



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
FACULDADE UnB PLANALTINA – FUP  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO  
RURAL – PPG – MADER

FREDERICO PINTO DA SILVA

**POSSIBILIDADE DE AUTONOMIA E SOBERANIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA  
BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM ASSENTAMENTO DA REFORMA AGRÁRIA:  
estudo de caso no projeto de assentamento Pequeno Willian-DF.**

PLANALTINA-DF  
2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
FACULDADE UnB PLANALTINA – FUP  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO  
RURAL – PPG – MADER

FREDERICO PINTO DA SILVA

**POSSIBILIDADE DE AUTONOMIA E SOBERANIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA  
BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM ASSENTAMENTO DA REFORMA AGRÁRIA:  
estudo de caso no projeto de assentamento Pequeno Willian-DF.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural pelo Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural do curso de mestrado acadêmico da Universidade de Brasília.

Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento rural sustentável e sócio biodiversidade.

Orientador: Dr. Mário Lúcio de Ávila

Co-orientador: Dr. Jean-Louis Le Guerroué

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UnB PLANALTINA  
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL

**Termo de Aprovação**

**POSSIBILIDADE DE AUTONOMIA E SOBERANIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA  
BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM ASSENTAMENTO DA REFORMA AGRÁRIA:  
estudo de caso no projeto de assentamento Pequeno Willian-DF.**

FREDERICO PINTO DA SILVA

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Professor Dr. Mário Lúcio, de Ávila – Presidente da Banca  
(Universidade de Brasília/FUP)

---

Professora Dra. Janaína Deane de Abreu Sá Diniz – Membro Efetivo Interno ao Programa  
(Universidade de Brasília/FUP)

---

Professor Dr. Vicente de Paulo Borges Virgolino da Silva – Membro Externo ao Programa  
(IFB/Campus Planaltina)

---

Professor Dr. Rômulo José da Costa Ribeiro – Membro Suplente  
(Universidade de Brasília/FUP)

*Aos meus pais Cristóvão Pinto da Silva e Maria do Socorro Tavares da Silva; a minha esposa Grazielle Teixeira Carneiro Pinto; aos meus filhos Ester Marianna Pinto Teixeira e Ezequiel Pinto Teixeira e aos meus irmãos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, criador dos céus e da terra, pela oportunidade de escrever essa Dissertação.

Ao Dr. Mário Lúcio de Ávila, meu orientador, pela orientação e apoio. Ao Dr. Jean-Louis Le Guerroué, meu co-orientador, que nos anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual.

Ao Dr. Vicente de Paulo Borges Virgolino da Silva, pela prontidão, interesse e atenção por esse trabalho. À professora Janaína Deane de Abreu Sá Diniz, por muito ter contribuído através de aulas e a todos os professores do programa, sem distinção, pela dedicação e amizade.

A todos os colegas do MADER, que muito se dedicaram a seus temas de pesquisa, tendo eu certeza da importante contribuição ao programa e como fonte de pesquisa, para manutenção e preservação do meio ambiente e ao desenvolvimento rural.

Ao Programa de Pós-Graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento Rural, da Faculdade de Planaltina da Universidade de Brasília, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À comunidade do Projeto de Assentamento Pequeno Willian, pela importância a esse trabalho de pesquisa, nas pessoas do Senhor Acácio Machado e Senhora Gustavina Alves da Silva.

A meus pais, pelo exemplo de luta, perseverança e dedicação aos filhos. A minha esposa querida, pela compreensão, apoio e companheirismo. Aos meus filhos, que muito me inspiração para escrever esse trabalho, fazendo refletir que é importante lutar por um mundo melhor, *ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável*, que garanta vida com qualidade as próximas gerações. Aos meus irmãos, pelo apoio e a todos familiares, amigos e colegas.

*Disse então ao homem: 'No temor do Senhor está a sabedoria, e evitar o mal é ter entendimento. (Bíblia Sagrada: livro de Jó 28:28).*

*Não tentes ser bem-sucedido, tenta antes ser um homem de valor. (Albert Einstein).*

## RESUMO

SILVA, Frederico Pinto da. **Possibilidade de autonomia e soberania energética através da biodigestão anaeróbica em assentamento da reforma agrária: estudo de caso no projeto de assentamento Pequeno Willian-DF.** 2015. 162. Dissertação (Mestrado) – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL – PPG – MADER, FACULDADE UnB PLANALTINA, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília, 2015.

