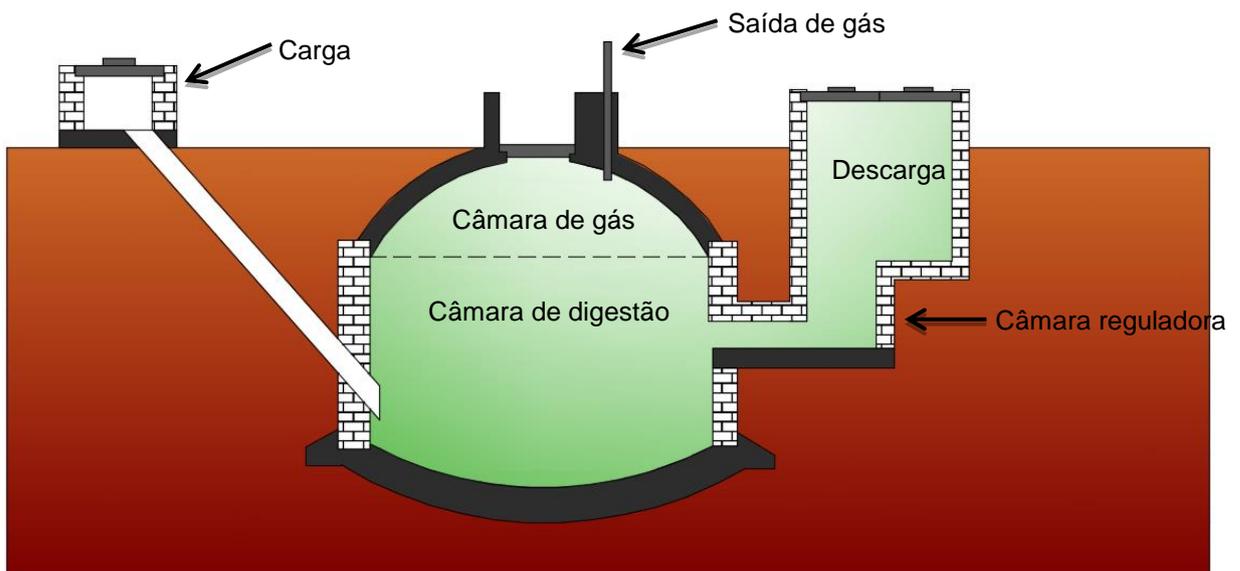


Figura 02: Modelo Chinês. Fonte: Adaptada de Moreira et al. (2014) por Autora (2016).

Quanto a alimentação do sistema, o substrato deverá ser fornecido de forma contínua, com a concentração de sólidos totais em torno de 8% para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material. Outro detalhe é que devido a cúpula ser fixa, de alvenaria, deve-se ter uma válvula com tampa e com um sifão de água, para o esgotamento do gás armazenado, que deve ser feito frequentemente (DEGANUTTI, *et al.*, 2002).

Apesar da vantagem de o modelo ser construído unicamente em alvenaria, dispensando chapas de aço e gasômetros, há certa inviabilidade em instalações de grande porte, uma vez que na caixa de saída ocorre a liberação de uma parcela do biogás para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás (DEGANUTTI, *et al.*, 2002).

Na tabela 03, são listadas algumas vantagens e desvantagens que o modelo chinês apresenta em relação aos demais.

Tabela 03: Vantagens e desvantagens modelo chinês. Fonte: Adaptada de Deganutti, *et al.*, (2002) por Autora (2016).

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Seu custo é mais barato em relação aos outros, pois a cúpula é feita de alvenaria ao invés de chapas metálicas ou lonas especiais;</li> <li>· Devido ao seu formato, ocupa menos espaço na superfície do solo, favorecendo sua implantação;</li> <li>· Por ser construído com sua estrutura de fermentação inteiramente enterrada no solo (tanto o digestor, como o gasômetro), sofre pouca variação de temperatura, o que favorece a ação das bactérias que atuam na digestão anaeróbica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· A interligação entre a caixa de carga e a câmara de digestão é feita por meio de tubos, o que pode facilitar o entupimento do sistema ou problemas de fluxo de efluente.</li> <li>· A vantagem de ter sua estrutura toda enterrada, se torna uma desvantagem uma vez que sua implantação fica limitada ao tipo de solo, não sendo indicada sua construção em solos superficiais ou sujeitos a ruptura.</li> <li>· Não é um biodigestor próprio para acúmulo de gás, devido a área de reserva de gás é menor. É mais indicado na produção de biofertilizante.</li> </ul>

Para o dimensionamento desse modelo de biodigestor, considera-se a metodologia proposta por Ortolani (1991) e apresentada por Portes (2005).

Essa metodologia recomenda inicialmente sejam estimados os valores de consumo de energia pelos usuários e as características do substrato que irá alimentar o biodigestor (tipo e disponibilidade). Com a obtenção desses dados, calcula-se então os parâmetros iniciais do equipamento como altura e diâmetros (PORTES, 2005).

Portes (2005), ressalta que no método de dimensionamento desenvolvido por Ortolani (1991), é necessário buscar uma satisfatória e eficiente relação custo benefício para o biodigestor, devendo considerar a demanda diária a fim de armazenar o biogás para que na hora de pico seja suficiente e mantenha os aparelhos funcionando a partir disso e com base na figura 03, deve-se seguir os seguintes procedimentos:

- a) Deve-se ter inicialmente algumas premissas pré-cálculo fixadas, que são: o volume do biodigestor deve ser igual ao volume do substrato que atende à demanda diária de biogás; o nível máximo do substrato deverá equivaler a altura do corpo cilíndrico ( $H_c$ ); o nível do fundo da caixa de saída, deverá por sua vez coincidir com a altura do corpo cilíndrico; e o nível mínimo do substrato é no ponto igual a 3 H do nível máximo.
- b) A partir disso, calcula-se o volume de biogás e o volume do biodigestor através da equação (01), onde  $V$  = Volume útil do biodigestor ( $m^3$ )  $K$  = fator de rendimento ( $m^3/m^3$ )  $B$  = volume de biogás necessário por dia.

$$V = K \times B \quad \dots\dots\dots [01]$$

- c) Calcula-se o volume da calota do fundo ( $V_f$ ), através da equação (02):

$$\frac{V_f}{V} = \frac{1}{7} \quad \dots\dots\dots [02]$$

- d) Calcula-se o volume do corpo cilíndrico ( $V_c$ ) através da equação (03):

$$V_c = V - V_f \dots\dots\dots [03]$$

- e) Atribui-se um valor para o diâmetro do corpo cilíndrico ( $D_c$ ) e obtém-se o valor da altura do corpo cilíndrico ( $H_c$ ), conforme a equação (04), devendo a relação entre a altura e o diâmetro estar entre 0,5 e 0,6, caso contrário, deverão ser corrigidos e os cálculos refeitos.

$$V_c = \frac{\pi \times H^c \times D_c^2}{4} \dots\dots\dots [04]$$

- f) Em caso de correção, os valores altura da calota do fundo ( $h_f$ ), volume da calota do fundo ( $V_f$ ), o raio da calota do fundo ( $R_f$ ) e o raio da calota ( $R_f$ ) são obtidos por meio das equações (05), (06) e (07):

$$\frac{h_f}{D_c} = \frac{1}{8} \dots\dots\dots [05]$$

$$V_f = \frac{\pi h_f}{6} \times \left( \frac{3D^2}{4} + h_f^2 \right) \dots\dots\dots [06]$$

$$R_f = \frac{\frac{D_c^2}{4} + h_f^2}{2h_f} \dots\dots\dots [07]$$

- g) Calcula-se a altura da calota do gasômetro  $h_g$ , em m, o volume  $V_g$  e o raio  $R_g$  da calota do gasômetro, usando as equações (08), (09) e (10):

$$\frac{h_g}{D_c} = \frac{1}{4} \dots\dots\dots [08]$$

$$V_g = \frac{\pi h_g}{6} \times \left( \frac{3D^2}{4} + h_g^2 \right) \dots\dots\dots [09]$$

$$R_g = \frac{\frac{D_c^2}{4} + h_g^2}{2h_g} \dots\dots\dots [10]$$

- h) Calculam-se as dimensões da caixa de saída (altura da caixa de saída ( $h_s$ ) e diâmetro da caixa de saída ( $D_s$ )), usando as equações (11) e (12), onde o afundamento da cúpula no solo ( $af$ ), estima-se valores entre 0,20 e 0,25 (camada de solo que cobre a abóbada). Já a constante 0,10m configura a folga de segurança para evitar o transbordamento do efluente em situações de pressão máxima do biogás.:

$$h_s = h_g + af + 0,20 \dots\dots\dots [11]$$

$$D_s^2 = \frac{D_c^2 H_C}{3(h_s - 0,10)} \dots\dots\dots [12]$$

- i) Calcula-se o volume de reabastecimento diário ( $v_e$ ) e diâmetro da caixa de entrada ( $D_{ce}$ ), através das equações (13) e (14):

$$V_e = \frac{V}{n} \dots\dots\dots [13]$$

$$V_e = \frac{\pi D_{ce}^2 (h_e - 0,10)}{4} \dots\dots\dots [14]$$

- j) Para a equação acima, o valor a altura da caixa de entrada ( $h_e$ ), será estipulada levando em conta que a boca da caixa não pode ficar muito alta, para não dificultar o reabastecimento, sendo o indicado de até no máximo 1,0 m. m) calcula-se o volume de biogás armazenado na pressão máxima, considerando a pressão máxima que o biogás poderá atingir dentro do biodigestor, em metros de coluna d'água (m.c.a.), através da equação (15):

$$P_{máx} = \frac{H_C}{3} + (h_s - 0,1) \dots\dots\dots [15]$$

- k) Com o valor da pressão máxima, é possível calcular o volume de biogás que poderá ser armazenado para essa respectiva pressão, através da equação (16):

$$V_b = \left( \frac{\pi D_c^2}{4} \times \frac{H_c}{3} \right) + V_g \left( \frac{\pi (0,6)^2 (a + 0,20)}{4} \right) \dots\dots\dots [16]$$

- l) A partir de todos os dados calculados nos procedimentos anteriores, é possível iniciar a fase de elaboração de projeto estrutural e orçamento de materiais (Figura 03)

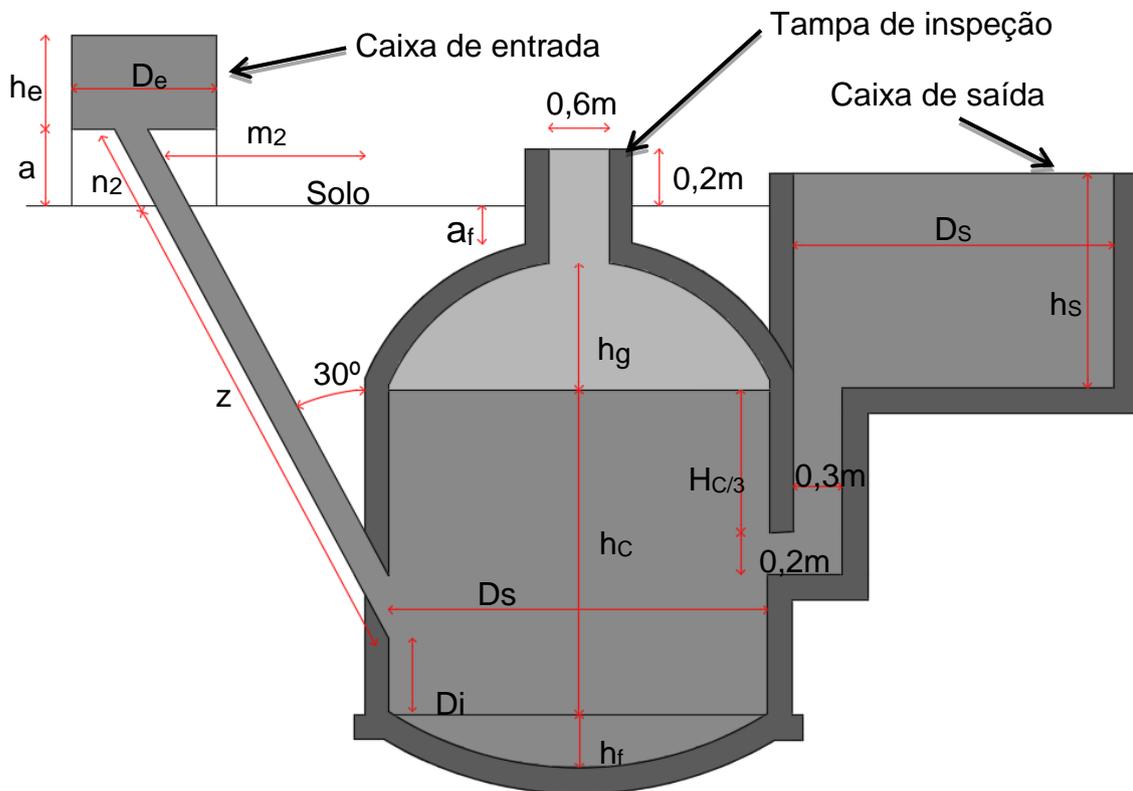


Figura 03: Modelo Chinês. Fonte: Adaptada de Portes (2005) por Autora (2016).

### Modelo Indiano

O modelo indiano é um equipamento constituído por um tanque de fermentação com duas câmaras e uma campânula com função de gasômetro (Figura 04). O tanque de fermentação é dividido por uma parede central em duas câmaras que promove a circulação da biomassa, favorecendo a digestão. Já a

campanula pode estar mergulhada no efluente ou em um selo d'água externo, o que favorece a redução das perdas no processo de produção de gás (DEGANUTTI, *et al.*, 2002).

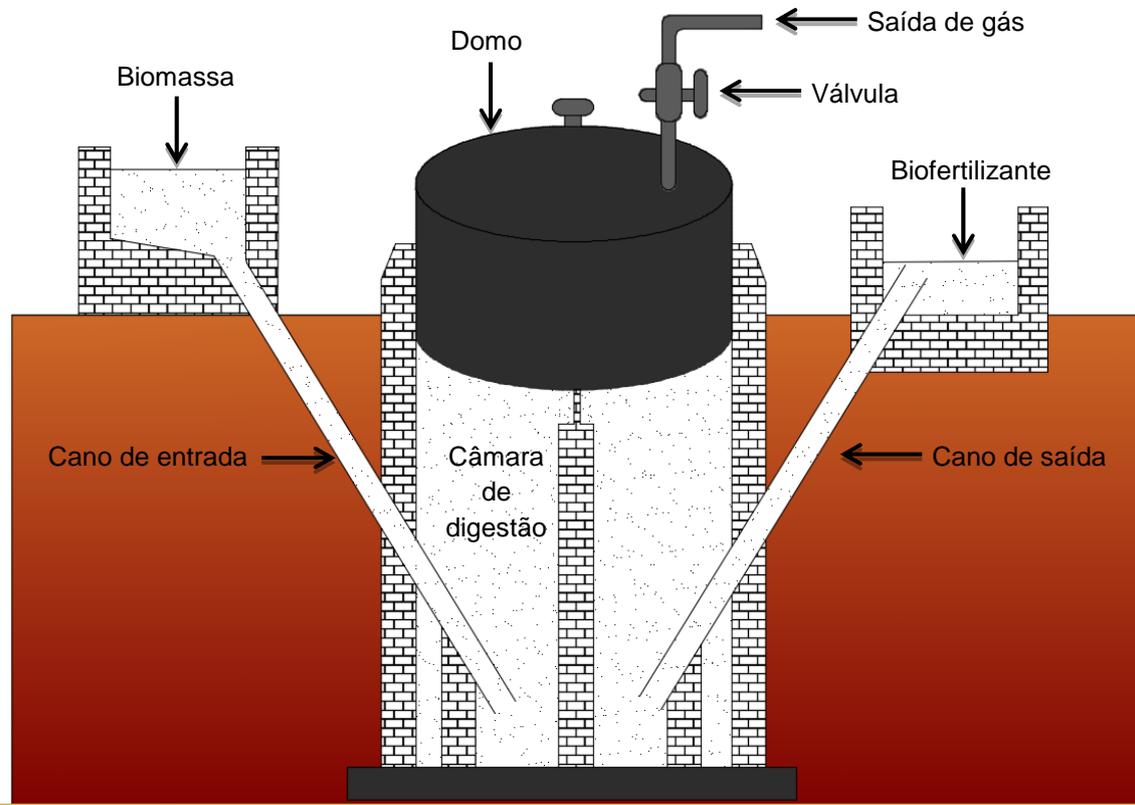


Figura 04: Modelo Indiano. Fonte: Adaptada de Moreira *et al.* (2014) por Autora (2016).

Quanto ao seu funcionamento, esse modelo de biodigestor opera com pressão constante, na medida em que o volume de gás produzido não é consumido, o volume do gasômetro aumenta através de seu deslocamento vertical. Assim como no modelo chinês, a alimentação do sistema deverá ser feita de forma contínua e o substrato deverá possuir concentração de sólidos totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material. Apesar de ser de fácil construção, sua cúpula metálica destinada ao gasômetro torna o investimento relativamente mais oneroso que o modelo chinês (DEGANUTTI, *et al.*, 2002).

Na tabela 04, podem ser observadas algumas vantagens e desvantagens que o modelo indiano apresenta em relação aos demais.

Tabela 04: Vantagens e desvantagens modelo chinês. Fonte: Adaptada de Deganutti, *et al.*, (2002) por Autora (2016).

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Assim como o modelo chinês, também ocupa menos espaço na superfície do solo, devido ao seu formato;</li> <li>· Por ter suas camadas de digestão construídas enterradas no solo, sofre pouca variação de temperatura, o que favorece a ação das bactérias que atuam na digestão anaeróbica. Entretanto seu gasômetro fica na superfície, diferenciando-o assim do modelo chinês nesse quesito construtivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Assim como no modelo chinês, a interligação entre a caixa de carga e a câmara de digestão é feita por meio de tubos, o que pode facilitar o entupimento do sistema ou problemas de fluxo de efluente.</li> <li>· Se a cúpula for de metal, poderão ocorrer problemas de corrosão, devendo ser feita uma manutenção com pintura com um antioxidante.</li> <li>· Por ter parte de sua estrutura enterrada, assim como o modelo chinês, também tem sua instalação limitada ao tipo de solo.</li> </ul>

Para o dimensionamento desse modelo de biodigestor, considera-se a metodologia proposta por Ortolani (1991), modificada e apresentada por Feiden (2016) na disciplina de Tecnologia de Biodigestores Rurais na Unioeste – Cascavel.

A metodologia ressalta que para obter-se um eficiente dimensionamento de biodigestor rural, sendo preciso levar em consideração a necessidade diária de biogás, características do substrato disponível (tipo, quantidade e qualidade) e a forma de armazenamento do biogás (FEIDEN, 2016).

A partir disso e com base na figura 05, deve-se seguir os seguintes procedimentos:

- a) Calcular o volume útil ( $V_u$ ) do biodigestor, em função do volume necessário de dejetos, do fator de diluição, da carga orgânica diária e do tempo de retenção hidráulica, e acrescentar 10% para obter o Volume Bruto ( $V_b$ ).

- b) Cálculo das dimensões do biodigestor por iteração com o volume bruto, através da equação (17), onde  $D_i$  = Diâmetro Interno;  $H$  = Altura do Nível do Substrato;  $V_b$  = Volume Bruto:

$$V_b = \pi D_i H \dots\dots\dots [17]$$

- c) As dimensões obtidas devem respeitar as seguintes restrições (18), (19) e (20):

$$0,6 \leq D_i H \leq 1,0 \dots\dots\dots [18]$$

$$3,0 \leq H \leq 6,0 \dots\dots\dots [19]$$

$$2,0 \leq V_b \leq 25,0 \dots\dots\dots [20]$$

- d) Calcular o volume do gasômetro levando em conta o custo mínimo e a distribuição do consumo ao longo do dia. Calcula-se o tamanho do gasômetro visando atender aos picos de consumo.
- e) Calcular o diâmetro do gasômetro ( $D_g$ ) acrescentando 0,10m ao diâmetro interno ( $D_i$ ) previamente calculado.
- f) Calcular a altura útil do gasômetro pela equação (21), onde  $V_2$  = Volume Útil;  $h_2$  = Altura Útil e  $D_g$  = Diâmetro do Gasômetro:

$$V_2 = \left( \frac{\pi D_g^2 h_2}{4} \right) \dots\dots\dots [21]$$

- g) Deve-se aumentar a altura útil do gasômetro em 10% visando suprir as medidas ocupadas nas instalações do tubo-guia e dos reforços internos.
- h) Estimar a altura ociosa do gasômetro ( $h_1$ ), com o valor ser igual ou superior à pressão expressa em coluna de água de 0,15mca.