As atividades agropecuárias são importantes do ponto de vista socioeconômico para o Brasil, principalmente oriundas de grupos que caracterizam agricultura familiar, como os assentados de reforma agrária. Os seus principais problemas dizem respeito à demanda de tecnologias apropriadas que permitam processos de autonomia, possibilitando outra relação com a matriz energética e uma menor dependência de insumos externos ao sistema produtivo local. O estudo propõe aos produtores assentados, que vivem em comunidades organizadas, meios para diminuir custos de produção, através da redução ou substituição da dependência energética e produção de adubo de origem orgânica. A tecnologia proposta para a produção de energia, com aproveitamento de resíduos orgânicos, é por meio da biodigestão anaeróbica, que produz o biogás e biofertilizante (adubo orgânico). Este estudo descreve a importância das atividades agrícolas familiares e coletivas, organizadas como as associações, que permitem a viabilidade de processos produtivos quando realizam suas tarefas produtivas em conjunto. Buscamos ainda demonstrar os vários benefícios ambientais econômicos e sociais para os assentados no uso da biodigestão anaeróbica pela análise de três modelos de biodigestores contínuos, os que mais se destacam como biodigestores rurais. A metodologia usada de estudo de caso possibilitou a coleta dos dados da pesquisa empírica do caso, realizado no Projeto de Assentamento Pequeno Willian, localizado na região administrativa de Planaltina no Distrito Federal. O estudo verificou a melhor técnica, através da análise de viabilidade econômica, bem como o dimensionamento que atendesse o suprimento de energia elétrica da comunidade. O dimensionamento partiu das necessidades de energia e da aptidão produtiva de criação animal da comunidade. Com o uso do gás (biogás) direcionado para a produção de energia elétrica, os resultados obtidos foram: a necessidade de rearranjo do modelo produtivos da comunidade nas atividades de criação de aves, para captação de seus resíduos; uso do biodigestor como uma fonte a mais de energia, atuando juntamente com a convencional; a possibilidade de substituição do uso do adubo químico pelo o orgânico, de forma gradativa, e a viabilidade econômica de instalação de um biodigestor central modelo chinês.

**Palavras-chave:** assentamento; autonomia, fonte renovável; desenvolvimento rural e organização social.

## ABSTRACT

SILVA, Frederico Pinto da. **Possibility of autonomy and energy sovereignty through anaerobic digestion in settlement of agrarian reform: case study in the settlement project Willian Small -DF.** 2015. 162. Thesis (MS ) - GRADUATE PROGRAM IN ENVIRONMENT AND RURAL DEVELOPMENT - PPG - MADER , UNB PLANALTINA COLLEGE , UNIVERSITY OF BRASILIA , Brasília , 2015 .

Agricultural activities are important from a socioeconomic perspective for Brazil, mainly coming from groups that characterize family agriculture as the agrarian reform settlers. Its main problems concern the demand for appropriate technologies to processes of autonomy, enabling other relationship with the energy matrix and reduce dependence on external inputs to the local production system. The study proposes the settled farmers who live in organized communities, ways to reduce production costs by reducing or replacing energy dependency and production of fertilizer of organic origin. The proposed technology for energy production, that use of organic waste, is through anaerobic digestion, which produces biogas and bio-fertilizer (organic fertilizer). This study describes the importance of family and collective agricultural activities, organized as associations, which allow the feasibility of production processes when they perform their productive tasks together. We seek for further demonstrate the various economic and social environmental benefits to the settlers in the use of anaerobic digestion by the analysis of three models of continuous digesters, the most highlighting as rural digesters. The methodology of case study enabled the collection of empirical research of the case data held in the William Small Settlement Project, located in the administrative region of Planaltina in the Federal District. The study found the best technique, through economic feasibility analysis, and the project that would meet the electricity supply of the community. The design emerged from the energy needs and productive aptitude animal husbandry community. With the use of gas (biogas) directed to the production of electricity, the results were: the need for the community's productive model rearrangement in poultry breeding activities, for raising their wastes; use of digester as an additional power source, working together with the conventional; the possibility of replacing the use of chemical fertilizers by organic, gradually, and the economic feasibility of installing a central digester Chinese model.

**Keywords:** settlement; autonomy, renewable source; rural development and social organization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama esquemático do biodigestor.....	40
Figura 2: Representação esquemática do processo de digestão anaeróbia, adaptado pelo autor. .....	43
Figura 3: Variação de temperatura no Distrito Federal - DF.....	45
Figura 4: Biodigestor modelo Chinês corte transversal.....	51
Figura 5: Biodigestor Indiano corte transversal. ....	59
Figura 6: Biodigestor modelo tubular corte transversal. ....	65
Figura 7: Planta de topo de escavação e dimensionamento da manta. ....	66
Figura 9: Fluxograma do estudo de caso. ....	86
Figura 10: Imagem aérea do local de estudo PA Pequeno Willian .....	161
Figura 11: Imagem da Entrada do P.A. Pequeno Willian .....	162

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estrutura fundiária do Brasil no ano de 2012.....	22
Tabela 2: Produção diária de dejetos por animal.....	32
Tabela 3: Evolução do Consumo Final de Energia no Brasil em milhares de <i>tep</i> . ....	33
Tabela 4: Concentração de gás metano em função do tempo de retenção hidráulica. ....	46
Tabela 5: Produção de biogás e densidade de diferentes dejetos animais.....	49
Tabela 6: Sugestões de mistura para carga diária do biodigestor.....	50
Tabela 7: Valor de <i>k</i> , calculado conforme equação 2 para diferentes criações. ....	50
Tabela 8: Relação das principais dimensões, para o biodigestor modelo chinês. ....	56
Tabela 9: Relação das principais dimensões, para o biodigestor modelo indiano. ....	63
Tabela 10: Relação das principais dimensões, para o biodigestor modelo tubular. ....	68
Tabela 11: Composição do Biogás segundo Barancelli (2007).....	70
Tabela 12: Equivalência energética do biogás em relação a outras fontes energéticas.....	71
Tabela 13: Aptidão produtiva de criação conforme pesquisa nas famílias, nos núcleos e no assentamento.....	98
Tabela 14: Demanda energética das famílias, dos núcleos e do assentamento. ....	100
Tabela 15: Valores calculados de demanda de biogás, dejetos e quantidade de animais, para o assentamento para os núcleos. ....	102
Tabela 16: Orçamento dos biodigestores chinês, indiano e tubular do assentamento, e dos núcleos A, B, C, D e E.....	103
Tabela 17: Comparação a viabilidade econômica dos projetos de biodigestores no assentamento e nos núcleos. ....	105
Tabela 18: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo chinês, para o assentamento.....	130
Tabela 19: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo indiano, para o assentamento.....	130
Tabela 20: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo tubular, para o assentamento.....	130
Tabela 21: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo chinês, para o núcleo A.....	131
Tabela 22: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo indiano para o núcleo A.....	131
Tabela 23: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo tubular, para o núcleo A.....	131
Tabela 24: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo chinês, para o núcleo B.....	132
Tabela 25: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo indiano, para o núcleo B.....	132

Tabela 26: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo tubular, para o núcleo B.....	132
Tabela 27: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo chinês, para o núcleo C.....	133
Tabela 28: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo indiano para o núcleo C.....	133
Tabela 29: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo tubular, para o núcleo C.....	133
Tabela 30: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo chinês, para o núcleo D.....	134
Tabela 31: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo indiano para o núcleo D.....	134
Tabela 32: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo tubular, para o núcleo D.....	134
Tabela 33: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo chinês, para o núcleo E.....	135
Tabela 34: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo indiano para o núcleo E.....	135
Tabela 35: Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo tubular, para o núcleo E.....	135
Tabela 36: Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para assentamento.....	136
Tabela 37: Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo A.....	138
Tabela 38 Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo B.....	140
Tabela 39: Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo C.....	142
Tabela 40: Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo D.....	144
Tabela 41: Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo E.....	146
Tabela 42: Análise da viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores modelo chinês, indiano e tubular, para o assentamento, com TMA de 7,16% ao ano.....	148
Tabela 43: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e payback, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo A, com TMA de 7,16% ao ano.....	150
Tabela 44: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo B, com TMA de 7,16% ao ano.....	152

Tabela 45: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo C, com TMA de 7,16% ao ano. ....	154
Tabela 46: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo D, com TMA de 7,16% ao ano. ....	156
Tabela 47: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo E, com TMA de 7,16% ao ano. ....	158