- i) Calcular o volume útil do biodigestor subtraindo o volume ocupado pela divisória, pela equação (22), onde  $V_b$  = volume bruto do biodigestor,  $V_r$  = volume útil real,  $V_p$  = Volume da divisória;  $h$  = Altura da divisória; espessura = Espessura da divisória:

$$V_r = V_b - [(H - h_2) \times D_i \times \text{espessura}] \quad \dots\dots\dots [22]$$

- j) A partir dos dados calculados, inicia-se a elaboração de projeto estrutural e orçamento de material (Figura 05):

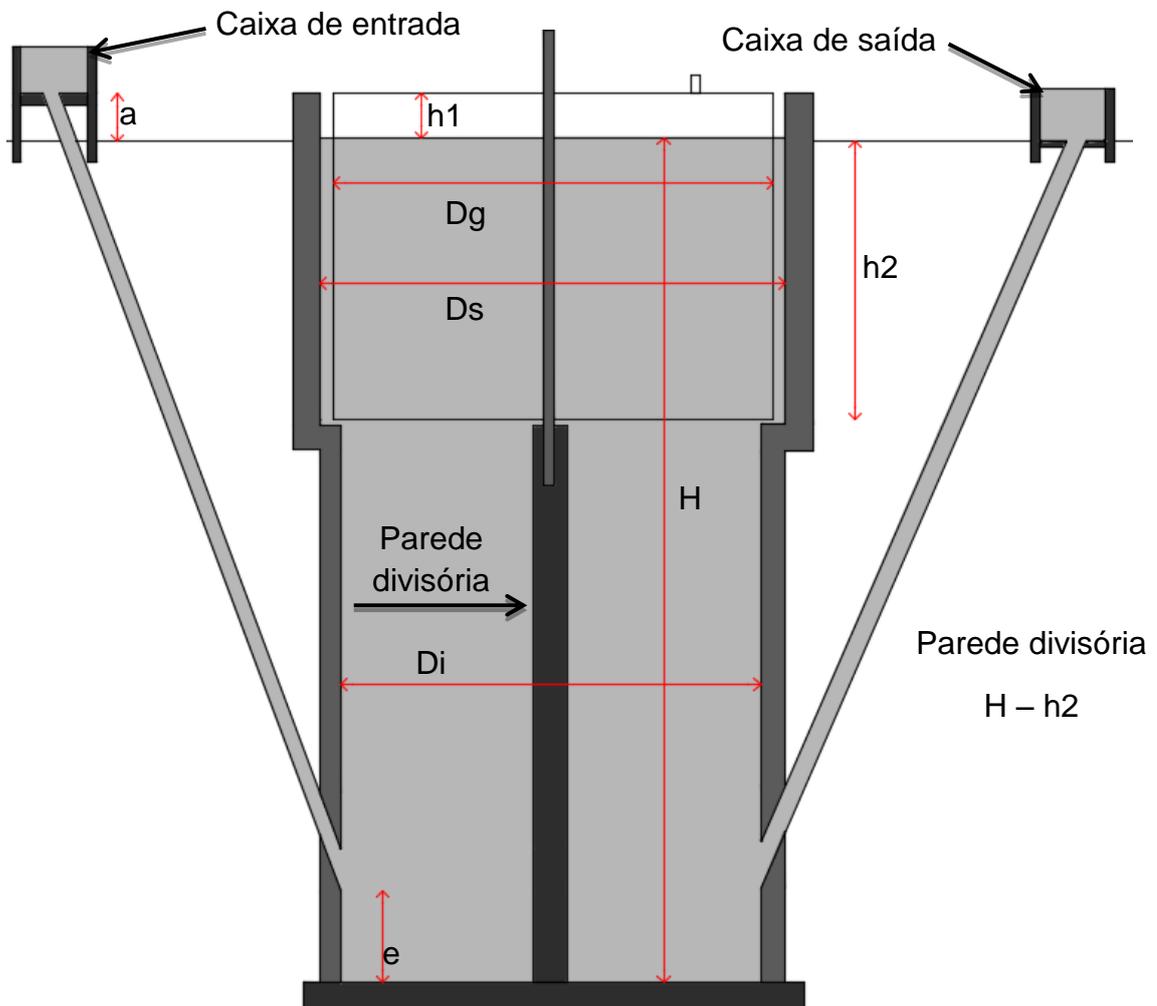


Figura 05: Modelo Indiano. Fonte: Adaptada de Feiden (2016) por Autora (2016).

### Modelo da marinha ou fluxo tubular

O modelo tubular (Figura 06) se caracteriza por sua geometria horizontal, com largura maior que a profundidade. Uma de suas características técnicas mais marcantes é com relação à produção de biogás, uma vez que seu formato promove uma grande área de exposição ao sol, favorecendo a ação das bactérias que compõem o processo de digestão no interior do equipamento. Esse modelo é constituído de duas partes principais, sendo uma cúpula de plástico maleável, tipo PVC, que infla conforme ocorre a produção de gás e uma caixa de carga feita em alvenaria, podendo ser enterrada ou não (MORAIS, 2012).

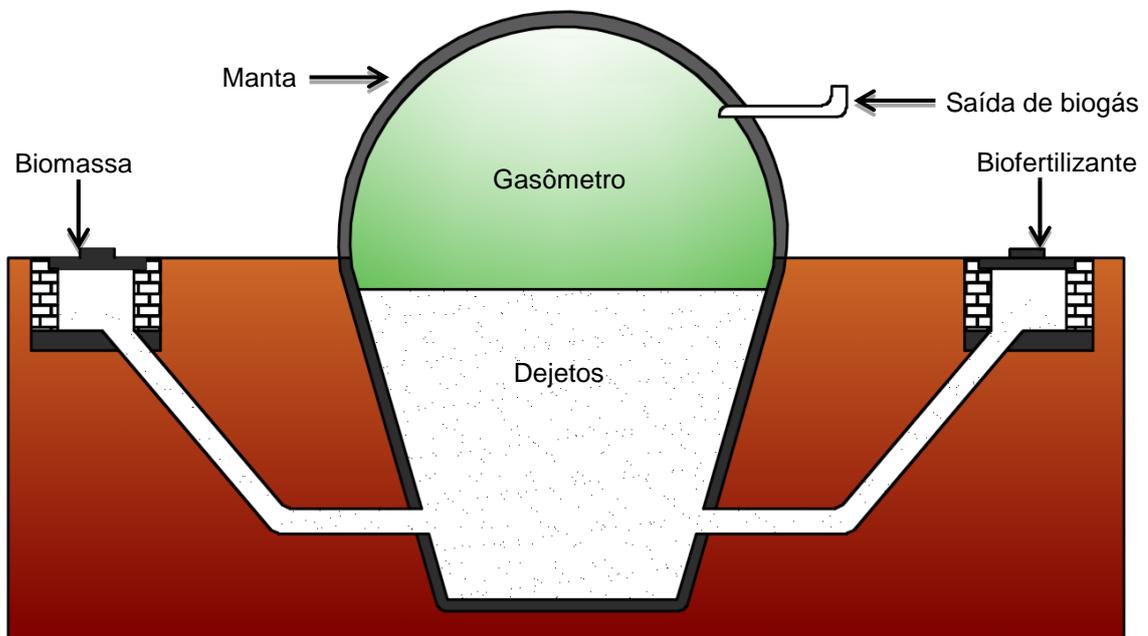


Figura 06: Modelo Tubular. Fonte: Adaptada de Moreira et al. (2014) por Autora (2016).

Quanto ao seu funcionamento, o fluxo de substrato é contínuo, sendo introduzida em uma das extremidades do biodigestor (caixa de entrada), passando através do mesmo e sendo posteriormente descarregada na outra extremidade (caixa de saída). Esse processo ocorre por meio do princípio físico de um embolo, sem misturas longitudinais, ou seja, as partículas mantêm sua identidade e permanecem no tanque por um período igual ao tempo de retenção hidráulica. Para que essa característica técnica seja garantida, umas das condições construtivas desse modelo de biodigestor é que sua estrutura apresente um valor alto na relação comprimento/largura (VON SPERLING, 1996) *apud* (MORAIS, 2012).

Na tabela 05, podem ser observadas algumas vantagens e desvantagens que o modelo indiano apresenta em relação aos demais.

Tabela 05: Vantagens e desvantagens modelo tubular. Fonte: Adaptada de Morais (2012) por Autora (2016).

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Maiores produções de gás (em dias quentes) devido a sua grande área de exposição solar;</li> <li>· Não está restrito ao tipo de solo, pois além de não exigir solos profundos porque é um modelo de tipo horizontal, sua câmara de digestão pode ser construída enterrado, como também sobre a superfície do solo.</li> <li>· A interligação caixa de carga para o digestor, feita de alvenaria ao invés de tubos, evitando com isso, o entupimento e facilitando a manutenção.</li> <li>· A limpeza do digestor é mais fácil porque a cúpula sendo de lona de PVC é mais fácil de ser retirada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Apresenta o custo da cúpula, item que encarece sua implantação;</li> <li>· Necessita de espaços relativamente grandes para sua instalação, devido a sua geometria.</li> </ul>

Para o dimensionamento desse modelo de biodigestor, buscou-se respaldo junto a profissionais da área, uma vez que se trata de um modelo com aplicação comercial recente e conforme Kuczman (2017), ainda não possui uma metodologia de dimensionamento consolidada (Informação verbal). De uma forma geral, realiza-se um dimensionamento geométrico em função do volume de dejetos gerado diariamente e do tempo que esse dejetos deverá ficar retido no biodigestor para que a biodigestão aconteça. A partir disso, deve-se seguir os seguintes procedimentos:

- a) Assim como nos dimensionamentos para os modelos anteriores, algumas premissas iniciais devem ser estabelecidas, sendo para o biodigestor tubular, as seguintes: o volume do biodigestor deve estar de acordo com as necessidades energéticas da propriedade, com a capacidade de consumo do biogás produzido, com o número de animais existentes e com a área disponível para aplicação do biofertilizante.

- b) Com base nos dados iniciais, calcula-se o volume diário de dejetos através da equação (23), onde,  $V_D$  = Volume de Dejetos;  $N$  = Número de animais e  $D_A$  = Quantidade de dejetos por animal (L/dia);

$$V_D = D_A \times N \quad \dots\dots\dots [23]$$

- c) Com o Volume diário de dejetos, calcula-se então a proporção e água necessária para a mistura, através da equação (24), onde  $V_A$  = Volume de água,  $V_D$  = Volume de Dejetos diário e  $R_A$  = Fator de relação dejetos e água;

$$V_A = V_D \times R_A \quad \dots\dots\dots [24]$$

- d) Calcula-se então o volume da carga diária produzida, através da equação (25), onde  $V_C$  = Volume da carga diária ( $m^3$ );  $V_A$  = Volume de água e  $V_D$  = Volume de Dejetos diário;

$$V_C = (V_A + V_D) \quad \dots\dots\dots [25]$$

- e) O cálculo do Volume total da fossa do biodigestor é realizado através da equação (26), onde  $V_{FB}$  = Volume da fossa do biodigestor ( $m^3$ );  $V_C$  = Volume da Carga diária ( $m^3$ /dia) e  $TRH$  = Tempo de retenção hidráulica (dias)

$$V_{FB} = V_C \times TRH \quad \dots\dots\dots [26]$$

- f) O Volume total da fossa do biodigestor encontrado em função do volume da carga diária ( $V_C$ ) e Tempo de retenção hidráulica ( $TRH$ ) deve ser equivalente ao volume geométrico ( $V_G$ ) da fossa em formato de trapezoide. Dessa forma, considera-se que  $V_G$  é calculado através da equação (27) onde,  $a$  e  $b$  são as medias da base superior e inferior, respectivamente, do trapézio que forma a seção transversal da fossa,  $h$

= altura útil da fossa e L = comprimento longitudinal da fossa (Figura 07).

$$V_{FB} = \frac{(a + b)}{2} \times h \times L \dots\dots\dots [27]$$

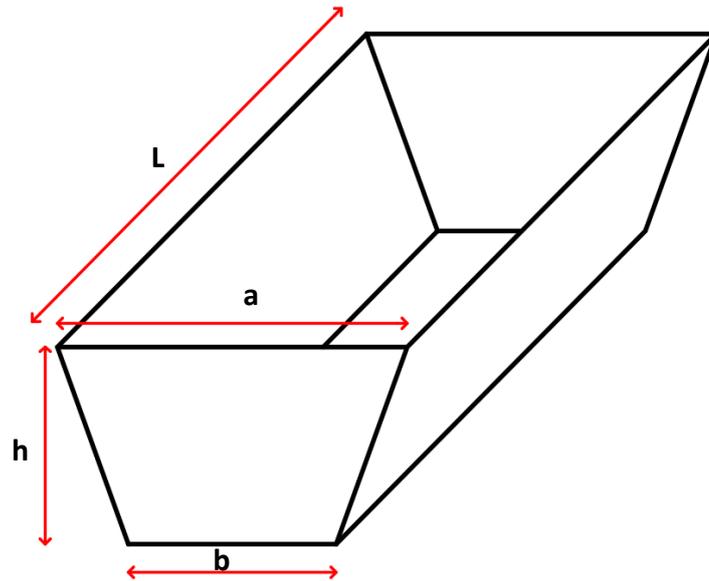


Figura 07: Modelo Tubular. Fonte: Autora (2017).

- g) Conforme apresentado, o volume geométrico da fossa, obtido em função do volume de carga diária e do tempo de retenção hidráulica, quando aplicado na equação (27), obtém-se três incógnitas, que representam as medidas gerais da fossa do biodigestor. Para determinar os valores referentes a tais medidas, deve-se levar em conta, segundo Kuczman (2017) (Informação verbal), condições de funcionamento do sistema de biodigestão, como a inclinação correta do talude (GERSCOVICH, 2009), a proporção entre largura e comprimento da superfície da fossa (VON SPERLING, 1996); (FEIDEN *et al.*, 2004) e a altura útil.
- h) Para o desenvolvimento dos cálculos, optou-se por considerar o ângulo de inclinação do talude equivalente a 110° como referência média para taludes. A partir dessa definição, é possível montar relações entre as medidas da seção do biodigestor.
- i) A seção da fossa do biodigestor é representada por um trapézio cujas medidas são denominadas, (Figura 08), como sendo as variáveis a

(largura da base superior), b (largura da base inferior) e h (altura). Nesse trapézio, ao se isolar um dos cantos inclinados, forma-se um triângulo retângulo cujo ângulo adjacente à altura (h) foi denominado  $\theta$ , e equivale a subtração do ângulo reto da inclinação do talude.

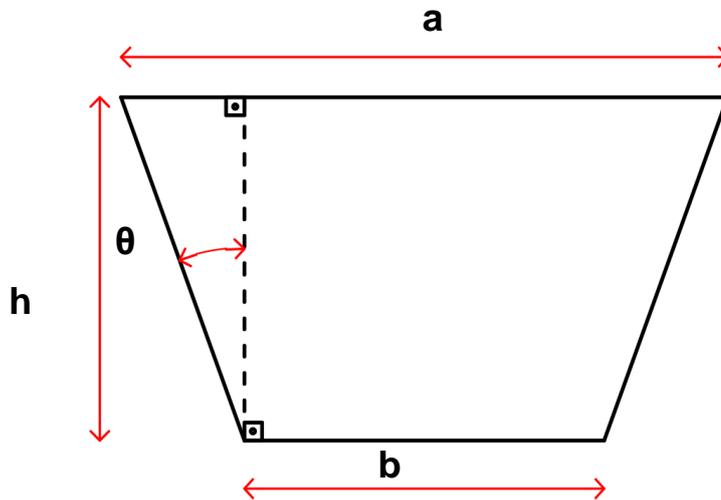
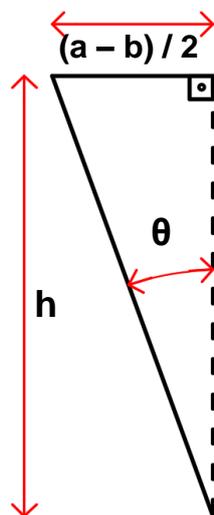


Figura 08: Seção da fossa. Fonte: Autora (2017)

j) Ao se isolar o triângulo retângulo na seção trapezoidal da fossa (Figura 09), obtém-se então novas relações entre as medidas a (largura da base superior), b (largura da base inferior) e h (altura). Considerando a



inclinação inicial do talude igual a  $110^\circ$ , obtém-se que o valor de  $\theta$  é equivalente a  $20^\circ$ . Com base nisso, obtém-se a Equação (28), através da função tangente, cuja igualdade é representada pela divisão do cateto oposto pelo cateto adjacente:

$$\tan \theta = \frac{(a - b)}{2} \cdot \frac{1}{h} \quad \tan 20 = \frac{(a - b) \times h}{2}$$

$$0,7279 = (a - b) \times h$$

$$a = 0,7279h + b \quad \dots\dots\dots [28]$$

Figura 09: Inclinação do talude. Fonte: Autora (2017).

k) A próxima relação a ser determinada, trata-se das dimensões de largura (a) e comprimento (L) da superfície superior da fossa (Figura 08). Para biodigestores do tipo tubular (ou canadense), a relação

largura/comprimento usual variando entre 1:3 (LIMA, 2011) e 1:5 (FEIDEN *et al*, 2004). Essa proporção deve ser respeitada pois diz respeito a manutenção das características do fluxo hidráulico (tipo pistão) garantido por esse modelo de biodigestor (KUCZMAN, 2007).

- l) A proporção escolhida para figurar a relação entre a largura (a) e comprimento (L) da superfície superior da fossa foi de 1:5, aplicada conforme Equação (29).

$$L = 5a \dots\dots\dots [29]$$

- m) Aplicando a Equação (28) na Equação (29), obtém a Equação (30):

$$L = 5 \times (0,7279h + b) \dots\dots\dots [30]$$

$$L = 3,6395h + 5b \dots\dots\dots [30]$$

- n) Prossegue-se então, com a substituição de duas Incógnitas na Equação (27), onde os termos 'a' (largura superior da fossa) e 'L' (comprimento da fossa), são substituídos pela equivalência das Equações (28) e (30), respectivamente, obtendo-se assim a Equação (31):

$$V_{FB} = \frac{(0,7279h + b + b)}{2} \times h \times (3,6395h + 5b) \dots\dots\dots [31]$$

$$V_{FB} = (0,3639h + b) \times (3,6395h^2 + 5bh) \dots\dots\dots [31]$$

$$V_{FB} = 1,3245h^3 + 1,8195bh^2 + 3,6395bh^2 + 5hb^2 \dots\dots\dots [31]$$

$$1,3245h^3 + 5,459bh^2 + 5hb^2 - V_{FB} = 0 \dots\dots\dots [31]$$

- o) No item anterior, ao prosseguir a substituição, operações musicais e isolar os termos semelhantes, obteve-se uma igualdade envolvendo a altura da fossa (h), a largura da superfície inferior da fossa (b) e o Volume da fossa do Biodigestor ( $V_{FB}$ ).

- p) Ao observar a Equação (31), nota-se que estando determinado os valores da altura e do volume da fossa do biodigestor, a única incógnita restante é a largura da superfície inferior da fossa, representando assim uma equação de 2º grau, onde:

$$5hb^2 + 5,459h^2b + 1,3245h^3 - V_{FB} = 0$$

$b$  → incógnita da equação

$5h$  → primeiro termo numérico da equação

$5,459h^2$  → segundo termo numérico da equação

$1,3245h^3 - V_{FB}$  → terceiro termo da equação

- q) A Equação de 2º grau resultante da relação entre altura, largura da superfície inferior e o volume da fossa do biodigestor pode ser resolvida através do método de Bhaskara.
- r) O método de Bhaskara, representado pela Equação (32), consiste em encontrar o valor da incógnita ( $b$ ), através da substituição na equação os termos  $x$ ,  $y$  e  $z$ , respectivamente pelo primeiro, segundo e terceiro termo numérico da equação de 2º grau que deseja a resolução.

$$b = \frac{-y \pm \sqrt{y^2 - 4xz}}{2x} \dots\dots\dots [32]$$

- s) A resolução da equação de 2º grau (Equação 31), permite encontrar a um par de possíveis soluções para a incógnita, nesse caso, a largura da superfície inferior da fossa ( $b$ ), sendo um valor negativo e um positivo. Como nessa situação, a incógnita trata-se de uma medida real, descarta-se de antemão a possível solução com valor negativo:

$$b = \frac{-y + \sqrt{y^2 - 4xz}}{2x} \dots\dots\dots [33]$$

- t) Em seguida, aplica-se os termos numéricos da Equação (31) na Equação (33), obtendo-se a Equação (34):

$$b = \frac{-5,459h^2 + \sqrt{(5,459h^2)^2 - 4(5h \times (1,3245h^3 - V_{FB}))}}{2 \times (5h)} \dots\dots\dots [34]$$

$$b = \frac{-5,459h^2 + \sqrt{29,80h^2 - 26,49h^3 + 20hV_{FB}}}{10h} \dots\dots\dots [34]$$

- u) Dessa forma, as equações (28), (30) e (34) permitem determinar, respectivamente, os valores da largura da superfície superior (a), o comprimento e a largura da superfície inferior (b) da fossa do biodigestor.
- v) As equações dependem de um valor pré-determinado para a altura (h) e para o volume ( $V_{FB}$ ) da fossa do biodigestor.
- w) O Valor do volume ( $V_{FB}$ ) da fossa do biodigestor é determinado pela Equação (27), no entanto o valor de da altura (h) deve ser definido arbitrariamente.
- x) No que se refere à altura, a literatura pesquisada trata de valores variando entre 1,50 a 4,50m para biodigestores modelo tubular (tabela 06) e entre 1,50 a 3,00m no dimensionamento de lagoas anaeróbias (SILVA, s.d.). Ficando assim definido que para Volumes até 100m, a altura ideal é de 1,5m, entre 100 e 500m<sup>3</sup>, a altura ideal é de 2,5m, entre 500 e 200m<sup>3</sup> a altura ideal é de 3,5m e acima de 2000m<sup>3</sup>, a altura ideal é de 4,5m.

## 2.4. CONSTRUÇÃO DOS BIODIGESTORES

Conforme Macedo (2013) descreveu em seu trabalho, a empresa AVESUY, que desenvolve projetos ambientais e de biodigestores, desenvolveu como modelo de configuração do biodigestor tipo tubular, os seguintes componentes:

- Caixa de entrada;
- Caixa de saída;
- Vala de digestão (câmara);
- Tubulação de entrada de substrato;
- Tubulação de saída de biofertilizante;
- Tubulação de saída do biogás;
- Manta de PVC (campânula);

Com base nessa configuração, fez-se um levantamento (tabela 06) do Método construtivo, dos materiais e dos serviços e equipamentos envolvidos da construção de um biodigestor tipo tubular.

Tabela 06: Levantamento construtivo. Fonte: Autora (2016); Macedo (2013).