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução de ocupação de terras entre 2004 e 2013. ....	23
Gráfico 2: Evolução de áreas ocupadas entre 2004 e 2013. ....	23
Gráficos 3: Viabilidade dos projetos de biodigestores através do, paybacks, VPL, TIR, entre a implantação no assentamento e nos núcleos.....	106
Gráficos 4: Participação em porcentagem dos itens no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os custos totais (C. T.), para o assentamento. ....	137
Gráficos 5: Participação em porcentagem dos itens no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os custos totais (C. T.), para o núcleo A. ....	139
Gráficos 6: Participação em porcentagem dos itens no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os custos totais (C. T.), para o núcleo B. ....	141
Gráficos 7: Participação em porcentagem dos itens no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os custos totais (C. T.), para o núcleo C. ....	143
Gráficos 8: Participação em porcentagem dos itens no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os custos totais (C. T.), para o núcleo D. ....	145
Gráfico 9: Participação em porcentagem dos itens no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os custos totais (C. T.), para o núcleo E. ....	147
Gráficos 10: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores modelos chinês, indiano e tubular, para o assentamento, com TMA de 7,16% ao ano. ....	149
Gráficos 11: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e payback, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo A, com TMA de 7,16% ao ano. ....	151
Gráficos 12: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo B, com TMA de 7,16% ao ano. ....	153
Gráficos 13: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo C, com TMA de 7,16% ao ano. ....	155
Gráficos 14: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo D, com TMA de 7,16% ao ano. ....	157
Gráficos 15: Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo E, com TMA de 7,16% ao ano. ....	159

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
2.1. Reforma agrária .....	21
2.2. Meio ambiente e a sustentabilidade da produção agropecuária .....	28
2.3. Energia renovável .....	32
2.4. Uma breve abordagem Histórica dos biodigestores .....	36
2.5. Biodigestor .....	38
2.6. A biodigestão anaeróbia .....	40
2.6.1. Temperatura .....	44
2.6.2. Acidez e alcalinidade .....	45
2.6.3. Tempo de retenção .....	46
2.7. Tipos de biodigestores e modelos mais conhecidos no meio rural .....	47
2.7.1. Modelo chinês .....	50
2.7.2. Dimensionamento do biodigestor chinês .....	51
2.7.2.1. Construção e operação do biodigestor chinês .....	56
2.7.3. Modelo Indiano .....	58
2.7.4. Dimensionamento do biodigestor indiano .....	60
2.7.4.1. Construção e operação do biodigestor indiano .....	63
2.7.5. Modelo tubular .....	64
2.7.6. Dimensionamento do biodigestor tubular .....	65
2.7.6.1. Construção e operação do biodigestor tubular .....	68
2.8. Os subprodutos do biodigestor .....	69
2.8.1. O biogás .....	69
2.8.2. O biofertilizante .....	72
2.9. Análise de viabilidade econômica .....	73
2.9.1. Período de recuperação de capital – PRC ou payback.....	74
2.9.2. Valor Presente ou Valor Presente Líquido - VPL.....	75
2.9.3. Método Taxa Interna de Retorno - TIR .....	75
2.9.4. Fatores associados à viabilidade econômica do biodigestor.....	76
2.9.4.1. Organização social cooperativa.....	76