PARTE	MÉTODOS E MATERIAIS	SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS
Caixa de Entrada e Caixa de Saída	Alvenaria convencional: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Tijolos cerâmicos</li> <li>· Emulsão impermeabilizante</li> <li>· Areia média</li> <li>· Cimento Portland</li> <li>· Cal</li> </ul>	Serviços: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Nivelamento/Escavação;</li> <li>· Dosagem, mistura e preparo de argamassa de assentamento.</li> <li>· Impermeabilização do fundo;</li> <li>· Assentamento de alvenaria;</li> <li>· Chapisco; Emboço e Reboco;</li> </ul> Equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Caixa para preparo de argamassa;</li> <li>· Colher de pedreiro;</li> <li>· Desempenadeira;</li> </ul>

Tubulação de entrada de substrato e Tubulação de saída de biofertilizante	Alvenaria convencional: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Tijolos cerâmicos</li> <li>· Emulsão impermeabilizante</li> <li>· Areia média</li> <li>· Cimento Portland</li> <li>· Cal</li> <li>· Chapa metálica</li> </ul>	Serviços: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Nivelamento/Escavação;</li> <li>· Dosagem, mistura e preparo de argamassa de assentamento.</li> <li>· Impermeabilização do fundo;</li> <li>· Assentamento de alvenaria;</li> <li>· Chapisco; Emboço e Reboco;</li> </ul>
	Tubulação: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Tubo PVC 150mm</li> </ul>	Equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Caixa para preparo de argamassa;</li> <li>· Colher de pedreiro;</li> <li>· Desempenadeira;</li> </ul>
Vala de digestão	Vala: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Lona preta</li> </ul> Viga para fixação da lona: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Areia média</li> <li>· Cimento Portland</li> <li>· Brita graduada</li> <li>· Ferro 5mm</li> <li>· Ferro 8mm</li> </ul>	Serviços: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Escavação;</li> <li>· Dosagem, mistura e preparo de concreto.</li> <li>· Armação das ferragens;</li> </ul> Equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Retroescavadeira em caso de escavação mecânica;</li> <li>· Picareta, pá de corte, carriola, pá de carga, etc. em caso de escavação manual.</li> <li>· Betoneira ou caixa para preparo de concreto;</li> </ul>
	Tubulação de saída do biogás	Tubulação em PVC: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Tubo PVC 20mm soldável;</li> <li>· Joelho 90° 20mm PVC soldável;</li> <li>· Cola;</li> </ul>

Com a finalidade de ilustrar a construção do biodigestor, elaborou-se a modelagem de um biodigestor tubular genérico com a representação dos componentes citados acima. As imagens obtidas com a modelagem podem ser conferidas a seguir.

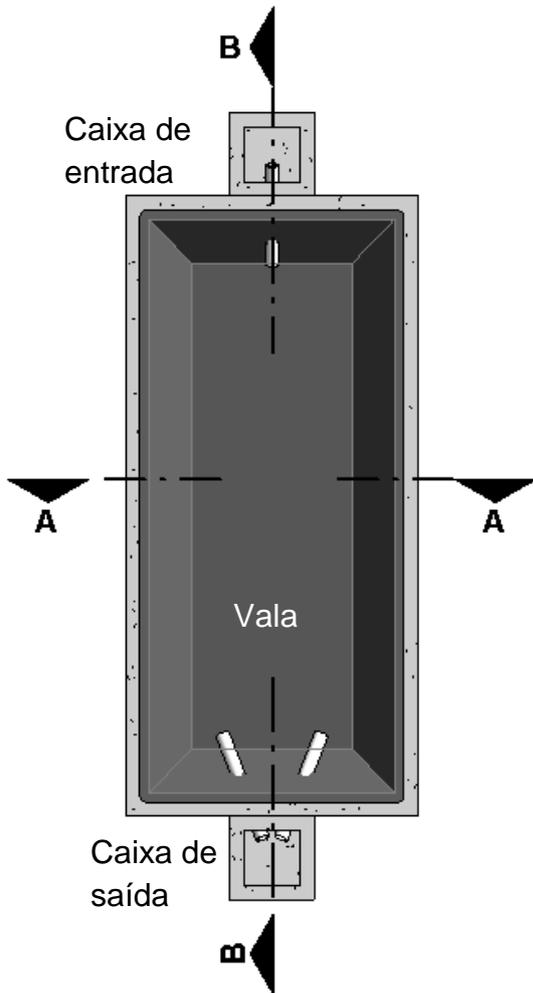


Figura 11: Planta Baixa - Modelo Tubular. Fonte: Autora (2016).

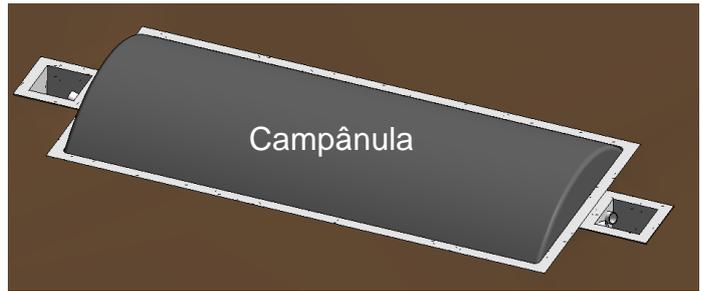


Figura 10: Perspectiva com lona - Modelo Tubular. Fonte: Autora (2016).

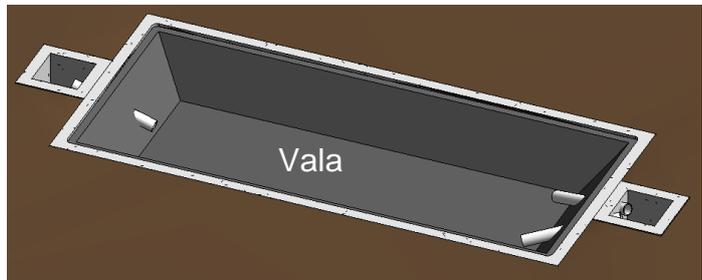


Figura 12: Perspectiva sem lona - Modelo Tubular. Fonte: Autora (2016).



Figura 13: Corte BB - Modelo Tubular. Fonte: Autora (2016).

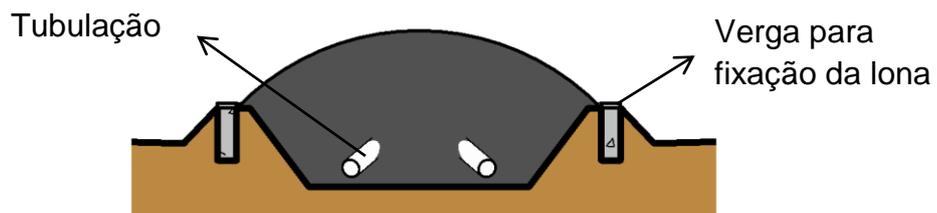


Figura 14: Corte AA - Modelo Tubular. Fonte: Autora (2016).

## 2.5. CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOGÁS

Após obtido, o biogás pode ser convertido energeticamente de diversas formas. Nas propriedades rurais, é comum o uso para fins de aquecimento, cocção e secagem através da queima direta. Pode ainda ser convertido em energia elétrica e mecânica por meio de motores de combustão e turbinas a gás junto de geradores. (COLDEBELLA, 2006).

A produção de energia elétrica através do biogás, visa permitir o auto abastecimento energético da propriedade. O sistema é composto com um conjunto de motor e gerador de corrente alternada. O motor utilizado é o motor de combustão interna, sendo os motores a ciclo Diesel e ciclo Otto os mais utilizados (FEIDEN, 2016).

A instalação de um grupo moto-gerador deve prever a construção de uma casa de máquinas adequada, e outros componentes que farão o transporte do gás a partir o gasômetro e o controle da conversão energética. O dimensionamento dessas instalações é feito em função do volume de biogás disponível diariamente pela biodigestão. Segundo Feiden (2016), no cenário rural brasileiro, a forma mais comum de produção de energia elétrica é com o uso de um grupo gerador de 30 kVA.

A energia elétrica produzida pelo grupo gerador deve basicamente suprir a demanda da propriedade, sendo os valores excedentes emitidos para a concessionária em regime de compensação. Segundo Silva (2015), ao determinar as características do conjunto moto-gerador, leva-se em consideração quantas horas o mesmo ficará em funcionamento, a disponibilidade de biogás e a necessidade de consumo e amortização de investimentos. Além disso, o autor destaca que pode ocorrer que o grupo gerador não consuma todo o biogás gerado, devendo ser monitorada a pressão nos biodigestores, para que não exceda e venha a danificar o sistema.

Quando a produção diária exceder a capacidade de armazenamento do gasômetro, o biogás não sendo consumido pelo gerador, deve ser direcionado para um queimador denominado *flare*. O queimador é acionado automaticamente quando o monitoramento do sistema aponta a pressão limite resistida pela manta, evitando assim colapsos (FERNANDES, 2012).

## 2.6. VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade econômica consiste em realizar análises e comparações que permitirão a tomada de decisão que se configure mais viável para o investidor. Esse conceito, quando aplicado para análise da implantação de biodigestores, leva em conta o potencial de aproveitamento energético do biogás. Para a avaliação, deverão ser considerados inicialmente os custos de investimento, operação e manutenção do equipamento, assim como as receitas obtidas com a venda de energia ou a redução de custos proporcionada (ZANETTE, 2009).

De uma forma geral, observou-se que as pesquisas relacionadas ao tema de viabilidade econômica de biodigestores têm apresentado metodologia semelhante, variando apenas nos parâmetros que cada uma usa como fator de retorno ao investimento, ou seja, a finalidade que será dada ao biogás e ao biofertilizante, podendo ou não gerar alguma receita ou promover alguma economia. Além disso, as pesquisas tratam juntamente a viabilidade econômica, a chamada viabilidade ambiental, onde observou-se que autores como Gaspar (2003) ressalta que a implantação de biodigestores oferece um ganho ambiental significativo para além de valores financeiros.

Observou-se que para fazer o estudo da viabilidade econômica no que tange tecnologias do biogás, autores tem-se utilizado de parâmetros e metodologias de matemática financeira, como é o caso de Pereira (2009), que analisou a Viabilidade econômica da instalação de um biodigestor em propriedades rurais por meio de cálculos de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de Recuperação do Capital (PRK).

Cervi (2009), utilizou-se desses mesmo conceitos e agregou ainda a Relação Benefício Custo (RBC) em seu estudo de Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia. Outros autores como Catapan (2012), Longo (2007) e Lindemeyer (2008) utilizaram como ferramentas de análise em seus estudos, além das já citadas anteriormente, a chamada Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

No desenvolvimento desse trabalho, o *software* se utilizará para a análise de viabilidade econômica, os parâmetros de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o PayBack (PB), que estão descritos no item 3.2 do capítulo de Materiais e Métodos.

## 2.7. PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

Desde a década de 70, pesquisas acerca do uso do biodigestor enquanto agente de conversão energética da biomassa se intensificaram, juntamente com o interesse público pelas chamadas energias renováveis. Desde então, o princípio da biodigestão encontra-se estabelecido, com propostas de diversos modelos de biodigestores, sejam de uso rural ou para fins sanitários, inclusive já operando em escala industrial (NASCIMENTO; LORA, 2004); (LINHARES, 2008); (BALMANT, 2009).

Embora estabelecida, trata-se de uma tecnologia que teve sua origem na necessidade, seja do tratamento sanitário ou da produção de biogás, e que como demonstram algumas situações, transitou do empirismo cotidiano para os laboratórios de pesquisas. Como descreve Neto (2014) em sua publicação acerca do estado da arte do desenvolvimento, como relato da implantação de biodigestores em propriedades rurais:

“[...] trabalha-se com a perspectiva de valorização não somente do conhecimento do ator isolado, o agricultor familiar, mas também do conhecimento que é gerado em comunidade, somado com a técnica proporcionada por estudos especializados. Embora consista em mecanismo simples e de fácil implantação, é válido salientar que o conteúdo tecnológico do biodigestor não se restringiu ao desenvolvimento da técnica pelo próprio produtor, mas sua inserção no cenário local ocorreu de forma dialógica, em que os próprios atores construíram, pensaram, mudaram mecanismos etc., tornando-se aptos para a multiplicação da experiência.” (NETO, 2014, p. 136)

Partindo dessa situação, percebe-se que devido as inúmeras possibilidades e variáveis envolvidas, a tecnologia da biodigestão, ainda que estabelecida, caracteriza-se de forma experimental e carece de otimização, que como descreve Portes (2005), trata-se da adoção de modelos matemáticos como ferramentas para auxílio em problemas reais, visando determinar o ótimo de uma função. Para isso, o desenvolvimento de um programa computacional torna-se representativo, uma vez que além de possibilitar a minimização de erros de cálculos, agiliza o dimensionamento e possibilita o estudo de diversas situações específicas (SIDNEY, 2012). Entende-se também, que da mesma forma relatada por Neto (2014), onde ocorreu a multiplicação do conhecimento devido ao compartilhamento da

experiência, a disponibilização de um *software* promoveria a difusão da tecnologia envolvida na implantação de biodigestores.

Nesse âmbito de otimização, alguns pesquisadores têm apresentados alternativas para as mais diversas tecnologias que envolvem a modelagem, o projeto, a construção, o uso e a manutenção de biodigestores. Balmant (2009), após apontar as dificuldades em otimizar os sistemas de biodigestão e sua complexidade, propôs uma modelagem matemática que simula condições de operações e busca o ponto ótimo.

Souza, Rossini e Schaeffer (2013), desenvolveram um trabalho visando a melhora no sistema de projetos e dimensionamento de biodigestores e centrais de biogás. O critério de otimização se deu através a adoção de ferramentas computacionais (*softwares* para desenho assistido por computador) na elaboração de projeto, modelagem e simulação.

Sidney *et al* (2012), desenvolveram um programa computacional como ferramenta auxiliar ao dimensionamento de biodigestores modelos indiano e chinês. Para o trabalho, o autor utilizou linguagem de programação Java e as heurísticas de Nielsen, sendo o processamento feito por meio de fluxogramas de cálculos que detalham os procedimentos de cada modelo. O usuário deve inserir valores e o *software* realiza o processamento apresentando como resultado um memorial descritivo técnico.

Outra pesquisa envolvendo o desenvolvimento de um programa computacional é apresentada por Portes (2005), que propôs um aplicativo computacional, desenvolvido no sistema MATLAB, que permite o desenvolvimento do projeto de construção de biodigestores rurais nos modelos indiano, chinês e batelada. Dados são inseridos pelo usuário (consumo de energia dos equipamentos ativos na propriedade, número de pessoas na propriedade, características do substrato que irá alimentar o biodigestor) e o *software* então faz o processamento das informações e escolhe o tipo de biodigestor que melhor satisfaz as necessidades do usuário, apresentando como resultado valores de parâmetros de projeto e uma lista de materiais de construção.

O *software* proposto nesse trabalho, com função de dimensionamento técnico e econômico para biodigestor modelo tubular, será desenvolvido através da linguagem de programação C++, tendo sua metodologia apresentada no item 3.3 do capítulo de Material e Métodos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A seguir será apresentada a metodologia necessária para o desenvolvimento desse trabalho. O resultado da pesquisa será um programa computacional que atuará como uma ferramenta que possibilitará o dimensionamento de biodigestores do tipo tubular, estando disponível para acesso direto aos usuários, sendo assim fundamental uma interface amigável e de fácil interação.

A partir dessa premissa, pensou-se em uma configuração que permita ao usuário acessar uma interface de abertura, alimentar o programa com informações de base (tomadas de decisões e dados iniciais), inserindo em caixas de textos e selecionando em menus com opções balizadoras. Esse primeiro momento é a etapa 01 e é onde o usuário tem poder de direcionar a rotina de cálculo de acordo com as necessidades ou intenções de implantação.

Os dados inseridos nessa etapa são divididos em interesse técnico e interesse econômico. Os dados técnicos são: fonte dos dejetos (tipo de animal), número de animais e frequência de disponibilidade do dejetos. Os dados econômicos são: Consumo mensal de energia elétrica (média do último trimestre) e a intenção da implantação (uso do biofertilizante, queima do biogás, conversão do biogás em energia elétrica).

Em seguida, com a autorização do usuário, inicia-se a Etapa 02, que ocorre sem a interferência do usuário, ou seja, trata-se de procedimentos internos. Nessa etapa, com base nas informações fornecidas pelo usuário, o programa inicia as rotinas de cálculo considerando a metodologia de dimensionamento de biodigestores modelo tubular apresentada nesse trabalho no item 2.3.4.

A etapa irá produzir resultados técnicos com relação as dimensões do biodigestor e ao seu potencial energético de produção de biogás. Com esses resultados, ainda dentro da mesma etapa, iniciam-se outras rotinas de cálculo que promoverão o dimensionamento dos materiais necessários para a construção do biodigestor e o potencial de aproveitamento energético, levando em conta as escolhas iniciais do usuário.

Por exemplo, se o usuário escolher a conversão do biogás em energia elétrica, serão considerados no orçamento todo o material necessário nesse tipo de

implantação, além de influência, no processo seguinte de análise de viabilidade econômica. Por fim, ocorrerá a etapa 03, onde é disponibilizado ao usuário os resultados (projeto técnico e memoriais relevantes), que poderão ser impressos, encaminhados por *e-mail* ou ainda salvos em formato digital. As rotinas previstas para programa computacional e descritas podem ser observadas no fluxograma a seguir (Figura 14):

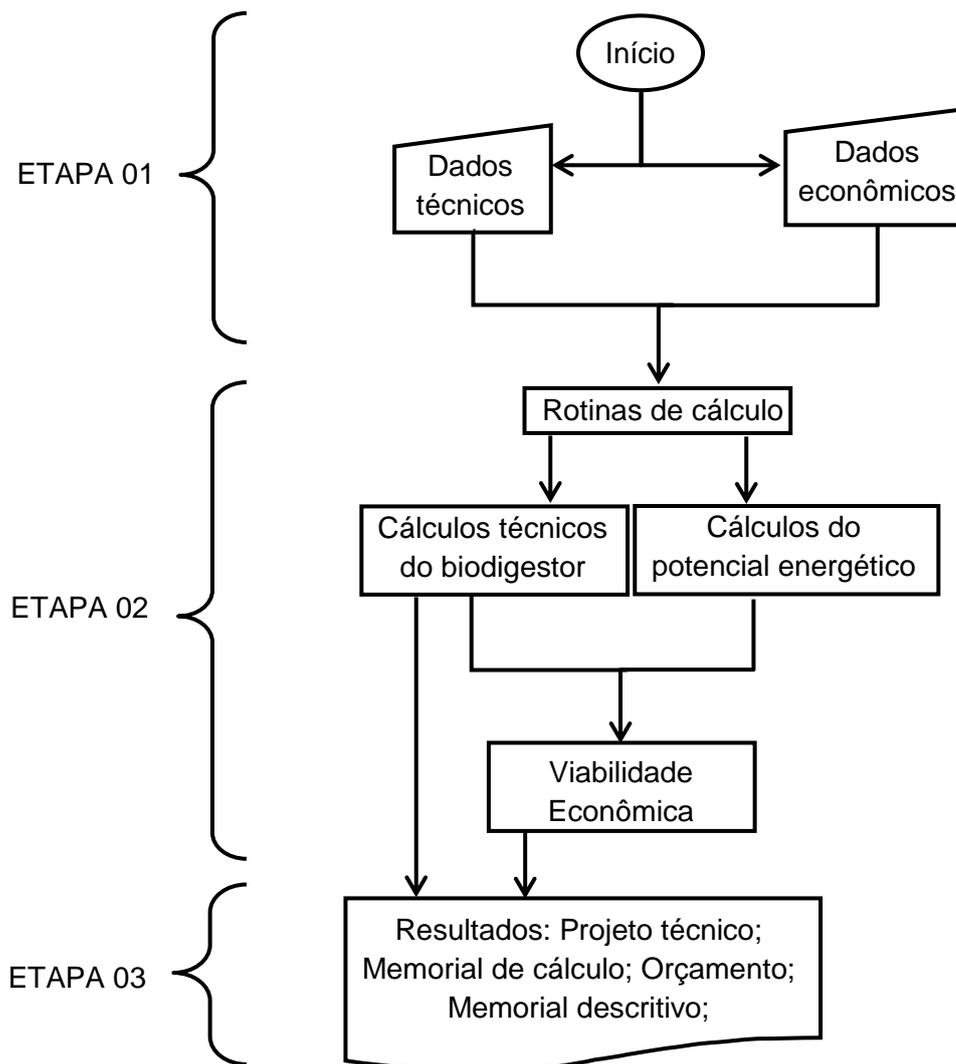


Figura 15: Fluxograma programa computacional. Fonte: Autora (2016).

### 3.1. ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO DO SOFTWARE

#### 3.1.1. Considerações Iniciais

O nome dado ao software foi bioDIM, que representa a sua função de dimensionar biodigestores. A sua identidade visual foi baseada da concepção de (SOUZA; SORDI; OLIVA, 2002) para biomassa apresentada no item 2.1 da fundamentação teórica, onde diz que “biomassa é o nome dado a qualquer matéria orgânica derivada de vegetais, como resultado do processo de conversão fotossintética” e também levando em conta que os resíduos agrícolas de origem animal, são primeiramente resultado da digestão animal de rações e pastos geralmente derivados de biomassa vegetal.



Figura 16: Identidade Visual do Software. Fonte: Autora (2017).

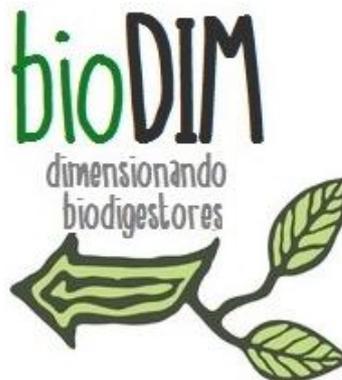


Figura 17: Identidade Visual do Software. Fonte: Autora (2017).

Após a concepção da identidade visual, buscou-se a elaboração de uma interface para a tela de entrada do programa, onde o usuário pudesse obter mais informações sobre a origem do *software* e seus criadores e inserir os dados que alimentarão o dimensionamento. A figura 17 demonstra um primeiro teste de interface, que já apresenta os passos referentes a Etapa 01 do Fluxograma

apresentado anteriormente na Figura 14. Nessa tela o usuário deve marcar qual o tipo de animal que possui e a respectiva quantidade (sendo possível informar mais que um tipo de animal), informar o consumo em kwh mensal dos últimos 3 meses e obter mais informações sobre a origem do *software* e algumas recomendações de uso, clicando no botão “**sobre**” que abrirá uma nova janela com o seguinte texto, elaborado por Autora (2017):

“O software bioDIM visa promover a difusão e a democratização da tecnologia de biodigestão e da autoprodução de energia, por meio do auxílio necessário ao desenvolvimento do projeto de construção de um biodigestor tipo tubular, que permite ao usuário ter noções das condições técnicas de implantação do sistema, do potencial energético, do investimento necessário e da viabilidade econômica. Salienta-se que o software serve como um norteador, devendo o usuário procurar profissionais da área que estarão se responsabilizando tecnicamente e analisando todas as especificidades da implantação. O software foi desenvolvido como parte da dissertação apresentada junto ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, nível Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela docente Anelisiane Maria Alves pelo professor orientador Dr. Jair Antônio Cruz Siqueira, e pelo co-orientador Carlos Eduardo Camargo Nogueira”

Figura 18: Interface da tela inicial do programa computacional. Fonte: Autora (2017).

### 3.1.2. Dimensionamento

A metodologia de dimensionamento de biodigestor que será utilizada no programa computacional a ser desenvolvido é a que foi apresentada no item 2.3.4. De forma geral, o dimensionamento corresponderá a 2<sup>o</sup> etapa do conjunto de ações descritas anteriormente, onde o primeiro cálculo a ser executado será para obter o Volume de carga diária em função do tipo de dejetos e do número de animais, em seguida se executará o cálculo do Volume do Biodigestor em função do Volume de Carga diária e do Tempo de Retenção Hidráulica, que representa o tempo que o efluente deve permanecer na câmara para atingir a degradação esperada e é um fator que depende da capacidade das bactérias em degradar a matéria orgânica, ou seja, depende do tipo de dejetos inseridos no biodigestor (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

A tela inicial também deve conter um botão que ao usuário clicar inicia dimensionamento, onde o programa irá rodar uma sequência de fórmulas, que estão apresentadas abaixo na ordem que foram inseridas no programa.

#### *Cálculo das Dimensões da Fossa do Biodigestor*

As dimensões a serem estimadas são o Volume da fossa (VF), largura superior da fossa (a), largura inferior da fossa (b), comprimento da fossa (L) e altura útil da fossa (h), conforme Figura 18.

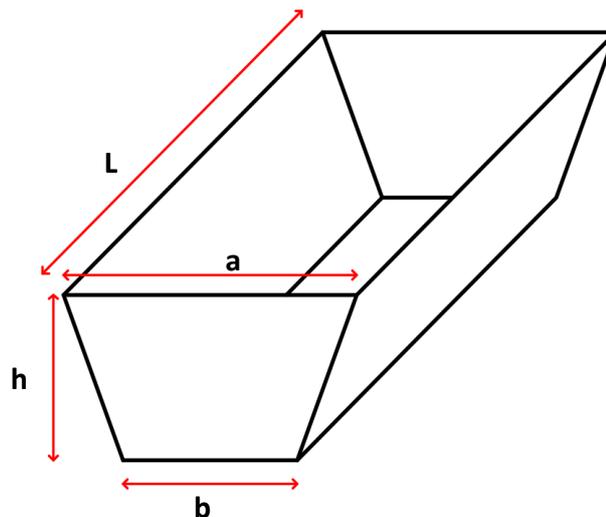


Figura 19: Parâmetros métricos de dimensionamento. Fonte: Autora (2017).

Os procedimentos de estimativa das dimensões da fossa do biodigestor têm sua ordem de processamento indicadas no fluxograma abaixo (Figura 19):

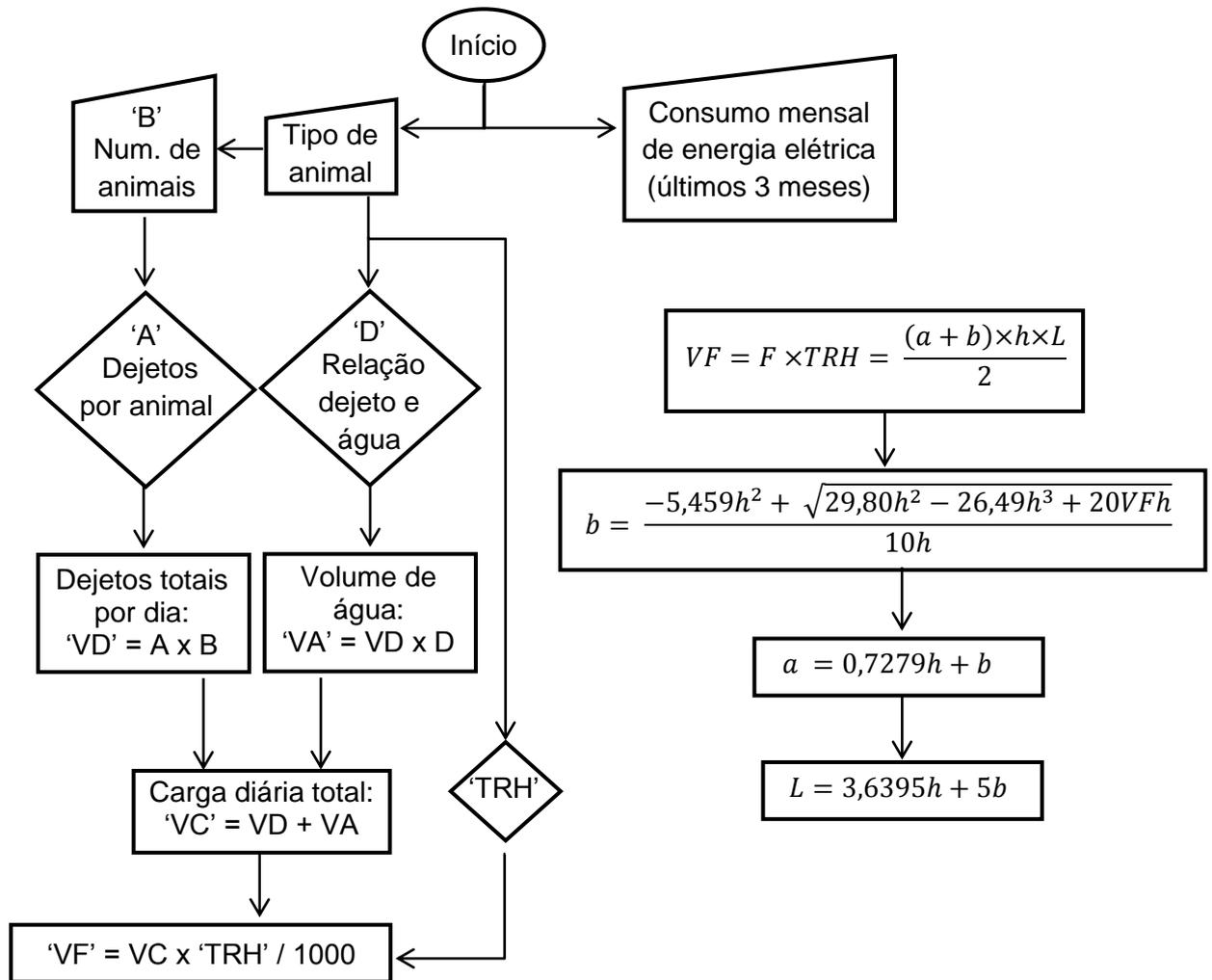


Figura 20: Fluxogramas de dimensionamento. Fonte: Autora (2017).

O fluxograma apresentado trata-se de um resumo dos procedimentos, onde:

- O Volume de dejetos por dia (VD) é equivalente a multiplicação da quantidade de animais pelo fator de volume de dejetos em L/dia, obtido na tabela (07) de acordo com o tipo de animal. Sendo possível a soma de mais que um tipo de animal no cálculo.
- O Volume de água também é calculado em função da multiplicação do Volume de Dejetos de um fator obtido na tabela (07) de acordo com o tipo de animal;
- O Volume da Fossa do biodigestor (VF) é equivalente a multiplicação do Volume de carga diária (VC) pelo tempo que essa carga deverá

ficar retida no biodigestor, ou seja, o tempo de retenção hidráulica (TRH). Também é aplicado um fator de conversão de unidade de medidas, visando transformar em metro cúbico (m<sup>3</sup>) o volume que está em litros (L);

- O Tempo de Retenção Hidráulica (TRH), também é obtido na tabela (07) em função do tipo de animal;

Tabela 07: Dados de dimensionamento. Fonte: Macedo (2013); Kohler (2017); Bond (2015).

TIPOS DE ANIMAIS	FATOR RELAÇÃO DEJETO/ÁGUA	TRH (dias)	DEJETOS (L/DIA)	BIOGÁS: M <sup>3</sup> /ANIMAL PARA 1 MÊS
Aves	1:3	60	0,18	0,42
Caprinos	1:5	45	5	2,10
Bovinos	1:1	30	10	16,20
Equinos	1:1	45	10	10,80
Suínos machos (cachaço)	1:2	30	9	7,20
Suínos fêmeas em lactação	1:2	30	27	7,20
Leitões na creche	1:2	30	1,4	7,20
Bovinos em lactação	1:1	30	30	28,50
Bezerros	1:1	30	2	16,20
Bois de corte	1:1	30	15	16,20

Após encontrar o valor equivalente ao Volume que a fossa do biodigestor deverá ter em função da quantidade de dejetos produzida na propriedade, é possível encontrar as dimensões b, a e L, através das equações (34), (28) e (30), apresentadas no item 2.3.4.:

$$b = \frac{-5,459h^2 + \sqrt{29,80h^2 - 26,49h^3 + 20VFh}}{10h} \dots\dots\dots(34)$$

$$a = 0,7279h + b \dots\dots\dots(28)$$

$$L = 3,6395h + 5b \dots\dots\dots(30)$$

Nas equações para o dimensionamento de b, a e L, o valor de da altura útil da fossa (h) é definido pelo programa com base no que é descrito do item 2.3.4.

### Cálculo das Dimensões de elementos complementares

Os elementos complementares considerados nessa seção são a lona de impermeabilização da fossa, lona da cúpula do gasômetro, caixa de entrada e caixa de saída.

a) lona de impermeabilização da fossa e lona da cúpula do gasômetro em m<sup>2</sup>:

$$L_i = (L \times b) + (2 \times L \times h) + (2 \times L) + (4 \times h) + (2 \times a \times h) + (2 \times a) + 4 \quad \dots\dots\dots(31)$$

$$L_v = (2,5 \times a \times b) + (2,5 \times a) + (2,5 \times b) + 2,5 \quad \dots\dots\dots(32)$$

Onde:

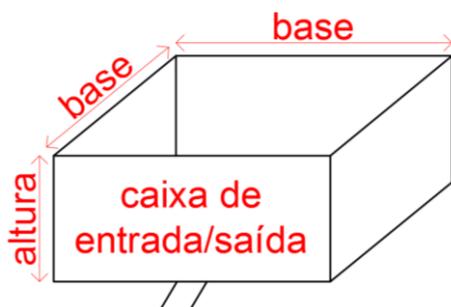
$L_i$  = Lona de impermeabilização;

$L_v$  = Lona de vedação;

$L$ ,  $a$ ,  $b$  e  $h$  = dimensões da fossa do biodigestor;

b) caixa de entrada e caixa de saída em m<sup>3</sup>

A Caixa de entrada deve ser equivalente ao Volume da Carga diária ( $V_C$ ) acrescido de 20% e a Caixa de saída deve ser equivalente a três vezes o volume da caixa de entrada (em m<sup>3</sup>). As caixas deverão ser de seção horizontal quadrada e com profundidade útil definida em 1m.



$$V_{CE} = V_C \times 1,20 = P_E \times L_{CE}^2 \quad \dots\dots\dots(33)$$

$$P_E = 1,00; \quad L_{CE} = \sqrt{V_{CE}} \quad \dots\dots\dots(34)$$

$$V_{CS} = V_{CE} \times 3 \quad \dots\dots\dots(35)$$

$$P_S = 1,00; \quad L_{CS} = \sqrt{V_{CS}} \quad \dots\dots\dots(36)$$

Figura 21: Representação genérica para caixas de entrada e saída

Onde:

$V_{CE}$  = Volume da Caixa de Entrada;

$P_E$  = Profundidade da Caixa de Entrada;

$L_{CE}$  = Lateral da Caixa de Entrada;

$V_{CS}$  = Volume da Caixa de Saída;

$P_S$  = Profundidade da Caixa de Saída;

$L_{CS}$  = Lateral da Caixa de Saída.

### *Cálculo do Potencial de Produção de Biogás*

O próximo cálculo que o programa deverá fazer, é referente ao potencial mensal de geração de biogás em m<sup>3</sup>, em função do tipo de animal inserido pelo usuário e pela respectiva quantidade de animais. O volume de biogás dependerá diretamente da quantidade de biogás que cada animal consegue produzir em um mês:

$$P_B = (\text{quantidade de animais}) \times (\text{Fator biogás}) \dots\dots\dots(37)$$

### *Cálculo da Viabilidade Econômica*

O cálculo da viabilidade econômica do empreendimento é feito através do levantamento dos custos de implantação, de manutenção e os custos evitados com aplicação de biofertilizante e com consumo de energia elétrica pela propriedade.

Para a análise da Viabilidade Econômica, o *software* se baseará em uma metodologia cuja tomada de decisão será fundamentada nos critérios financeiros de Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Payback descontado.

Para Nogueira (2009), a aprovação do investimento está vinculada ao valor do VPL, que se o mesmo for benéfico e maior que zero, dá indícios de que o investimento deve ser aprovado. O Valor Presente Líquido caracteriza o desfecho econômico atualizado da aplicação, sendo calculado através da equação (37) (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010):

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots [37]$$

Onde,

- Fn = valor do fluxo de caixa de ordem n;
- i = Taxa de atratividade mínima em numeração decimal;
- t = Contador de tempo;
- n = Período de vida útil do investimento.

Em concordância com Casarotto e Kopittke (2007), o período de retorno do capital é o Payback, que é capaz de ser calculado de duas maneiras: Payback simples, onde calcula-se o número de ciclos necessários para reaver a aplicação,

sem levar em consideração a taxa de desconto e o Payback descontado, que determina o número de ciclos necessários para resgatar o dinheiro investido, estimando o valor do capital no tempo e adaptando os fluxos de caixa a um encargo de desconto.

$$PBD = \frac{\ln \frac{U_T}{U_T - (P \times i)}}{\ln (1 + i)} \dots\dots\dots [39]$$

Onde,

- P = investimento inicial no projeto, em R\$;
- i = Taxa de atratividade mínima em numeração decimal;
- Ut = série anualizada do fluxo de caixa, definido pelo balanço entre os custos de manutenção e os custos evitados.

Para esse empreendimento, escolheu-se fixou-se a vida útil do biodigestor em 25 anos e a taxa mínima de atratividade em 10% ao ano.

a) Custo Evitado através do Biofertilizante:

Para calcular o Custo Evitado com a produção de biofertilizante, é realizado fazendo uma estimativa dos nutrientes do biofertilizante e relacionando as quantidades com os valores de fertilizantes minerais industrializados.

Dentre os nutrientes requeridos pelas plantas, são considerados macronutrientes primários, e requeridos em maiores quantidades: nitrogênio (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O) (DIAS, 2012). Nos biofertilizantes gerados em biodigestores, a concentração desses nutrientes é equivalente ao apresentado na tabela 11, conforme Sganzerla (1983) e Machado (2013):

Tabela 08: Relação nutriente/biofertilizante. Fonte: Sganzerla (1983) e Machado (2013).

<b>COMPOSIÇÃO</b>	<b>QUANTIDADE (%)</b>	<b>RELAÇÃO NUTRIENTE/BIOFERTILIZANTE (Kg/L)</b>
Nitrogênio (N)	1,8	0,0047
Fósforo (P)	1,6	0,0018
Potássio (K)	1,0	0,005

Dessa forma, para estimar o potencial anual de nutrientes por litro de biofertilizante, é feito o seguinte cálculo em função do Volume de dejetos diários anualizados.

$$P_{\text{BIO NPK}} = V_D \times (0,0047 + 0,0018 + 0,005) \times 30 \text{ dias} \times 12 \text{ meses}$$

$$P_{\text{BIO NPK}} = 4,14 \times V_D \dots\dots\dots [40]$$

Onde,

$P_{\text{BIO}}$  = Potencial anual de produção de nutrientes (NPK) em Kg;

$V_D$  = Volume diário de dejetos em Litros;

Considerou-se o preço médio de fertilizantes minerais industrializados como sendo de R\$ 4,50/L, sendo estimado então o custo anual evitado através da equação (41):

$$C_{\text{BIO NPK}} = 4,14 \times V_D \times 4,50$$

$$C_{\text{BIO NPK}} = 18,63 \times V_D \dots\dots\dots [41]$$

b) Custo Evitado através do Biogás/eletricidade:

O próximo custo a ser calculado é o custo anual evitado com energia elétrica, sendo estimado com base no potencial de produção de biogás, calculado anteriormente e com base no fator de conversão de biogás para Kwh, que segundo Kohler (2017), como sendo para cada m<sup>3</sup> de biogás energeticamente equivalente a 1,42 Kwh, e a tarifa de compensação mais em conta como sendo média em 0,60 centavos (COPEL, 2017).

Assim, o Custo Anual evitado em energia elétrica é:

$$C_{\text{EN}} = P_B \times 1,42 \times 0,60 \times 12 \text{ meses}$$

c) Custo Aplicado no Investimento Inicial:

O custo do Investimento inicial será feito com base no Volume da Fossa, já calcula anteriormente. A partir disso, considera-se o investimento total como sendo um valor em R\$ por m<sup>3</sup> de volume com base na tabela 12, observando a qual intervalo está o Volume, sendo:

$$C_{\text{INV}} = VF \times \text{Fator Inv.}$$

Tabela 09: Custo do biodigestor por m<sup>3</sup>. Fonte: Autora (2017).

<b>Volume em m<sup>3</sup></b>	<b>Fator Inv. - Valor por m<sup>3</sup></b>
0 < VF < 99	R\$ 1.583,43
100 < VF < 500	R\$ 457,82
501 < VF < 3.000	R\$ 171,57
3.001 < VF < 6.000	R\$ 119,67
6.001 < VF < 20.000	R\$ 99,08
20.001 < VF < 200.000	R\$ 81,32
200.000 < VF	R\$ 73,31

## d) Custo com manutenções periódicas:

Os custos com manutenções periódicas, segundo Kohler (2017), são anualizados já, sendo o equivalente a 5% do investimento:

$$C_{MP} = C_{INV} \times 0,05$$

## e) Custo com manutenções quinquenais:

Os custos com manutenções quinquenais acontecem a cada 5 anos, sendo segundo Kohler (2017), o equivalente a 10% do investimento. O custo de manutenção quinquenal, deve ser anualizado pelo fator de correção 1,3945 determinado por Autora (2017).

$$C_{MQ} = C_{INV} \times 0,10 \times 1,3945$$

## f) Cálculo do PAYBACK

O Payback deverá ser sempre arredondado para cima, e é equivalente a quantos anos serão necessários para se retornar todo o valor investido na implantação do biodigestor. Para o cálculo, são necessários dois cálculos introdutórios, sendo um do valor presente (VP) e outro da série uniforme (U):

$$VP = C_{INV} + C_{MQ}$$

$$U = C_{BIO} + C_{EN} - C_{MP}$$

Sendo então, o PAYBACK Descontado, em anos, calculado por:

$$PBD = \frac{\ln \frac{U}{U - 0,1VP}}{\ln 1,1}$$

### *Tela de resultados*

O programa irá apresentar os resultados em 3 telas diferentes, uma contendo uma imagem genérica com a nomenclatura adotada para as dimensões estimadas, uma tela com informações técnicas do dimensionamento e uma tela final com informações econômicas e de contato (Figura 21).



Figura 22: Menus do programa computacional. Fonte: Autora (2017).

A estimativa técnica apresentará os valores para os respectivos itens:

- Dimensões da Fossa do biodigestor;
- Volume;
- Área de lonas;
- Área ocupada pelo biodigestor;
- Área ocupada pela casa de máquinas;
- Grupo moto geradores;
- Volume mensal de biogás;
- Dimensões das caixas de entrada e saída.

Enquanto a estimativa econômica apresentará em sua tela:

- Investimento Inicial;
- Manutenção anual periódica;
- Manutenção quinquenal;
- Custo Evitado – Biofertilizante;
- Custo Evitado – Energia Elétrica;
- Payback;
- Se a conta mensal de energia elétrica será quitada com o empreendimento.

Além disso, a tela final apresenta um quando de Orientação ao usuário que traz o seguinte texto escrito por Autora (2017):

“Todos os dados apresentados aqui são estimativas. Para obter mais informações sobre o dimensionamento técnico e econômico, nos consulte enviando um e-mail para [contatobiodim@gmail.com](mailto:contatobiodim@gmail.com).”

### 3.2. PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

Para o desenvolvimento do programa computacional foi utilizado um computador, as metodologias que envolvem a tecnologia de biodigestor e a linguagem de programação Java, que apresenta robustez e versatilidade, tem a possibilidade de ser executada em qualquer sistema operacional (deve conter a máquina virtual Java instalada) (GOSLING *et al.*, 2000).

Além disso, a linguagem Java possibilita duas formas básicas de aplicação: formato *applets* e formato *applications*. A programação de ambos os formatos possui os mesmos conceitos de linguagem, mas têm características diferenciadas. A diferença fundamental e que mais os distingue é o fato de que *applets* rodam somente em um *web browser*, tornando-os um formato direcionado para o ambiente *Internet/Intranet*. Já o formato *applications*, consiste em programas escritos para operar diretamente em computadores, como um programa realmente (INDRUSIAK, 1996).

O *software* foi construído em um sistema operacional Windows 8, com Java SE 1.8 e, *Eclipse IDE for Java Developers* (versão Neon). O código fonte encontra-se no Anexo I ao final desse trabalho.

As tabelas consideradas para o dimensionamento técnico, e demais simulações encontram-se no Anexo II ao final desse trabalho.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O *software* foi testado, permitindo a análise de seu funcionamento através de simulações. Ao abrir o arquivo executável, abre uma tela inicial, com os campos ainda em branco, com as abas de resultados indisponíveis e com o botão “**sobre**” contendo um texto informativo (Figuras 22 e 23).