2.9.4.2.	Fontes de resíduos .....	80
3.	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	83
4.	RESULTADOS .....	87
4.1.	Caracterização do caso e o relato histórico do P.A. Pequeno Willian.....	87
4.2.	A organização atual do P. A. Pequeno Willian .....	89
4.3.	Principais desafios da comunidade.....	93
4.4.	A importância da organização social na viabilidade dos projetos agropecuários .....	93
4.5.	Aptidões produtivas dos núcleos e do assentamento.....	95
4.6.	Determinação de demandas energéticas .....	98
4.7.	Dimensionamento dos biodigestores para o assentamento e núcleos A, B, C, D e E.	101
4.7.1.	Calculo da necessidade de biogás, dejetos e das quantidades necessárias da produção. ....	101
4.7.2.	Dimensionamento dos biodigestores para os núcleos e assentamento .....	102
4.8.	Orçamento dos biodigestores do assentamento e dos núcleos .....	102
4.9.	Análise da viabilidade econômica dos projetos de biodigestores do assentamento e dos núcleos.....	103
4.10.	Análise de resultados técnico dos projetos de biodigestores .....	109
5.	DISCUSSÕES FINAIS .....	114
5.1.	Abordagem sobre a reforma agrária .....	114
5.2.	Energia renovável, fontes alternativas e sustentabilidade ambiental .....	115
5.3.	A biodigestão e os biodigestores .....	117
5.4.	A influência da participação coletiva nos projetos sociais para o assentamento.....	118
5.5.	Atividade de produção no funcionamento do sistema de biodigestão .....	120
5.6.	Análise de investimentos dos projetos de biodigestores .....	120
6.	REFERÊNCIAS .....	123
	APÊNDICE1 – Questionário de Pesquisa, aptidão produtiva de criação da comunidade .....	127
	APÊNDICE 2 – Mapa de distribuição das parcelas e núcleos do P.A. Assentamento Pequeno Willian .....	129
	APÊNDICE 3 – Tabelas de dimensionamento dos biodigestores.....	130
	APÊNDICE 4 – Tabelas e gráficos dos orçamentos dos biodigestores .....	136
	APÊNDICE5 – Tabelas e gráficos da análise de viabilidade econômica dos biodigestores..	148
	ANEXO 1 – Fluxograma da metodologia de estudo de caso .....	160
	ANEXO 2 – Imagem do local de estudo P. A. Pequeno Willian .....	161

## 1. INTRODUÇÃO

Levando-se em consideração a pobreza no mundo, Leite e Ávila (2007) dizem que a maior concentração encontra-se nos meios rurais, e segundo a FAO<sup>1</sup>, existem 3.233 milhões de pessoas em situação de pobreza, sendo que 2.881 milhões estão concentrados nos países classificados como “em desenvolvimento”. Leite e Ávila ainda afirmam que em muitos países a reforma agrária foi um sucesso porque priorizou a demanda do quadro social pelo direito à terra e acesso ao mundo do trabalho, sendo um importante condicionante para o sucesso da reforma agrária, aliar distribuição de terras a um conjunto de políticas que garantam a reprodução de vida dos seus beneficiários, o que não ocorreu na maioria dos casos dos países Latinos Americanos, incluindo o Brasil.

Em respeito às alterações e mudanças no meio ambiente, elas estão diretamente relacionadas às ações antrópicas. Os autores Tavares (2004), Barancelli (2007), Correia e Gimenes (2008), Santos (2009), Silva e Pfitscher (2012), dizem em seus estudos que as preocupações com os esgotamentos dos recursos naturais surgiram com a percepção de que a capacidade do ser humano de alterar o meio ambiente aumentou significativamente, podendo levar a consequências negativas, evidenciando interdependência entre a economia e o meio ambiente, na Pós-revolução Industrial. Os mesmos autores seguem afirmando que, uma das consequências dessas ações é a produção de resíduos orgânicos que são lançados ao solo, nos cursos d’água e nos lagos podendo levar ao desequilíbrio ecológico e à poluição. Os resíduos orgânicos em ambientes confinado levam à produção e emissão de gases que contribui para várias ocorrências danosas ao meio ambiente, além de contribuírem significativamente, para o aquecimento global.

Diante dos problemas gerados pela alta carga de resíduos orgânicos lançados ao meio ambiente, surge a necessidade de um tratamento, com principal objetivo de corrigir as características indesejáveis dos resíduos orgânicos, de maneira que esses resíduos finais, possam ser reciclados, ou seja, utilizados no sistema produtivo. Os autores Tavares (2004), Barancelli (2007), Correia e Gimenes (2008), Santos (2009), Silva e Pfitscher (2012), nos seus trabalhos, mencionam o método de tratamento pela biodigestão anaeróbica, dizendo que é o que tem demonstrado melhores desempenhos por apresentar, como resultados, o biogás e o biofertilizante que podem gerar receita adicional a ser utilizada em outras atividades da unidade de produção,

---

<sup>1</sup>FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, por meio ao site: <https://www.fao.org.br/>, pode se buscar mais informações a respeito dessa organização, aceso julho de 2014.

proporcionando redução de despesas, ou seja, a diminuição dos custos de produção das atividades agropecuárias das unidades produtoras.

As primeiras instalações de uso da tecnologia da biodigestão, se desenvolveram na Ásia. A utilização do biogás como fonte de energia motivou os Chineses, que passou a adotar o sistema a partir de 1958. Na Índia o uso da tecnologia se deu no mesmo período, sendo adotado como tecnologia de saneamento e de produção energética (BARANCELLI, 2007; LIMA, 2007 e SILVA e PFITSCHER, 2012).