Figura 23: Tela da entrada de dados. Fonte: Autora (2017)



Figura 24: Tela com informações sobre o programa. Fonte: Autora (2017)

Foi feita uma simulação no programa, onde foi considerada uma propriedade hipotética com 50 unidades tipo bovino, 25 unidades tipo Bovinos em lactação e 25 unidades tipo Bezerros. Para o consumo, os dados inseridos dos últimos 3 meses foram 650, 750 e 600, em R\$ (Figura 24). Após inserir os dados na tela “entrada de dados”, o usuário clica no botão “calcular” e o programa então redireciona-o automaticamente para a tela “dimensionamento” (Figura 25).

Animais		Consumo (R\$)	
<input type="checkbox"/> Aves		Mês 1	650
<input type="checkbox"/> Caprinos		Mês 2	750
<input checked="" type="checkbox"/> Bovinos	50	Mês 3	600
<input type="checkbox"/> Equinos		<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpar"/>	
<input type="checkbox"/> Suínos machos (cachaço)			
<input type="checkbox"/> Suínos fêmeas em lactação + leitões			
<input type="checkbox"/> Leitões na creche			
<input checked="" type="checkbox"/> Bovinos em lactação	25		
<input checked="" type="checkbox"/> Bezerros	25		
<input type="checkbox"/> Bois de corte			

Figura 25: Simulação de entrada de dados. Fonte: Autora (2017)

Dimensões da fossa / Informações técnicas		Caixa de entrada	
Volume:	78,00 m	Volume:	3,12 m <sup>3</sup>
h (altura):	1,50 m	Altura:	1,00 m
a (base maior):	3,48 m	Base:	1,77 m
b (base menor):	2,39 m	<b>Caixa de saída</b> Volume: 9,36 m <sup>3</sup> Altura: 1,00 m Base: 3,06 m	
L (comprimento):	17,41 m		
Lona (impermeabilização):	156,10 m <sup>2</sup>		
Lona (vedação):	38,00 m <sup>2</sup>		
Área - biodigestor:	82,53 m <sup>2</sup>		
Área - casa de máquinas:	18,00 m <sup>2</sup>		
Conjunto moto gerador:	5KVA		
Volume de biogás (mensal):	1927,50 m <sup>3</sup>		

Figura 26: Simulação de dimensionamento. Fonte: Autora (2017)

A tela de dimensionamento apresenta as dimensões da fossa, dimensões da caixa de entrada, da caixa de saída e outras informações técnicas como a área a ser ocupada pelo biodigestor e pela casa de máquinas, o conjunto moto gerador requerido e o potencial de produção mensal de biogás. Após esse passo, o usuário passa a ter disponível para verificação as demais abas. A tela “Fossa” onde é possível verificar a indicação da nomenclatura utilizada para as dimensões apresentadas na tela de dimensionamento (Figuras 26 e 27).

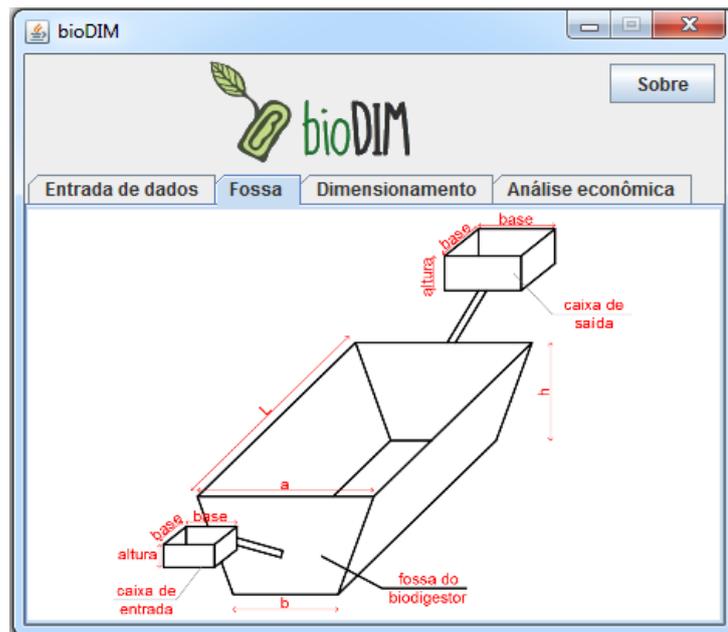


Figura 27: Simulação de dimensionamento. Fonte: Autora (2017)

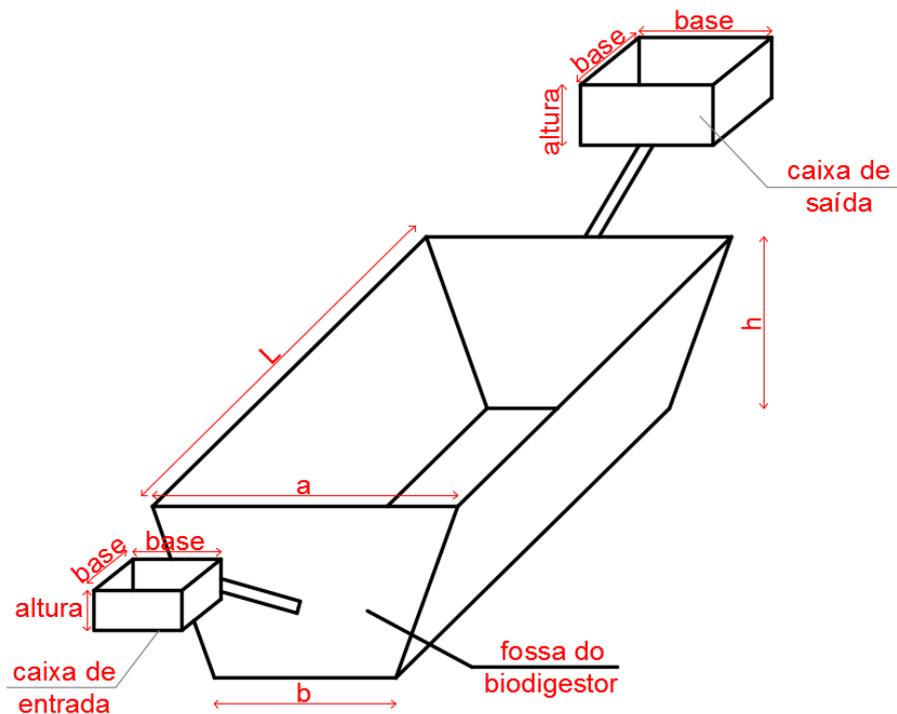


Figura 28: Simulação de dimensionamento. Fonte: Autora (2017)

Na tela de avaliação econômica, é possível ao usuário observar os valores de uma estimativa econômica, onde são apresentados o Investimento inicial, custos com manutenção periódica e quinquenal, os chamados custos evitados com a produção de biofertilizante e com a geração de energia elétrica e o Payback (tempo de retorno do investimento) em anos. Além disso, é informado também ao usuário se a conta de energia mensal da propriedade será quitada com a implantação do biodigestor e qual o valor residual que poderá ser negociado em compensação junto a concessionária de energia local (Figura 28).

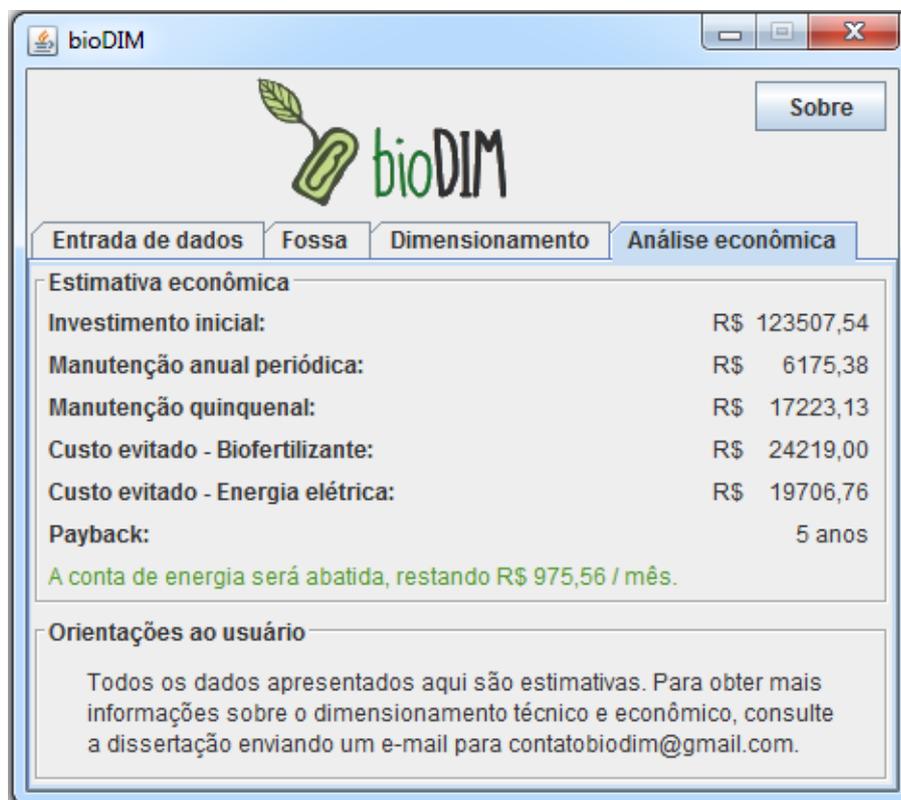


Figura 29: Simulação de dimensionamento. Fonte: Autora (2017)

Outro detalhe apresentado nessa tela final, é a orientação ao usuário, disponibilizando a dissertação e um meio de contato em caso de dúvidas referentes ao dimensionamento (Figura 28).

## 5. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou o potencial que a tecnologia da biodigestão possui e a importância de sua difusão. A implantação de um sistema de biodigestão deve ser estudada com cautela para evitar prejuízos e problemas, que podem levar a quem investiu a uma concepção errônea sobre a viabilidade e as vantagens econômicas e ambientais de biodigestores.

Nesse trabalho, foi proposta uma metodologia de dimensionamento técnico para biodigestores modelo tubular, evidenciando as inúmeras variáveis envolvidas que tornam o processo demorado se feito manualmente. Dessa forma, entende-se que a construção o *software* irá ajudar tanto interessados em fazer a implantação de um biodigestor, quanto alunos, professores e profissionais da área.

Devido a quantidade de variáveis envolvidas, algumas carecem de mais fundamentação não em âmbito acadêmico ou laboratorial, mas sim em campo. A sugestão para trabalhos futuros, é buscar analisar a relação entre a volume da fossa do biodigestor e uma altura ótima e a relação entre o custo estimado por m<sup>3</sup> buscando equacionar uma regressão linear com alta confiabilidade.

Apesar do resultado satisfatório do desempenho apresentado pelo programa durante as simulações de dimensionamento, é importante ressaltar que existem limitações, que ocorrem devido a especificidade de cada situação a ser estudada antes do dimensionamento, onde por exemplo, o programa não leva em conta a variação de temperatura, a granulometria do dejetos, características essas que são diferentes de acordo com cada situação.

Dessa forma, ressalta-se que apesar de o programa facilitar o processo de cálculo, acompanhamento de um profissional é fundamental antes que qualquer tomada de decisão baseada apenas em resultados do dimensionamento feito pelo programa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJUM, A. **Biomass: Energy and Environmental Concerns in Developing Country**. I Research Journal of Environment Sciences, Bhopal/India, v. 1, n. 1, p.54-57, Ago. 2012. Disponível em: < <http://www.isca.in/IJENS/Archive/v1/i1/10.ISCA-IRJEvsS-2012-001.pdf> >. Acesso em: 06 mai. 2016.

BALMANT, Wellington. **Concepção, construção e operação de um biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais - PIPE. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

BASSAM, N. Handbook of Bioenergy Crops: **A Complete Reference to Species, Development and Applications**. Earthscan: The United Kingdom, 2010. Disponível em: <<https://nishat2013.files.wordpress.com/2013/11/handbook-of-bioenergy-crops.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

BEN, Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014 / **Empresa de Pesquisa Energética**. – Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2016.

KOHLER, P., Biodigestor. Apresentação Biokohler – Biodigestores. **Show rural Coopavel**. Cascavel, 2017.

BOND, W. E., Biodigestor. Apresentação BGS – Equipamentos para biodigestores. **XIX Seminário nordestino de Agropecuária**. Fortaleza, 2015.

BOND, W. E., Biodigestor. Apresentação BGS – Equipamentos para biodigestores. **XIX Seminário nordestino de Agropecuária**. Fortaleza, 2015.

BOTERO, R. Biodigestor: **Comentarios sobre las dimensiones de la campana y la fosa [mensagem pessoal]**. Mensagem recebida por <deyvidribeiro@gmail.com> em 08 de ago. 2008 *apud* RIBEIRO, D. S. Determinação das dimensões de um biodigestor em função da proporção gás/fase líquida. **Holos**, Rio Grande do Norte, v.1, n.27, p.49-56, 2011.

CASAROTTO FILHO N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 468 p.

CATAPAN, A.; SOUZA, A.; CATAPAN, D.C.; HARZER, J. H.; **Utilização de Biodigestores Para Geração de Energia Elétrica a Partir de Dejetos de Suínos e Equinos: Uma Análise da Viabilidade Financeira Com o Uso da Simulação de Monte Carlo**. XX Congresso Brasileiro de Custos – Uberlândia, MG, Brasil, 18 a 20 de novembro de 2013.

CERVI, R. G., **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia: estudo de caso em unidade biointegrada**. Ciências Agronômicas UNESP, Mestrado em Energia na Agricultura, Botucatu, 2009.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais.** Dissertação. 2006. (Mestrado em Engenharia Agrícola / Engenharia de Sistemas Agroindustriais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

COMITRE, V. **A questão energética e o padrão tecnológico da agricultura brasileira.** Informações Econômicas, São Paulo, v.25, n.12, dez. 1995. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/tec2-1295.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia. **Taxas e Tarifas.** 2016. Disponível em: <http://www.copel.com>. Acesso em: 10 fev. 2017.

CORRÊA, J. C.; BENITES, V. M.; REBELLATTO, A.; **O uso dos resíduos animais como fertilizantes.** II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – Foz do Iguaçu, PR, mar. 2011.

COSTA, R. C. PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado.** BNDES Setorial, n. 21, p. 5-30, Rio de Janeiro, mar. 2005. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2102.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2102.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2016.

DEGANUTTI, R.P. *et al.* **Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada.** Departamento de Arquitetura, Artes e Representações Gráficas, UNESP: Bauru, 2002.

DIAS, J. **Nutrientes: Do que as plantas precisam?** Unifertil Universal de Fertilizantes S.A. 002/ Ano 02. Gravataí, RS. Out, 2012. Disponível em: <http://www.unifertil.com.br/> Acesso em 12 jan.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Inventário Energético de Resíduos Rurais.** Ministério de Minas e Energia. Brasil, 2015.

FEIDEN, A.; **Dimensionamento de Biodigestores: Projeto Básico.** Tecnologia de Biodigestores Rurais. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura. Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2016.

FEIDEN, A.; **Uso estacionário do biogás — geração de potência mecânica, eletricidade, calor e frio.** Tecnologia de Biodigestores Rurais. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura. Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2016.

FEIDEN, A.; REICHL, J.; SCHWAB, J.; SCHWAB, V. **Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na produção de biogás a partir de águas residuárias de suinocultura.** Cascavel – PR, 2004. Acesso em 28 jan. Disponível em: [www.proceedings.scielo.br/](http://www.proceedings.scielo.br/)

FERNANDES, D. M. **Biomassa e Biogás da Suinocultura.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura. Cascavel, 2012.

GASPAR, R. M. B. L.; **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na**

**região de Toledo-PR.** Universidade federal de Santa Catarina. Programa de pós-graduação em engenharia de produção e sistemas. Florianópolis, 2003.

GERSCOVICH, D. M. S. **Apostila Estabilidade de Taludes.** Faculdade de Engenharia/UERJ. Departamento de Estruturas e Fundações. Rio de Janeiro, 2009.

GOSLING, J.J.; STEELE, B.; BRACHA, G. **Java language specification**, Second Edition: The Java Series. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Boston, MA, USA, ISBN:0201310082, 2000.

INDRUSIAK, L. S., **Linguagem Java.** Grupo Java JUG Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.

KUCZMAN, O. **Tratamento anaeróbio de efluente de fecularia em reator horizontal de uma fase.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola. Cascavel, PR, 2007.

KUCZMAN, O. Comentários sobre projeto de um biodigestor para tratamento anaeróbio de efluente de fecularia. **Informação verbal.** Cascavel, PR, 2017.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. de. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

LIMA, H. Q. **Avaliação dos modelos Hashimoto e AMS-III.D para produção de metano com dejetos de suínos.** 2011. 148 f. Dissertação. Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LINDEMEYER, R. M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica.** 2008. Trabalho de conclusão de estágio – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

LINHARES, A. C. S. **Análise da presença de um enfoque ambientalista em uma escola /faculdade de tecnologia na cidade de Curitiba. Um estudo de caso baseado na ISO 14001.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008.

LONGO, E. S., **Faculdade união das américas curso de engenharia ambiental estudo da viabilidade econômica na geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente da suinocultura comunidade da linha Aparecidinha, santa helena – PR.** Faculdade união das américas. Foz do Iguaçu – PR, nov. 2007.

MACEDO, F. J., **dimensionamento de biodigestores para tratamento de dejetos da produção suína.** Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. FLORIANÓPOLIS – SC, jul. 2013.

MACHADO, G. B., Fertilizantes. **Portal resíduos sólidos.** Offenbach, Alemanha, 2013. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/> Acesso em: 10 fev.

MARTINE, G. A trajetória da modernização agrícola: A quem beneficia? In: **Lua Nova.** São Paulo, n.23, p.7-37, mar. 1991. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ln/n23/a03n23.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

MORAIS, M. A.; **Estudo experimental e avaliação econômica da operação de biodigestores tubulares para a produção de biogás a partir de resíduos da suinocultura.** Universidade federal de Itajubá. Programa de pós-graduação em engenharia de energia. Itajubá, dez.2012.

MOREIRA, T. S.; CARVALHO, R. F.; CASSIANO, E. C.; VAZQUEZ, D.C. Z.; NOGUEIRA, R. G. S.; PAUCAR, L. C.; JUNIOR, F. P.; RODRIGUES, P. H. M.; **Utilização de biodigestores como alternativa para o tratamento de dejetos oriundos da produção animal.** Pós-graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal - FMVZ/USP. Pirassununga – SP, 2014.

NASCIMENTO, M. A. R.; LORA, E. E. S. **Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 631 p.

NETO, A.M.; **Desenvolvimento nas Ciências Sociais: o Estado das Artes.** Ipea, 170 p.: il gráfs. Brasília, 2014.

NETO, M. S. A.; **Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator anaeróbio compartimentado seguido de reator UASB.** Universidade estadual paulista faculdade de ciências agrárias e veterinárias. Jaboticabal – SP, 2007.

NISHIMURA, R. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: Implementação de aplicativo computacional.** 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado – Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Energia) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. Acesso em: 05 fev. Disponível em: <http://repositorio.cbc.ufms.br/>

NOGUEIRA, E. **Análise de Investimentos.** Gestão Agroindustrial: GEPAL: grupo de estudos e pesquisas agroindustriais. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

OLIVEIRA, Paulo Armando; HIGARASHI, Martha. **Geração e utilização do biogás em unidades de produção de suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. PNMA II – Programa Nacional do Meio Ambiente, 2006. 41 p

OLIVEIRA, L. R. P. **Biodigestor.** In: VII Simpósio Goiano de Avicultura e II Simpósio Goiano de Suinocultura – Avesui Centro-Oeste, 2005. Goiânia/GO, 2005. p. 4-8.

ORTOLANI, A.F.; BENINCASA, M.; JUNIOR, J.L. **Biodigestores Convencionais?** Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 1991. 25 p.

PEREIRA, G.; **Viabilidade econômica da instalação de um biodigestor em propriedades rurais.** Universidade regional do noroeste do estado do rio Grande do Sul – Unijuí. Ijuí, 2009.

PORTES, Z. A. **Aplicativo computacional para projetos de biodigestores rurais.** Universidade estadual paulista Júlio de mesquita filho. Botucatu, ago. 2005. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

RIBEIRO, D. S. Determinação das dimensões de um biodigestor em função da proporção gás/fase líquida. **Holos**, Rio Grande do Norte, v.1, n.27, p.49-56, 2011. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/269>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

RIBEIRO, D. Biodigestor: **Maximización del volumen**. Universidade EARTH, Guácimo. 2004. 13 p.

RICARDO, C. M.; **Avaliação econômica de biodigestor de fluxo tubular, com sistema de recirculação, no tratamento de dejetos de suínos**. Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG, 2012.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p.27-38, 2007. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10204/11798>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

SGANZERLA, E. **Biodigestor, uma solução**. Porto Alegre, RS, 1983.

SIDNEY, L. H. F.; CASTRO, J. O.; YANAGI, T. J.; TEIXEIRA, V. H.; JULIO, Y. F. H. **Utilização das heurísticas de Nielsen para desenvolvimento de um software para auxílio ao dimensionamento de biodigestores**. Engenharia na agricultura, viçosa - mg, V.20 N.4, jul. 2012.

SILVA, F. P. **Eficiência energética de uma unidade de micro geração de energia elétrica a partir do biogás da suinocultura**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura. Cascavel, 2015. 60 p.

SILVA, C. E. **Tratamento de Resíduos e Impactos Ambientais**. Notas de Aula. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal de Santa Maria. [ S. D.]. Acesso em: 29 jan. Disponível em: <http://jararaca.ufsm.br/>

SOUZA, S. N. M.; SORDI, A., OLIVA, C. A. **Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná**. In: Encontro de energia no meio rural, abr., 2002, Campinas. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0052.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

SOUZA, J.; ROSSINI, E. G.; SCHAEFFER, L. **Ferramentas computacionais para projetos de biodigestores**. Agrener GD, 2013.

TORRES, G. A.; TARIFA, L. R. M.; **Aproveitamento de Resíduos Agrícolas**. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, fev. 2012. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico> ==>. Acesso em: 24 abr. 2016.

VICHI, F. M. MANSOR, M. T. C. **Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial**. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a19v32n3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 211p. il.

ZANETTE, André Luiz. **Potencial de Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.**

## ANEXOS

## ANEXO I

### Código fonte:

```

package biodim;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;
import java.io.InputStreamReader;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

public class Database {

    public int total;
    public List<String> animal = new ArrayList<String>();
    public List<Double> dejetoAgua = new ArrayList<Double>();
    public List<Double> tempoRetencao = new
ArrayList<Double>();
    public List<Double> dejetosDia = new ArrayList<Double>();
    public List<Double> potencial = new ArrayList<Double>();

    public static Database carregarDados(String path) {
        Database database = new Database();
        InputStream stream =
Database.class.getResourceAsStream(path);
        InputStreamReader streamReader = new
InputStreamReader(stream);
        BufferedReader reader = new
BufferedReader(streamReader);
        int i = 0;
        try {
            String nextLine = reader.readLine();
            while (nextLine != null) {
                String[] parametros = nextLine.split(";");
                if (parametros.length != 5) continue;
                database.animal.add(parametros[0]);

                database.dejetoAgua.add(Double.parseDouble(parametros[1]))
;

                database.tempoRetencao.add(Double.parseDouble(parametros[2]
));

                database.dejetosDia.add(Double.parseDouble(parametros[3]))
;

                database.potencial.add(Double.parseDouble(parametros[4]));
                nextLine = reader.readLine();
                i++;
            }
        }
    }
}

```

```

        database.total = i;
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return database;
}

}

package biodim;

import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.Image;
import java.awt.Insets;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.io.IOException;

import javax.imageio.ImageIO;
import javax.swing.ImageIcon;
import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JDialog;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JTabbedPane;
import javax.swing.WindowConstants;

import biodim.calc.Dimensionamento;
import biodim.ui.TelaAnálise;
import biodim.ui.TelaFossa;
import biodim.ui.TelaInicial;
import biodim.ui.TelaImagem;
import biodim.ui.TelaSobre;

public class BioDim implements ActionListener {

    private Database database =
Database.carregarDados("/database.csv");
    private JTabbedPane tabbedPane = new JTabbedPane();
    private JFrame frame = new JFrame("bioDIM");
    private TelaInicial telaInicial = new
TelaInicial(database, this);

    private final String titulo1 = "Entrada de dados";
    private final String titulo2 = "Fossa";
    private final String titulo3 = "Dimensionamento";
    private final String titulo4 = "Análise econômica";

    public static void main(String[] args) {

```

```

        new BioDim();
    }

    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        String cmd = e.getActionCommand();
        if (cmd == "SOBRE")        mostrarTelaSobre();
        if (cmd == "CALCULAR")    calcular();
        if (cmd == "LIMPAR")     telaInicial.limpar();
    }

    public BioDim() {

        JLabel logo = new JLabel();
        try {
            Image image =
ImageIO.read(BioDim.class.getResource("/logo_entrada.png"));
            logo.setIcon(new ImageIcon(image));
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        JButton botaoSobre = new JButton("Sobre");
        botaoSobre.setActionCommand("SOBRE");
        botaoSobre.addActionListener(this);
        tabbedPane.addTab(titulo1, telaInicial);
        tabbedPane.addTab(titulo2, new TelaImagem());
        tabbedPane.addTab(titulo3, null);
        tabbedPane.addTab(titulo4, null);
        tabbedPane.setEnabledAt(1, false);
        tabbedPane.setEnabledAt(2, false);
        tabbedPane.setEnabledAt(3, false);

        GridBagConstraints gbcLogo = new
GridBagConstraints();
        gbcLogo.insets = new Insets(3, 3, 3, 3);
        gbcLogo.gridx = 0;
        gbcLogo.gridy = 0;
        gbcLogo.weightx = 1.0;

        GridBagConstraints gbcBotoes = new
GridBagConstraints();
        gbcBotoes.insets = new Insets(6, 6, 6, 6);
        gbcBotoes.gridx = 1;
        gbcBotoes.gridy = 0;
        gbcBotoes.anchor = GridBagConstraints.NORTH;

        GridBagConstraints gbcTabbedPane = new
GridBagConstraints();
        gbcTabbedPane.gridx = 0;
        gbcTabbedPane.gridy = 1;
        gbcTabbedPane.gridwidth = 2;
    }

```

```

        JPanel contentPane = new JPanel(new GridBagLayout());
        contentPane.add(logo, gbcLogo);
        contentPane.add(botaoSobre, gbcBotoes);
        contentPane.add(tabbedPane, gbcTabbedPane);

        frame.setContentPane(contentPane);
        frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        frame.setResizable(false);
        frame.pack();
        frame.setLocationRelativeTo(null);
        frame.setVisible(true);

        System.out.println(telaInicial.getWidth() + ", " +
        telaInicial.getHeight());
    }

    private void mostrarTelaSobre() {
        JDialog dialog = new JDialog(frame, "Sobre");
        dialog.setModal(true);
        dialog.add(new TelaSobre());

        dialog.setDefaultCloseOperation(WindowConstants.DISPOSE_ON
        _CLOSE);
        dialog.pack();
        dialog.setResizable(false);
        dialog.setLocationRelativeTo(null);
        dialog.setVisible(true);
    }

    private void calcular() {
        int[] quantAnimais = telaInicial.entradaAnimais();
        if (quantAnimais != null) {
            double[] consumo = telaInicial.entradaConsumo();
            Dimensionamento resultados = new
            Dimensionamento(quantAnimais, consumo, database);
            tabbedPane.setEnabledAt(1, true);
            tabbedPane.removeTabAt(3);
            tabbedPane.removeTabAt(2);
            tabbedPane.insertTab(titulo3, null, new
            TelaFossa(resultados), null, 2);
            tabbedPane.insertTab(titulo4, null, new
            TelaAnálise(resultados), null, 3);
            tabbedPane.setSelectedIndex(2);
        }
    }
}

package biodim.calc;

```

```

import java.awt.Color;

import biodim.Database;

public class Dimensionamento {

    public double custoInvestimento, custoManutPeriod,
custoManutQuin;
    public double custoBiofertAnual, custoEletricAnual;
    public int payback;

    public double volFossa, h, a, b, l;
    public double volCEntrada, volCSaida, ladoCEntrada,
ladoCSaida;
    public double lImperme, lVedacao;

    public double areaBiodig, areaMaq, potencialBiogas;
    public String gerador, abatimento;
    public Color corTextoAbatimento;

    public Dimensionamento(int[] quantAnimais, double[]
consumo, Database database) {

        // Volume de dejetos e água por animal (litros) +
potencial biogás
        double volDejetos = 0;
        double volCargaDia = 0;
        volFossa = 0;
        potencialBiogas = 0;
        for (int i = 0; i < database.total; i++) {
            double dejetos = quantAnimais[i] *
database.dejetosDia.get(i);
            double agua = dejetos *
database.dejetoAgua.get(i);
            volDejetos += dejetos;
            volCargaDia += dejetos + agua;
            volFossa += (dejetos + agua) *
database.tempoRetencao.get(i);
            potencialBiogas += quantAnimais[i] *
database.potencial.get(i);
        }

        // Volume total da fossa (conversão para m3)
        volFossa /= 1000.0;

        // Dimensões da fossa - Altura (m)
        h = 1.5;
        if (volFossa > 100 && volFossa <= 500) h = 2.5;
        if (volFossa > 500 && volFossa <= 2000) h = 3.5;
        if (volFossa > 2000) h = 4.5;
    }
}

```

```

// Dimensões da fossa - Base inferior (m)
double h2 = Math.pow(h, 2);
double h3 = Math.pow(h, 3);
b = (Math.sqrt(29.8 * h2 - 26.49 * h3 + 20 * volFossa
* h) - 5.459 * h2) / (10 * h);

// Dimensões da fossa - Base superior (m)
a = 0.7279 * h + b;

// Dimensões da fossa - Comprimento (m)
l = 3.6395 * h + 5 * b;

// Lonas de impermeabilização e vedação
lImperme = l * b + 2 * l * h + 2 * l + 4 * h + 2 * a
* h + 2 * a + 4;
lVedacao = (a + 1) * (b + 1) * 2.5;

// Caixas de entrada / saída - Volume (m3)
volCEntrada = volCargaDia * 1.2 / 1000.0;
volCSaida = volCEntrada * 3;

// Caixas de entrada / saída - Lado (m)
ladoCEntrada = Math.sqrt(volCEntrada);
ladoCSaida = Math.sqrt(volCSaida);

// Custo evitado - Biofertilizante
double precoLitro = 4.5;
double fatorNPK = 0.0115;
custoBiofertAnual = volDejetos * fatorNPK *
precoLitro * 30 * 12;

// Custo evitado - Biogás
double fatorConversao = 1.42;
double tarifaReais = 0.60;
custoEletricAnual = potencialBiogas * fatorConversao
* tarifaReais * 12;

// Custo aplicado - Investimento inicial
double fatorInv = 1583.43;
if (volFossa > 100 && volFossa <= 500)      fatorInv
= 457.82;
if (volFossa > 500 && volFossa <= 3000)    fatorInv
= 171.57;
if (volFossa > 3000 && volFossa <= 6000)    fatorInv
= 119.67;
if (volFossa > 6000 && volFossa <= 20000)   fatorInv
= 99.08;
if (volFossa > 20000 && volFossa <= 200000) fatorInv
= 81.32;
if (volFossa > 200000)
fatorInv = 73.31;

```

```

custoInvestimento = fatorInv * volFossa;

// Custo com manutenções periódicas / quinquenais
custoManutPeriod = 0.05 * custoInvestimento;
custoManutQuin = 0.1 * 1.3945 * custoInvestimento;

// Payback
double p = custoInvestimento + custoManutQuin;
double u = custoBiofertAnual + custoEletricAnual -
custoManutPeriod;
double pbd = Math.log(u / (u - 0.1 * p)) /
Math.log(1.1);
payback = (int) Math.ceil(pbd);

// Abatimento da conta de energia elétrica
double mediaConsumoMensal = 0;
for (int i = 0; i < consumo.length; i++) {
    mediaConsumoMensal += consumo[i];
}
mediaConsumoMensal = (double) (mediaConsumoMensal /
consumo.length);
double x = custoEletricAnual / 12.0 -
mediaConsumoMensal;
if (mediaConsumoMensal == 0) {
    abatimento = "Não foi possível verificar o
abatimento da conta de energia.";
    corTextoAbatimento = Color.getHSBColor(0.014f,
0.9f, 0.8f);
} else {
    boolean abateConsumo = (x > 0);
    if (!abateConsumo) {
        abatimento = "A conta mensal de energia da
propriedade não será abatida.";
        corTextoAbatimento =
Color.getHSBColor(0.14f, 1.0f, 0.6f);
    } else {
        abatimento = String.format("A conta de
energia será abatida, restando R$ %.2f / mês.", x);
        corTextoAbatimento =
Color.getHSBColor(0.28f, 0.7f, 0.6f);
    }
}

// Áreas
areaBiodig = (a + 1.0) * (1 + 1.0);
areaMaq = 18.0;

// Grupo moto geradores
double volume = potencialBiogas;
int grupo = 5;
if (volume > 2112 && volume <= 3168)    grupo = 8;

```

```

        if (volume > 3168 && volume <= 4224)      grupo = 10;
        if (volume > 4224 && volume <= 6336)      grupo = 15;
        if (volume > 6336 && volume <= 8448)      grupo = 20;
        if (volume > 8448 && volume <= 10560)     grupo = 25;
        if (volume > 10560 && volume <= 16320)    grupo = 40;
        if (volume > 16320 && volume <= 21120)    grupo = 50;
        if (volume > 21120 && volume <= 31680)    grupo = 75;
        if (volume > 31680 && volume <= 38400)    grupo = 90;
        if (volume > 38400 && volume <= 42240)    grupo = 100;
        if (volume > 42240 && volume <= 52800)    grupo = 125;
        if (volume > 52800 && volume <= 633608)   grupo = 150;
        gerador = String.format("%dKVA", grupo);
    }

}

package biodim.ui;

import java.awt.Color;
import java.awt.Font;
import java.awt.Image;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;
import java.io.InputStreamReader;

import javax.imageio.ImageIO;
import javax.swing.ImageIcon;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JTextArea;

import biodim.Database;

public class TelaSobre extends JPanel {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    public TelaSobre() {

        JLabel logo = new JLabel();
        JTextArea texto = new JTextArea();
        texto.setEditable(false);
        Font fonte = texto.getFont();
        texto.setFont(fonte.deriveFont(fonte.getSize() -
2.0f));
        InputStream stream =
Database.class.getResourceAsStream("/texto_sobre.txt");
        InputStreamReader streamReader = new
InputStreamReader(stream);

```

```

        BufferedReader reader = new
BufferedReader(streamReader);

        try {
            Image image =
ImageIO.read(TelaSobre.class.getResource("/logo_sobre.png"));
            logo.setIcon(new ImageIcon(image));
            String nextLine = reader.readLine();
            while (nextLine != null) {
                texto.append("\n" + nextLine);
                nextLine = reader.readLine();
            }
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        setBackground(Color.WHITE);
        add(logo);
        add(texto);

    }

}

package biodim.ui;

import java.awt.Color;
import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.GridLayout;
import java.awt.Insets;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.awt.event.ItemEvent;
import java.awt.event.ItemListener;

import javax.swing.BorderFactory;
import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JCheckBox;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JTextArea;
import javax.swing.JTextField;
import javax.swing.SwingConstants;
import javax.swing.border.Border;

import biodim.Database;

public class TelaInicial extends JPanel implements
ItemListener {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

```

```

private JCheckBox[] checkBoxes = new JCheckBox[10];
private JTextField[] quantAnimais = new JTextField[10];
private JTextField[] consumoMensal = new JTextField[3];
private JTextArea console = new JTextArea();

public TelaInicial(Database database, ActionListener
actionListener) {

    JPanel panelAnimais = new JPanel(new
GridBagLayout());
    JPanel panelConsumo = new JPanel(new
GridBagLayout());

    for (int i = 0; i < database.total; i++) {

        checkBoxes[i] = new
JCheckBox(database.animal.get(i), false);
        checkBoxes[i].addItemListener(this);
        quantAnimais[i] = new JTextField(5);
        quantAnimais[i].setEnabled(false);

        quantAnimais[i].setHorizontalAlignment(SwingConstants.RIGH
T);

        GridBagConstraints gbcCheckBox = new
GridBagConstraints();
        gbcCheckBox.insets = new Insets(0, 3, 0, 3);
        gbcCheckBox.gridx = 0;
        gbcCheckBox.gridy = i;
        gbcCheckBox.anchor = GridBagConstraints.WEST;

        GridBagConstraints gbcTextField = new
GridBagConstraints();
        gbcTextField.insets = new Insets(0, 3, 0, 3);
        gbcTextField.gridx = 1;
        gbcTextField.gridy = i;

        panelAnimais.add(checkBoxes[i], gbcCheckBox);
        panelAnimais.add(quantAnimais[i], gbcTextField);

    }

    for (int i = 0; i < consumoMensal.length; i++) {

        JLabel label = new JLabel("Mês " + (i + 1));
        consumoMensal[i] = new JTextField(5);

        consumoMensal[i].setHorizontalAlignment(SwingConstants.RIG
HT);

```

```

        GridBagConstraints gbcLabel = new
GridBagConstraints();
        gbcLabel.insets = new Insets(3, 3, 3, 3);
        gbcLabel.gridx = 0;
        gbcLabel.gridy = i;

        GridBagConstraints gbcTextField = new
GridBagConstraints();
        gbcTextField.insets = new Insets(3, 3, 3, 3);
        gbcTextField.gridx = 1;
        gbcTextField.gridy = i;

        panelConsumo.add(label, gbcLabel);
        panelConsumo.add(consumoMensal[i],
gbcTextField);

    }

    Border border = BorderFactory.createEtchedBorder();

    panelAnimais.setBorder(BorderFactory.createTitledBorder(border, "Animais"));

    panelConsumo.setBorder(BorderFactory.createTitledBorder(border, "Consumo (R$)"));

    panelAnimais.setToolTipText("Quantidade de animais");
    panelConsumo.setToolTipText("Consumo mensal de
energia elétrica");

    JButton botaoCalcular = new JButton("Calcular");
    botaoCalcular.setActionCommand("CALCULAR");
    botaoCalcular.addActionListener(actionListener);

    JButton botaoLimpar = new JButton("Limpar");
    botaoLimpar.setActionCommand("LIMPAR");
    botaoLimpar.addActionListener(actionListener);

    GridLayout layout = new GridLayout(2, 1);
    layout.setVgap(3);
    JPanel panelBotoes = new JPanel(layout);
    panelBotoes.add(botaoCalcular);
    panelBotoes.add(botaoLimpar);

    console.setBackground(getBackground());
    console.setForeground(Color.RED);

    GridBagConstraints gbcAnimais = new
GridBagConstraints();
    gbcAnimais.insets = new Insets(3, 3, 3, 3);
    gbcAnimais.gridx = 0;

```

```

        gbcAnimais.gridy = 0;
        gbcAnimais.gridheight = 3;

        GridBagConstraints gbcConsumo = new
GridBagConstraints();
        gbcConsumo.insets = new Insets(3, 3, 3, 3);
        gbcConsumo.gridx = 1;
        gbcConsumo.gridy = 0;
        gbcConsumo.anchor = GridBagConstraints.NORTH;

        GridBagConstraints gbcBotoes = new
GridBagConstraints();
        gbcBotoes.insets = new Insets(3, 3, 3, 3);
        gbcBotoes.gridx = 1;
        gbcBotoes.gridy = 1;
        gbcBotoes.anchor = GridBagConstraints.NORTH;

        GridBagConstraints gbcConsole = new
GridBagConstraints();
        gbcConsole.insets = new Insets(3, 3, 3, 3);
        gbcConsole.gridx = 1;
        gbcConsole.gridy = 2;

        setLayout(new GridBagLayout());
        add(panelAnimais, gbcAnimais);
        add(panelConsumo, gbcConsumo);
        add(panelBotoes, gbcBotoes);
        add(console, gbcConsole);

    }

    @Override
    public void itemStateChanged(ItemEvent e) {
        for (int i = 0; i < checkBoxes.length; i++) {
            boolean boxSelecionado =
checkBoxes[i].isSelected();
            quantAnimais[i].setEnabled(boxSelecionado);
            if (!boxSelecionado)
quantAnimais[i].setText(null);
        }
    }

    public void limpar() {
        for (int i = 0; i < checkBoxes.length; i++) {
            checkBoxes[i].setSelected(false);
            quantAnimais[i].setText(null);
            quantAnimais[i].setEnabled(false);
        }
        for (int i = 0; i < consumoMensal.length; i++) {
            consumoMensal[i].setText(null);
        }
    }

```

```

        console.setText(null);
    }

    public int[] entradaAnimais() {
        try {
            int[] dados = new int[quantAnimais.length];
            int total = 0;
            for (int i = 0; i < dados.length; i++) {
                if (checkboxes[i].isSelected()) {
                    String texto =
quantAnimais[i].getText();
                    if (texto.isEmpty()) continue;
                    dados[i] = Integer.parseInt(texto);
                    if (dados[i] < 0) throw new
NumberFormatException();
                }
                total += dados[i];
            }
            if (total <= 0) {
                console.setText(null);
                console.append("Erro!");
                console.append("\nA quantidade de\ntanimais
é nula.");
                return null;
            }
            console.setText(null);
            return dados;
        } catch (NumberFormatException e) {
            console.setText(null);
            console.append("Erro!");
            console.append("\nUse apenas valores\ninteiros e
positivos.");
            return null;
        }
    }

    public double[] entradaConsumo() {
        try {
            double[] dados = new
double[consumoMensal.length];
            for (int i = 0; i < dados.length; i++) {
                String texto = consumoMensal[i].getText();
                if (texto.isEmpty()) continue;
                if (texto.contains(",") texto =
texto.replaceAll(",", ".");
                dados[i] = Double.parseDouble(texto);
                if (dados[i] < 0) throw new
NumberFormatException();
            }
            return dados;
        }
    }

```

```

        } catch (NumberFormatException e) {
            return new double[] {0, 0, 0};
        }
    }
}

package biodim.ui;

import java.awt.Color;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.Image;
import java.io.IOException;

import javax.imageio.ImageIO;
import javax.swing.ImageIcon;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JPanel;

public class TelaImagem extends JPanel {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    public TelaImagem() {
        JLabel logo = new JLabel();
        try {
            Image image =
ImageIO.read(TelaImagem.class.getResource("/imagem_fossa.png")
);
            logo.setIcon(new ImageIcon(image));
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        setBackground(Color.WHITE);
        setLayout(new GridBagLayout());
        add(logo);
    }

}

package biodim.ui;

import java.awt.BorderLayout;
import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.GridLayout;
import java.awt.Insets;

import javax.swing.BorderFactory;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JPanel;

```

```

import javax.swing.JTextPane;
import javax.swing.border.Border;

import biodim.calc.Dimensionamento;

public class TelaFossa extends JPanel {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String[] stringFossa = new String[] {
        "Volume:",
        "h (altura):",
        "a (base maior):",
        "b (base menor):",
        "L (comprimento):",
        "Lona (impermeabilização):",
        "Lona (vedação):",
        "Área - biodigestor:",
        "Área - casa de máquinas:",
        "Conjunto moto gerador:",
        "Volume de biogás (mensal):"
    };

    private String[] stringCaixa = new String[] {
        "Volume:",
        "Altura:",
        "Base:"
    };

    public TelaFossa(Dimensionamento resultados) {

        JLabel[] labelFossa = new JLabel[stringFossa.length];
        JTextPane[] tPaneFossa = new JTextPane[11];
        String[] valoresFossa = new String[11];

        valoresFossa[0] = String.format("%.2f m",
resultados.volFossa);
        valoresFossa[1] = String.format("%.2f m",
resultados.h);
        valoresFossa[2] = String.format("%.2f m",
resultados.a);
        valoresFossa[3] = String.format("%.2f m",
resultados.b);
        valoresFossa[4] = String.format("%.2f m",
resultados.l);
        valoresFossa[5] = String.format("%.2f m2",
resultados.lImperme);
        valoresFossa[6] = String.format("%.2f m2",
resultados.lVedacao);
        valoresFossa[7] = String.format("%.2f m2",
resultados.areaBiodig);

```

```

        valoresFossa[8] = String.format("%.2f m2",
resultados.areaMaq);
        valoresFossa[9] = resultados.gerador;
        valoresFossa[10] = String.format("%.2f m3",
resultados.potencialBiogas);

        for (int i = 0; i < labelFossa.length; i++) {
            labelFossa[i] = new JLabel(stringFossa[i]);
            tPaneFossa[i] = new JTextPane();
            tPaneFossa[i].setEditable(false);
            tPaneFossa[i].setBackground(getBackground());
            tPaneFossa[i].setText(valoresFossa[i]);
        }

        JPanel nestedPanelFossa = new JPanel(new
GridBagLayout());

        for (int i = 0; i < labelFossa.length; i++) {

            GridBagConstraints gbcLabel = new
GridBagConstraints();
            gbcLabel.insets = new Insets(0, 3, 0, 0);
            gbcLabel.gridx = 1;
            gbcLabel.gridy = i;
            gbcLabel.anchor = GridBagConstraints.WEST;

            GridBagConstraints gbcText = new
GridBagConstraints();
            gbcText.insets = new Insets(0, 0, 0, 3);
            gbcText.gridx = 2;
            gbcText.gridy = i;
            gbcText.weightx = 1.0;
            gbcText.anchor = GridBagConstraints.EAST;

            nestedPanelFossa.add(labelFossa[i], gbcLabel);
            nestedPanelFossa.add(tPaneFossa[i], gbcText);

        }

        Border border = BorderFactory.createEtchedBorder();
        String titulo = "Dimensões da fossa / Informações
técnicas";

        nestedPanelFossa.setBorder(BorderFactory.createTitledBorde
r(border, titulo));

        JLabel[] labelCaixaA = new
JLabel[stringCaixa.length];
        JLabel[] labelCaixaB = new
JLabel[stringCaixa.length];
        JTextPane[] tPaneCaixaA = new JTextPane[3];

```

```

JTextPane[] tPaneCaixaB = new JTextPane[3];
String[] valoresCaixaA = new String[3];
String[] valoresCaixaB = new String[3];

    valoresCaixaA[0] = String.format("%.2f m3",
resultados.volCEntrada);
    valoresCaixaA[1] = String.format("%.2f m", 1.0);
    valoresCaixaA[2] = String.format("%.2f m",
resultados.ladoCEntrada);

    valoresCaixaB[0] = String.format("%.2f m3",
resultados.volCSaida);
    valoresCaixaB[1] = String.format("%.2f m", 1.0);
    valoresCaixaB[2] = String.format("%.2f m",
resultados.ladoCSaida);

    for (int i = 0; i < labelCaixaA.length; i++) {

        labelCaixaA[i] = new JLabel(stringCaixa[i]);
        tPaneCaixaA[i] = new JTextPane();
        tPaneCaixaA[i].setEditable(false);
        tPaneCaixaA[i].setBackground(getBackground());
        tPaneCaixaA[i].setText(valoresCaixaA[i]);

        labelCaixaB[i] = new JLabel(stringCaixa[i]);
        tPaneCaixaB[i] = new JTextPane();
        tPaneCaixaB[i].setEditable(false);
        tPaneCaixaB[i].setBackground(getBackground());
        tPaneCaixaB[i].setText(valoresCaixaB[i]);

    }

JPanel panelCaixaA = new JPanel(new GridBagLayout());
JPanel panelCaixaB = new JPanel(new GridBagLayout());

    for (int i = 0; i < labelCaixaA.length; i++) {

        GridBagConstraints gbcLabel = new
GridBagConstraints();
        gbcLabel.insets = new Insets(0, 3, 0, 0);
        gbcLabel.gridx = 1;
        gbcLabel.gridy = i;
        gbcLabel.anchor = GridBagConstraints.WEST;

        GridBagConstraints gbcText = new
GridBagConstraints();
        gbcText.insets = new Insets(0, 0, 0, 3);
        gbcText.gridx = 2;
        gbcText.gridy = i;
        gbcText.weightx = 1.0;
        gbcText.anchor = GridBagConstraints.EAST;

```

```

        panelCaixaA.add(labelCaixaA[i], gbcLabel);
        panelCaixaA.add(tPaneCaixaA[i], gbcText);
        panelCaixaB.add(labelCaixaB[i], gbcLabel);
        panelCaixaB.add(tPaneCaixaB[i], gbcText);

    }

    panelCaixaA.setBorder(BorderFactory.createTitledBorder(bor
der, "Caixa de entrada"));

    panelCaixaB.setBorder(BorderFactory.createTitledBorder(bor
der, "Caixa de saída"));

    GridLayout layout = new GridLayout(2, 1);
    JPanel nestedPanelCaixas = new JPanel(layout);
    nestedPanelCaixas.add(panelCaixaA);
    nestedPanelCaixas.add(panelCaixaB);
    JPanel panelCaixas = new JPanel(new BorderLayout());
    panelCaixas.add(nestedPanelCaixas,
BorderLayout.NORTH);

    JPanel panelFossa = new JPanel(new BorderLayout());
    panelFossa.add(nestedPanelFossa, BorderLayout.NORTH);

    setLayout(new BorderLayout());
    add(panelFossa, BorderLayout.CENTER);
    add(panelCaixas, BorderLayout.EAST);

}

}

package biodim.ui;

import java.awt.BorderLayout;
import java.awt.GridBagConstraints;
import java.awt.GridBagLayout;
import java.awt.Insets;

import javax.swing.BorderFactory;
import javax.swing.JLabel;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JTextArea;
import javax.swing.JTextPane;
import javax.swing.border.Border;

import biodim.calc.Dimensionamento;

public class TelaAnálise extends JPanel {

```

```

        private static final long serialVersionUID = 1L;

        private String[] stringEcon = new String[] { "Investimento
inicial:",
"Manutenção anual periódica:",
"Manutenção quinquenal:",
"Custo evitado - Biofertilizante:",
"Custo evitado - Energia elétrica:",
"Payback:" };

        private String orientacoes = "Todos os dados apresentados
aquí são estimativas. "
            + "Para obter mais\ninformações sobre o
dimensionamento técnico e econômico, "
            + "consulte\na dissertação enviando um e-mail
para contatobiodim@gmail.com.";

        public TelaAnálise(Dimensionamento resultados) {

            JLabel[] labelEcon = new JLabel[stringEcon.length];
            JTextPane[] tPaneEcon = new JTextPane[6];
            String[] valoresEcon = new String[6];

            valoresEcon[0] = String.format("%.2f",
resultados.custoInvestimento);
            valoresEcon[1] = String.format("%.2f",
resultados.custoManutPeriod);
            valoresEcon[2] = String.format("%.2f",
resultados.custoManutQuin);
            valoresEcon[3] = String.format("%.2f",
resultados.custoBiofertAnual);
            valoresEcon[4] = String.format("%.2f",
resultados.custoEletricAnual);
            valoresEcon[5] = String.format("%d ano",
resultados.payback);
            if (resultados.payback > 1) valoresEcon[5] += "s";

            for (int i = 0; i < labelEcon.length; i++) {
                labelEcon[i] = new JLabel(stringEcon[i]);
                tPaneEcon[i] = new JTextPane();
                tPaneEcon[i].setEditable(false);
                tPaneEcon[i].setBackground(getBackground());
                tPaneEcon[i].setText(valoresEcon[i]);
            }
        }

```

```

        JPanel nestedPanelEcon = new JPanel(new
GridBagLayout());

        for (int i = 0; i < labelEcon.length; i++) {

            GridBagConstraints gbcLabel = new
GridBagConstraints();
            gbcLabel.insets = new Insets(0, 3, 0, 3);
            gbcLabel.gridx = 1;
            gbcLabel.gridy = i;
            gbcLabel.weightx = 1.0;
            gbcLabel.anchor = GridBagConstraints.WEST;

            GridBagConstraints gbcText = new
GridBagConstraints();
            gbcText.insets = new Insets(0, 0, 0, 3);
            gbcText.gridx = 3;
            gbcText.gridy = i;
            gbcText.anchor = GridBagConstraints.EAST;

            nestedPanelEcon.add(labelEcon[i], gbcLabel);
            nestedPanelEcon.add(tPaneEcon[i], gbcText);

            if (i + 1 < labelEcon.length) {

                JTextPane cifra = new JTextPane();
                cifra.setEditable(false);
                cifra.setBackground(getBackground());
                cifra.setText("R$");

                GridBagConstraints gbcCifra = new
GridBagConstraints();
                gbcCifra.insets = new Insets(0, 3, 0, 0);
                gbcCifra.gridx = 2;
                gbcCifra.gridy = i;

                nestedPanelEcon.add(cifra, gbcCifra);

            }

        }

        JTextArea abatimento = new JTextArea();
        abatimento.setEditable(false);
        abatimento.setBackground(getBackground());

        abatimento.setForeground(resultados.corTextoAbatimento);
        abatimento.append(resultados.abatimento);
        abatimento.setMargin(new Insets(3, 3, 3, 3));

        JPanel panelEcon = new JPanel(new BorderLayout());

```

```
panelEcon.add(nestedPanelEcon, BorderLayout.CENTER);
panelEcon.add(abatimento, BorderLayout.SOUTH);

Border border = BorderFactory.createEtchedBorder();

panelEcon.setBorder(BorderFactory.createTitledBorder(border, "Estimativa econômica"));

JTextArea texto = new JTextArea();
texto.setEditable(false);
texto.setBackground(getBackground());
texto.append(orientacoes);
texto.setMargin(new Insets(3, 3, 3, 3));
JPanel panelTexto = new JPanel();
panelTexto.add(texto);

panelTexto.setBorder(BorderFactory.createTitledBorder(border, "Orientações ao usuário"));

setLayout(new BorderLayout());
add(panelEcon, BorderLayout.NORTH);
add(panelTexto, BorderLayout.SOUTH);

}

}
```

## ANEXO II

VOLUME EM M <sup>3</sup>	VALOR POR M <sup>3</sup> DE VOLUME	RESÍDUO	VALOR FINAL
10	R\$ 1.584,00	R\$ 685,92	
20	R\$ 2.269,92	R\$ 652,26	
30	R\$ 1.617,67	R\$ 300,41	R\$
40	R\$ 1.317,26	R\$ 223,66	1.574,61
50	R\$ 1.093,60	R\$ 306,04	
100	R\$ 787,55	R\$ 267,75	
200	R\$ 519,80	R\$ 124,12	R\$
300	R\$ 395,68	R\$ 58,72	457,82
400	R\$ 336,96	R\$ 87,87	
500	R\$ 249,09	R\$ 20,02	
1000	R\$ 229,07	R\$ 44,67	
1500	R\$ 184,40	R\$ 23,30	R\$
2000	R\$ 161,10	R\$ 14,47	171,57
2500	R\$ 146,62	R\$ 9,94	
3000	R\$ 136,68	R\$ 7,29	
3500	R\$ 129,39	R\$ 5,60	
4000	R\$ 123,79	R\$ 4,45	R\$
4500	R\$ 119,34	R\$ 3,63	119,67
5000	R\$ 115,70	R\$ 5,60	
6000	R\$ 110,11	R\$ 4,13	
7000	R\$ 105,98	R\$ 3,19	
8000	R\$ 102,79	R\$ 2,55	
9000	R\$ 100,24	R\$ 2,09	R\$ 99,08
10000	R\$ 98,14	R\$ 9,91	
20000	R\$ 88,24	R\$ 0,76	
30000	R\$ 87,48	R\$ 2,21	
40000	R\$ 85,27	R\$ 2,15	
50000	R\$ 83,12	R\$ 6,88	R\$ 81,32
100000	R\$ 76,24	R\$ 1,77	
200000	R\$ 74,47	R\$ 0,76	
300000	R\$ 73,71	R\$ 0,45	
400000	R\$ 73,26	R\$ 0,31	R\$ 73,31
500000	R\$ 72,95		

## ANEXO III

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	10	m³	R\$ 4,85	R\$ 48,50		0,44	m³	R\$ 416	R\$ 184,16
Escavação de talude	26	m	R\$ 4,21	R\$ 110,51	Ferro 8.0	16	m	R\$ 12,93	R\$ 204,12
Lona do fundo	88	m²	R\$ 20,00	R\$ 1.767,52	Ferro 6.3	32	m	R\$ 9,55	R\$ 301,53
Lona da cupula	60	m²	R\$ 20,00	R\$ 1.196,27	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	26	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 2.942,63
Tábua 25	35	un	R\$ 26,91	R\$ 941,84	outros				R\$ 5.885,27
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	2	m³	R\$ 416	R\$ 645,27	Motogerador	1	un		R\$ 4.500,00
Ferro 8.0	105	m	R\$ 12,93	R\$ 1.357,64					
Ferro 6.3	66	m	R\$ 9,55	R\$ 626,71					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80	<b>R\$ 15.840,00</b>		reais/m³		
Broca de concreto	8	un		R\$ 0,00	volume	10		R\$ 1.584	
Escavação	11	m	R\$ 47,37	R\$ 543,27					
Ferro 8.0	46	m	R\$ 12,93	R\$ 593,16					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	26	m	R\$ 24,22	R\$ 635,77					
parafusos	52	un	R\$ 7,71	R\$ 404,77					
Outros									
Concreto	0,26	m³	R\$ 416	R\$ 106,32					
Ferro 8.0	11	m	R\$ 12,93	R\$ 139,71					
Ferro 6.3	22	m	R\$ 9,55	R\$ 206,38					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	20	m³	R\$ 4,85	R\$ 97,00		0,00	m³	R\$ 416	R\$ 0,00
Escavação de talude	32	m	R\$ 4,21	R\$ 134,21	Ferro 8.0	4	m	R\$ 12,93	R\$ 51,72
Lona do fundo	114	m²	R\$ 20,00	R\$ 2.275,58	Ferro 6.3	8	m	R\$ 9,55	R\$ 76,40
Lona da cupula	88	m²	R\$ 20,00	R\$ 1.764,44	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	32	m		R\$ 0,00					R\$ 3.135,59
Tábua 25	43	un	R\$ 26,91	R\$ 1.143,84	tubulação				R\$ 6.271,17
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	outros	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	2	m³	R\$ 416	R\$ 783,66	Edícula	1	un		R\$ 4.500,00
Ferro 8.0	128	m	R\$ 12,93	R\$ 1.648,82	Motogerador				
Ferro 6.3	80	m	R\$ 9,55	R\$ 761,13					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80	<b>R\$ 45.398,49</b>		reais/m³		
Broca de concreto	8	un		R\$ 0,00	volume	20		R\$ 2.269	
Escavação	13	m	R\$ 47,37	R\$ 598,83					
Ferro 8.0	51	m	R\$ 12,93	R\$ 653,82					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	32	m	R\$ 24,22	R\$ 772,13					
parafusos	64	un	R\$ 7,71	R\$ 491,59					
Outros									
Concreto	0,00	m³	R\$ 416	R\$ 0,00					
Ferro 8.0	4	m	R\$ 12,93	R\$ 51,72					
Ferro 6.3	8	m	R\$ 9,55	R\$ 76,40					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	30	m³	R\$ 4,85	R\$ 145,50		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	36	m	R\$ 4,21	R\$ 152,55	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	135	m²	R\$ 20,00	R\$ 2.704,82	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	114	m²	R\$ 20,00	R\$ 2.279,42	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	36	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 3.345,47
Tábua 25	48	un	R\$ 26,91	R\$ 1.300,10	outros				R\$ 6.690,93
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	2	m³	R\$ 416	R\$ 890,71	Motogerador	1	un		R\$ 4.500,00
Ferro 8.0	145	m	R\$ 12,93	R\$ 1.874,05					
Ferro 6.3	91	m	R\$ 9,55	R\$ 865,10					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	9	un		R\$ 0,00	volume	30		R\$ 1.617	
Escavação	14	m	R\$ 47,37	R\$ 641,81					
Ferro 8.0	54	m	R\$ 12,93	R\$ 700,75					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	36	m	R\$ 24,22	R\$ 877,60					
parafusos	72	un	R\$ 7,71	R\$ 558,74					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	40	m³	R\$ 4,85	R\$ 194,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	40	m	R\$ 4,21	R\$ 168,05	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	155	m²	R\$ 20,00	R\$ 3.092,54	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	138	m²	R\$ 20,00	R\$ 2.766,40	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	40	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 3.511,65
Tábua 25	53	un	R\$ 26,91	R\$ 1.432,26	outros				R\$ 7.023,31
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	2	m³	R\$ 416	R\$ 981,25	Motogerador	1	un		R\$ 6.500,00
Ferro 8.0	160	m	R\$ 12,93	R\$ 2.064,56					
Ferro 6.3	100	m	R\$ 9,55	R\$ 953,04					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	10	un		R\$ 0,00	volume	40		R\$ 1.317,26	
Escavação	14	m	R\$ 47,37	R\$ 678,16					
Ferro 8.0	57	m	R\$ 12,93	R\$ 740,44					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	40	m	R\$ 24,22	R\$ 966,81					
parafusos	80	un	R\$ 7,71	R\$ 615,53					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	50	m³	R\$ 4,85	R\$ 242,50		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	43	m	R\$ 4,21	R\$ 181,74	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	173	m²	R\$ 20,00	R\$ 3.453,52	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	162	m²	R\$ 20,00	R\$ 3.235,33	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	43	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 3.664,69
Tábua 25	58	un	R\$ 26,91	R\$ 1.548,90	outros				R\$ 7.329,39
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	3	m³	R\$ 416	R\$ 1.061,17	Motogerador	1	un		R\$ 6.500,00
Ferro 8.0	173	m	R\$ 12,93	R\$ 2.232,69					
Ferro 6.3	108	m	R\$ 9,55	R\$ 1.030,66					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	10	un		R\$ 0,00	volume	50		R\$ 1.093,60	
Escavação	15	m	R\$ 47,37	R\$ 710,24					
Ferro 8.0	60	m	R\$ 12,93	R\$ 775,46					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	43	m	R\$ 24,22	R\$ 1.045,55					
parafusos	86	un	R\$ 7,71	R\$ 665,66					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	100	m³	R\$ 4,85	R\$ 485,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	56	m	R\$ 4,21	R\$ 235,56	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	252	m²	R\$ 20,00	R\$ 5.043,87	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	272	m²	R\$ 20,00	R\$ 5.435,23	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	56	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 4.324,35
Tábua 25	75	un	R\$ 26,91	R\$ 2.007,58	outros				R\$ 8.648,69
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	3	m³	R\$ 416	R\$ 1.375,41	Motogerador	1	un		R\$ 22.000,00
Ferro 8.0	224	m	R\$ 12,93	R\$ 2.893,87					
Ferro 6.3	140	m	R\$ 9,55	R\$ 1.335,87					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	12	un		R\$ 0,00	volume	100		R\$ 787,55	
Escavação	18	m	R\$ 47,37	R\$ 836,40					
Ferro 8.0	71	m	R\$ 12,93	R\$ 913,21					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	56	m	R\$ 24,22	R\$ 1.355,17					
parafusos	112	un	R\$ 7,71	R\$ 862,79					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	200	m³	R\$ 4,85	R\$ 970,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	74	m	R\$ 4,21	R\$ 311,82	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	388	m²	R\$ 20,00	R\$ 7.763,77	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	476	m²	R\$ 20,00	R\$ 9.524,14	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	74	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 5.417,01
Tábua 25	99	un	R\$ 26,91	R\$ 2.657,52	outros				R\$ 10.834,02
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	4	m³	R\$ 416	R\$ 1.820,69	Motogerador	1	un		R\$ 33.000,00
Ferro 8.0	296	m	R\$ 12,93	R\$ 3.830,74					
Ferro 6.3	185	m	R\$ 9,55	R\$ 1.768,35					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	14	un		R\$ 0,00	volume	200		R\$ 519,80	
Escavação	21	m	R\$ 47,37	R\$ 1.015,17					
Ferro 8.0	86	m	R\$ 12,93	R\$ 1.108,39					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	74	m	R\$ 24,22	R\$ 1.793,90					
parafusos	148	un	R\$ 7,71	R\$ 1.142,11					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				
Escavação mecânica	300	m³	R\$ 4,85	R\$ 1.455,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	88	m	R\$ 4,21	R\$ 370,39	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	511	m²	R\$ 20,00	R\$ 10.223,81	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	672	m²	R\$ 20,00	R\$ 13.437,73	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	88	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 6.381,86
Tábua 25	117	un	R\$ 26,91	R\$ 3.156,65	outros				R\$ 12.763,73
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	5	m³	R\$ 416	R\$ 2.162,66	Motogerador	1	un		R\$ 35.200,00
Ferro 8.0	352	m	R\$ 12,93	R\$ 4.550,22					
Ferro 6.3	220	m	R\$ 9,55	R\$ 2.100,48					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	16	un		R\$ 0,00	volume	300		R\$ 395,68	
Escavação	24	m	R\$ 47,37	R\$ 1.152,45					
Ferro 8.0	97	m	R\$ 12,93	R\$ 1.258,28					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	88	m	R\$ 24,22	R\$ 2.130,83					
parafusos	176	un	R\$ 7,71	R\$ 1.356,62					
Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	400	m³	R\$ 4,85	R\$ 1.940,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	100	m	R\$ 4,21	R\$ 419,78	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	627	m²	R\$ 20,00	R\$ 12.549,11	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	863	m²	R\$ 20,00	R\$ 17.260,41	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	100	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 7.280,44
Tábua 25	133	un	R\$ 26,91	R\$ 3.577,58	outros				R\$ 14.560,87
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	6	m³	R\$ 416	R\$ 2.451,04	Motogerador	1	un		R\$ 39.600,00
Ferro 8.0	399	m	R\$ 12,93	R\$ 5.156,98					
Ferro 6.3	249	m	R\$ 9,55	R\$ 2.380,57					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	18	un		R\$ 0,00	volume	400		R\$ 336,96	
Escavação	27	m	R\$ 47,37	R\$ 1.268,23					
Ferro 8.0	107	m	R\$ 12,93	R\$ 1.384,69					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	100	m	R\$ 24,22	R\$ 2.414,97					
parafusos	199	un	R\$ 7,71	R\$ 1.537,52					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	650	m³	R\$ 4,85	R\$ 3.152,50		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	124	m	R\$ 4,21	R\$ 521,09	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	902	m²	R\$ 20,00	R\$ 18.036,92	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	1330	m²	R\$ 20,00	R\$ 26.597,55	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	124	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 9.366,81
Tábua 25	165	un	R\$ 26,91	R\$ 4.441,04	outros				R\$ 18.733,62
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	7	m³	R\$ 416	R\$ 3.042,60	Motogerador	1	un		R\$ 39.600,00
Ferro 8.0	495	m	R\$ 12,93	R\$ 6.401,63					
Ferro 6.3	309	m	R\$ 9,55	R\$ 2.955,12					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	21	un		R\$ 0,00	volume	650		R\$ 249,09	
Escavação	32	m	R\$ 47,37	R\$ 1.505,72					
Ferro 8.0	127	m	R\$ 12,93	R\$ 1.643,99					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	124	m	R\$ 24,22	R\$ 2.997,82					
parafusos	248	un	R\$ 7,71	R\$ 1.908,61					
Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	1000	m³	R\$ 4,85	R\$ 4.850,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	151	m	R\$ 4,21	R\$ 634,09	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	1265	m²	R\$ 20,00	R\$ 25.296,33	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	1969	m²	R\$ 20,00	R\$ 39.383,79	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	151	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 12.079,42
Tábua 25	201	un	R\$ 26,91	R\$ 5.404,09	outros				R\$ 24.158,84
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	9	m³	R\$ 416	R\$ 3.702,40	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	602	m	R\$ 12,93	R\$ 7.789,84					
Ferro 6.3	377	m	R\$ 9,55	R\$ 3.595,95					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	25	un		R\$ 0,00	volume	1000		R\$ 229,07	
Escavação	37	m	R\$ 47,37	R\$ 1.770,61					
Ferro 8.0	150	m	R\$ 12,93	R\$ 1.933,20					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	151	m	R\$ 24,22	R\$ 3.647,91					
parafusos	301	un	R\$ 7,71	R\$ 2.322,49					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				
Escavação mecânica	1500	m³	R\$ 4,85	R\$ 7.275,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	182	m	R\$ 4,21	R\$ 765,17	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	1761	m²	R\$ 20,00	R\$ 35.221,19	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	2867	m²	R\$ 20,00	R\$ 57.349,14	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	182	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 15.735,35
Tábua 25	242	un	R\$ 26,91	R\$ 6.521,19	outros				R\$ 31.470,69
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	11	m³	R\$ 416	R\$ 4.467,74	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	727	m	R\$ 12,93	R\$ 9.400,12					
Ferro 6.3	454	m	R\$ 9,55	R\$ 4.339,28					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	29	un		R\$ 0,00	volume	1500		R\$ 184,40	
Escavação	44	m	R\$ 47,37	R\$ 2.077,87					
Ferro 8.0	175	m	R\$ 12,93	R\$ 2.268,68					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	182	m	R\$ 24,22	R\$ 4.401,99					
parafusos	364	un	R\$ 7,71	R\$ 2.802,59					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	2000	m³	R\$ 4,85	R\$ 9.700,00	Concreto	0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	208	m	R\$ 4,21	R\$ 875,68	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	2242	m²	R\$ 20,00	R\$ 44.844,04	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	3756	m²	R\$ 20,00	R\$ 75.110,71	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	208	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 19.242,72
Tábua 25	277	un	R\$ 26,91	R\$ 7.463,02	outros				R\$ 38.485,44
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	12	m³	R\$ 416	R\$ 5.112,99	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	832	m	R\$ 12,93	R\$ 10.757,73					
Ferro 6.3	520	m	R\$ 9,55	R\$ 4.965,99					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80	<b>R\$ 322.194,29</b>			reais/m³	
Broca de concreto	33	un		R\$ 0,00	volume	2000		R\$ 161,10	
Escavação	49	m	R\$ 47,37	R\$ 2.336,91					
Ferro 8.0	197	m	R\$ 12,93	R\$ 2.551,51					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	208	m	R\$ 24,22	R\$ 5.037,75					
parafusos	416	un	R\$ 7,71	R\$ 3.207,35					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				
Escavação mecânica	2500	m³	R\$ 4,85	R\$ 12.125,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	231	m	R\$ 4,21	R\$ 973,04	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	2714	m²	R\$ 20,00	R\$ 54.273,84	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	4637	m²	R\$ 20,00	R\$ 92.742,05	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	231	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 22.655,15
Tábua 25	308	un	R\$ 26,91	R\$ 8.292,82	outros				R\$ 45.310,29
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	14	m³	R\$ 416	R\$ 5.681,49	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	925	m	R\$ 12,93	R\$ 11.953,86					
Ferro 6.3	578	m	R\$ 9,55	R\$ 5.518,14					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80	<b>R\$ 366.555,83</b>			reais/m³	
Broca de concreto	36	un		R\$ 0,00	volume	2500		R\$ 146,62	
Escavação	54	m	R\$ 47,37	R\$ 2.565,15					
Ferro 8.0	217	m	R\$ 12,93	R\$ 2.800,71					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	231	m	R\$ 24,22	R\$ 5.597,88					
parafusos	462	un	R\$ 7,71	R\$ 3.563,97					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	3000	m³	R\$ 4,85	R\$ 14.550,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	252	m	R\$ 4,21	R\$ 1.061,07	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	3178	m²	R\$ 20,00	R\$ 63.566,52	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	5514	m²	R\$ 20,00	R\$ 110.280,86	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	252	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 26.000,12
Tábua 25	336	un	R\$ 26,91	R\$ 9.043,03	outros				R\$ 52.000,24
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	15	m³	R\$ 416	R\$ 6.195,47	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	1008	m	R\$ 12,93	R\$ 13.035,26					
Ferro 6.3	630	m	R\$ 9,55	R\$ 6.017,34					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80	<b>R\$ 410.040,53</b>			reais/m³	
Broca de concreto	39	un		R\$ 0,00	volume	3000		R\$ 136,68	
Escavação	59	m	R\$ 47,37	R\$ 2.771,49					
Ferro 8.0	234	m	R\$ 12,93	R\$ 3.026,00					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	252	m	R\$ 24,22	R\$ 6.104,29					
parafusos	504	un	R\$ 7,71	R\$ 3.886,38					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				
Escavação mecânica	3500	m³	R\$ 4,85	R\$ 16.975,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	271	m	R\$ 4,21	R\$ 1.142,02	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	3638	m²	R\$ 20,00	R\$ 72.755,27	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	6387	m²	R\$ 20,00	R\$ 127.749,56	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	271	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 29.293,99
Tábua 25	362	un	R\$ 26,91	R\$ 9.732,93	outros				R\$ 58.587,97
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	16	m³	R\$ 416	R\$ 6.668,13	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	1085	m	R\$ 12,93	R\$ 14.029,73					
Ferro 6.3	678	m	R\$ 9,55	R\$ 6.476,41					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80	<b>R\$ 452.860,75</b>			reais/m³	
Broca de concreto	42	un		R\$ 0,00	volume	3500		R\$ 129,39	
Escavação	63	m	R\$ 47,37	R\$ 2.961,25					
Ferro 8.0	250	m	R\$ 12,93	R\$ 3.233,18					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	271	m	R\$ 24,22	R\$ 6.570,00					
parafusos	543	un	R\$ 7,71	R\$ 4.182,88					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	4000	m³	R\$ 4,85	R\$ 19.400,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	289	m	R\$ 4,21	R\$ 1.217,37	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	4093	m²	R\$ 20,00	R\$ 81.861,75	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	7258	m²	R\$ 20,00	R\$ 145.162,75	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	289	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 32.547,38
Tábua 25	386	un	R\$ 26,91	R\$ 10.375,08	outros				R\$ 65.094,76
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	17	m³	R\$ 416	R\$ 7.108,07	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	1157	m	R\$ 12,93	R\$ 14.955,38					
Ferro 6.3	723	m	R\$ 9,55	R\$ 6.903,70					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	44	un		R\$ 0,00	volume	4000		R\$ 123,79	
Escavação	66	m	R\$ 47,37	R\$ 3.137,87					
Ferro 8.0	265	m	R\$ 12,93	R\$ 3.426,02					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	289	m	R\$ 24,22	R\$ 7.003,47					
parafusos	578	un	R\$ 7,71	R\$ 4.458,85					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	5000	m³	R\$ 4,85	R\$ 24.250,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	322	m	R\$ 4,21	R\$ 1.355,07	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	4994	m²	R\$ 20,00	R\$ 99.883,92	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	8993	m²	R\$ 20,00	R\$ 179.860,41	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	322	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 38.960,34
Tábua 25	429	un	R\$ 26,91	R\$ 11.548,66	outros				R\$ 77.920,67
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	19	m³	R\$ 416	R\$ 7.912,10	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	1287	m	R\$ 12,93	R\$ 16.647,06					
Ferro 6.3	805	m	R\$ 9,55	R\$ 7.684,62					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	49	un		R\$ 0,00	volume	5000		R\$ 115,70	
Escavação	73	m	R\$ 47,37	R\$ 3.460,66					
Ferro 8.0	292	m	R\$ 12,93	R\$ 3.778,46					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	322	m	R\$ 24,22	R\$ 7.795,67					
parafusos	644	un	R\$ 7,71	R\$ 4.963,22					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	7000	m³	R\$ 4,85	R\$ 33.950,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	379	m	R\$ 4,21	R\$ 1.594,05	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	6770	m²	R\$ 20,00	R\$ 135.393,35	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	12445	m²	R\$ 20,00	R\$ 248.894,84	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	379	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 51.523,14
Tábua 25	505	un	R\$ 26,91	R\$ 13.585,37	outros				R\$ 103.046,28
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	22	m³	R\$ 416	R\$ 9.307,48	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	1515	m	R\$ 12,93	R\$ 19.582,93					
Ferro 6.3	947	m	R\$ 9,55	R\$ 9.039,88					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	57	un		R\$ 0,00	volume	7000		R\$ 105,98	
Escavação	85	m	R\$ 47,37	R\$ 4.020,86					
Ferro 8.0	340	m	R\$ 12,93	R\$ 4.390,10					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	379	m	R\$ 24,22	R\$ 9.170,51					
parafusos	757	un	R\$ 7,71	R\$ 5.838,53					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				
Escavação mecânica	8000	m³	R\$ 4,85	R\$ 38.800,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	404	m	R\$ 4,21	R\$ 1.700,61	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	7648	m²	R\$ 20,00	R\$ 152.958,21	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	14164	m²	R\$ 20,00	R\$ 283.283,95	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	404	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 57.711,16
Tábua 25	539	un	R\$ 26,91	R\$ 14.493,55	outros				R\$ 115.422,32
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	24	m³	R\$ 416	R\$ 9.929,68	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	1616	m	R\$ 12,93	R\$ 20.892,04					
Ferro 6.3	1010	m	R\$ 9,55	R\$ 9.644,19					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	60	un		R\$ 0,00	volume	8000		R\$ 102,79	
Escavação	90	m	R\$ 47,37	R\$ 4.270,65					
Ferro 8.0	361	m	R\$ 12,93	R\$ 4.662,83					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa				R\$ 0,00					
parafusos	404	m	R\$ 24,22	R\$ 9.783,55					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	10000	m³	R\$ 4,85	R\$ 48.500,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	450	m	R\$ 4,21	R\$ 1.895,36	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	9391	m²	R\$ 20,00	R\$ 187.818	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	17594	m²	R\$ 20,00	R\$ 351.880,14	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	450	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 69.954,48
Tábua 25	600	un	R\$ 26,91	R\$ 16.153,29	outros				R\$ 139.908,95
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	27	m³	R\$ 416	R\$ 11.066,79	Motogerador	1	un		R\$ 71.500,00
Ferro 8.0	1801	m	R\$ 12,93	R\$ 23.284,51					
Ferro 6.3	1126	m	R\$ 9,55	R\$ 10.748,60					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	67	un		R\$ 0,00	volume	10000		R\$ 98,14	
Escavação	100	m	R\$ 47,37	R\$ 4.727,16					
Ferro 8.0	399	m	R\$ 12,93	R\$ 5.161,26					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	450	m	R\$ 24,22	R\$ 10.903,92					
parafusos	900	un	R\$ 7,71	R\$ 6.942,13					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	20000	m³	R\$ 4,85	R\$ 97.000,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	632	m	R\$ 4,21	R\$ 2.659,45	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	17952	m²	R\$ 20,00	R\$ 359.038	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	34639	m²	R\$ 20,00	R\$ 692.783,98	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	632	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 129.656,85
Tábua 25	842	un	R\$ 26,91	R\$ 22.665,36	outros				R\$ 259.313,70
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	37	m³	R\$ 416	R\$ 15.528,27	Motogerador	1	un		R\$ 78.650,00
Ferro 8.0	2527	m	R\$ 12,93	R\$ 32.671,47					
Ferro 6.3	1579	m	R\$ 9,55	R\$ 15.081,81					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	92	un		R\$ 0,00	volume	20000		R\$ 88,24	
Escavação	138	m	R\$ 47,37	R\$ 6.518,30					
Ferro 8.0	550	m	R\$ 12,93	R\$ 7.116,88					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	632	m	R\$ 24,22	R\$ 15.299,75					
parafusos	1263	un	R\$ 7,71	R\$ 9.740,80					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	30000	m³	R\$ 4,85	R\$ 145.500,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	771	m	R\$ 4,21	R\$ 3.245,77	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	26382	m²	R\$ 20,00	R\$ 527.649,02	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	51596	m²	R\$ 20,00	R\$ 1.031.926,42	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	771	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 188.075,12
Tábua 25	1028	un	R\$ 26,91	R\$ 27.662,28	outros				R\$ 376.150,25
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	45	m³	R\$ 416	R\$ 18.951,72	Motogerador	1	un		R\$ 178.750,00
Ferro 8.0	3084	m	R\$ 12,93	R\$ 39.874,40					
Ferro 6.3	1927	m	R\$ 9,55	R\$ 18.406,83					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	111	un		R\$ 0,00	volume	30000		R\$ 87,48	
Escavação	167	m	R\$ 47,37	R\$ 7.892,70					
Ferro 8.0	666	m	R\$ 12,93	R\$ 8.617,49					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	771	m	R\$ 24,22	R\$ 18.672,81					
parafusos	1542	un	R\$ 7,71	R\$ 11.888,31					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				
Escavação mecânica	40000	m³	R\$ 4,85	R\$ 194.000,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	888	m	R\$ 4,21	R\$ 3.740,06	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	34745	m²	R\$ 20,00	R\$ 694.907,70	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	68508	m²	R\$ 20,00	R\$ 1.370.157,08	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	888	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 245.828,69
Tábua 25	1185	un	R\$ 26,91	R\$ 31.874,90	outros				R\$ 491.657,38
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	52	m³	R\$ 416	R\$ 21.837,83	Motogerador	1	un		R\$ 214.500,00
Ferro 8.0	3554	m	R\$ 12,93	R\$ 45.946,76					
Ferro 6.3	2221	m	R\$ 9,55	R\$ 21.209,96					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	127	un		R\$ 0,00	volume	40000		R\$ 85,27	
Escavação	191	m	R\$ 47,37	R\$ 9.051,37					
Ferro 8.0	764	m	R\$ 12,93	R\$ 9.882,56					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	888	m	R\$ 24,22	R\$ 21.516,45					
parafusos	1777	un	R\$ 7,71	R\$ 13.698,75					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
	Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86				
	Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67				
	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76				

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	50000	m³	R\$ 4,85	R\$ 242.500,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	992	m	R\$ 4,21	R\$ 4.175,54	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	43065	m²	R\$ 20,00	R\$ 861.302,74	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	85390	m²	R\$ 20,00	R\$ 1.707.805,05	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	992	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 303.157,47
Tábua 25	1322	un	R\$ 26,91	R\$ 35.586,30	outros				R\$ 606.314,94
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	59	m³	R\$ 416	R\$ 24.380,54	Motogerador	1	un		R\$ 214.500,00
Ferro 8.0	3967	m	R\$ 12,93	R\$ 51.296,64					
Ferro 6.3	2480	m	R\$ 9,55	R\$ 23.679,57					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	142	un		R\$ 0,00	volume	50000		R\$ 83,12	
Escavação	213	m	R\$ 47,37	R\$ 10.072,19					
Ferro 8.0	851	m	R\$ 12,93	R\$ 10.997,12					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	992	m	R\$ 24,22	R\$ 24.021,74					
parafusos	1984	un	R\$ 7,71	R\$ 15.293,78					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	100000	m³	R\$ 4,85	R\$ 485.000,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	1398	m	R\$ 4,21	R\$ 5.884,14	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	84320	m²	R\$ 20,00	R\$ 1.686.393,66	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	169570	m²	R\$ 20,00	R\$ 3.391.400,16	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	1398	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 586.415,28
Tábua 25	1864	un	R\$ 26,91	R\$ 50.147,95	outros				R\$ 1.172.830
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	82	m³	R\$ 416	R\$ 34.356,88	Motogerador	1	un		R\$ 0,00
Ferro 8.0	5591	m	R\$ 12,93	R\$ 72.286,85					
Ferro 6.3	3494	m	R\$ 9,55	R\$ 33.369,07					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	198	un		R\$ 0,00	volume	100000		R\$ 76,24	
Escavação	297	m	R\$ 47,37	R\$ 14.077,35					
Ferro 8.0	1189	m	R\$ 12,93	R\$ 15.370,08					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	1398	m	R\$ 24,22	R\$ 33.851,26					
parafusos	2795	un	R\$ 7,71	R\$ 21.551,88					
Outros Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	300000	m³	R\$ 4,85	R\$ 1.455.000,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	2412	m	R\$ 4,21	R\$ 10.154,58	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	247455	m²	R\$ 20,00	R\$ 4.949.105,48	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	505019	m²	R\$ 20,00	R\$ 10.100.377	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	2412	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 1.700.927
Tábua 25	3216	un	R\$ 26,91	R\$ 86.543,11	outros				R\$ 3.401.854
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	142	m³	R\$ 416	R\$ 59.291,58	Motogerador	1	un		R\$ 0,00
Ferro 8.0	9648	m	R\$ 12,93	R\$ 124.749,43					
Ferro 6.3	6030	m	R\$ 9,55	R\$ 57.586,86					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	339	un		R\$ 0,00	volume	300000		R\$ 73,71	
Escavação	509	m	R\$ 47,37	R\$ 24.087,80					
Ferro 8.0	2034	m	R\$ 12,93	R\$ 26.299,78					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	2412	m	R\$ 24,22	R\$ 58.419,01					
parafusos	4824	un	R\$ 7,71	R\$ 37.193,27					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					
Escavação mecânica	400000	m³	R\$ 4,85	R\$ 1.940.000,00		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	2783	m	R\$ 4,21	R\$ 11.717,68	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	328603	m²	R\$ 20,00	R\$ 6.572.059,62	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	672460	m²	R\$ 20,00	R\$ 13.449.197,66	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	2783	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 2.254.050
Tábua 25	3711	un	R\$ 26,91	R\$ 99.864,67	outros				R\$ 4.508.101
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037
Concreto	164	m³	R\$ 416	R\$ 68.418,32	Motogerador	1	un		R\$ 0,00
Ferro 8.0	11133	m	R\$ 12,93	R\$ 143.952,08					
Ferro 6.3	6958	m	R\$ 9,55	R\$ 66.451,20					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	391	un		R\$ 0,00	volume	400000		R\$ 73,26	
Escavação	586	m	R\$ 47,37	R\$ 27.751,87					
Ferro 8.0	2343	m	R\$ 12,93	R\$ 30.300,34					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	2783	m	R\$ 24,22	R\$ 67.411,43					
parafusos	5567	un	R\$ 7,71	R\$ 42.918,43					
Outros	Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30				
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					

MATERIAL OU SERVIÇO	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	MATERIAL	QTD	UN	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Escavação mecânica	500000	m³	R\$ 4,85	R\$ 2.425.000		0,32	m³	R\$ 416	R\$ 132,15
Escavação de talude	3110	m	R\$ 4,21	R\$ 13.094,79	Ferro 8.0	12	m	R\$ 12,93	R\$ 161,08
Lona do fundo	409614	m²	R\$ 20,00	R\$ 8.192.282	Ferro 6.3	25	m	R\$ 9,55	R\$ 237,95
Lona da cupula	839809	m²	R\$ 20,00	R\$ 16.796.115	Arame n18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76
Base de concreto	3110	m		R\$ 0,00	tubulação				R\$ 2.805.830,
Tábua 25	4147	un	R\$ 26,91	R\$ 111.601,20	outros				R\$ 5.611.661
Pregos	2	pc	R\$ 9,16	R\$ 18,32	Edícula	18	m²	R\$ 1.113	R\$ 20.037,80
Concreto	184	m³	R\$ 416	R\$ 76.459,14	Motogerador	1	un		R\$ 0,00
Ferro 8.0	12442	m	R\$ 12,93	R\$ 160.869,96					
Ferro 6.3	7776	m	R\$ 9,55	R\$ 74.260,83					
Arame n18	5	kg	R\$ 7,76	R\$ 38,80				reais/m³	
Broca de concreto	436	un		R\$ 0,00	volume	500000		R\$ 72,95	
Escavação	654	m	R\$ 47,37	R\$ 30.979,99					
Ferro 8.0	2616	m	R\$ 12,93	R\$ 33.824,90					
Fixação da Lona				R\$ 0,00					
Chapa	3110	m	R\$ 24,22	R\$ 75.333,92					
parafusos	6221	un	R\$ 7,71	R\$ 47.962,39					
Transporte - gás				R\$ 0,00					
Outros				R\$ 0,00					
Concreto	0,18	m³	R\$ 416	R\$ 76,30					
Ferro 8.0	9	m	R\$ 12,93	R\$ 114,86					
Ferro 6.3	18	m	R\$ 9,55	R\$ 169,67					
Aramen18	1	kg	R\$ 7,76	R\$ 7,76					