O equipamento da tecnologia da biodigestão, denomina se biodigestor, e pode defini-lo como aparelho, destinado a conter a biomassa, ou seja, o resíduo orgânico, que é composta por resíduos e dejetos animais ou humanos e tendo como produto a produção do biogás e biofertilizante (BARANCELLI, 2007, p. 14). Monteiro (2005) diz que dentro do biodigestor se realiza o processo de digestão anaeróbia, que consiste em um processo bioquímico que degrada a matéria orgânica na ausência do oxigênio livre, favorecendo o desenvolvimento de organismos anaeróbios, que assimilam e destroem simultaneamente a matéria orgânica complexa, que por muitos e dependendo da forma e volume, ditas poluidoras, conforme sua disposição ao meio, a reduzindo em compostos simples e facilmente assimilados.

Tanto Monteiro (2005) quanto Barancelli (2007) em seus trabalhos dizem que o aparelho em si, no caso o biodigestor, toda via, não produz o biogás, uma vez que sua função é fornecer às condições propícias para que um grupo especial de bactérias, as metano gênicas, degrade o material orgânico, com a consequente liberação do biogás; Dentre esses aparelhos os modelos de biodigestores contínuos<sup>2</sup> mais difundidos e adaptados ao meio rural estão os modelos: chineses, indianos e tubulares.

Segundo Deganutti et al. (2002), Teixeira (2003), Barancelli (2007) e Mattos e Júnior (2011), podem dimensionar os seguintes biodigestores conforme às necessidades energéticas das unidades produtivas. Essa metodologia serve ao caso em estudo, que tem como objetivo o atendimento da demanda energia elétrica das famílias do assentamento, analisando a possibilidade da instalação entre os três modelos em núcleos ou um central; com base no dimensionamento e nas orientações construtivas pelos autores quantifica os materiais necessários para a construção

---

<sup>2</sup>Biodigestores contínuos: como o próprio nome diz, são os que diferem dos biodigestores bateladas, são os biodigestores que recebem carga continuamente, ou seja, constantemente, definido por Teixeira (2003).

dos projetos de biodigestores, possibilitando o custo total dos projetos através da realização de orçamento, tornando possível a análise de viabilidade econômica dos mesmos; considerando como benefício dos projetos a receita gerada pela economia de energia elétrica convencional, proporcionada pelo funcionamento do (s) mesmos. Os autores Noronha (1987) e Batalha (2001), auxiliam nas análises econômicas dos projetos, baseando na capacidade da contribuição dos mesmos, para isso usa-se três indicativos na análise econômica sendo eles: o período de recuperação de capital (PRC) (payback), o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), de forma a analisar cada proposta de projeto de biodigestor.

A partir da importância do sistema de biodigestão anaeróbica às pequenas propriedades, caracterizadas como de agricultura familiar foi o P A<sup>3</sup> Pequeno Willian escolhido como objeto do caso em estudo, servindo de referência na coleta dos dados e informações por meio de um tipo de DRP<sup>4</sup>, utilizando questionários estruturados e entrevistas; os dados coletados faz um diagnóstico da importância da organização ao assentamento, quantificam demanda de energia elétrica e determina a aptidão produtiva de criação animal dos núcleos e do assentamento.

Com base na importância da biodigestão ao meio ambiental e pela possibilidade da geração de energia e adubo orgânico, analisa sua aplicação as comunidades de projetos de reforma agrária, pensando na tecnologia como tecnologia possível de ser apropriada pelos mesmos, o estudo avalia a possibilidade da autonomia e soberania na produção de energia elétrica e ainda a produção de adubo orgânico. O presente estudo é realizado no Projeto de Assentamento Pequeno Willian, junto as famílias assentadas agricultores familiares, mediante a importância da classe de produtores rurais ao abastecimento alimentar interno do país, serviu de motivação ao presente estudo, que propõem uma tecnologia possível apropriação, de cunho característico social e dentro da possibilidade da gestão democrática em todos os seus níveis, sendo a tecnologia enquadrada como fonte alternativa de energia aos processos produtivos e sanitização de resíduos animal.

Partindo do pressuposto pela busca de eficiência produtiva, por meio do melhor aproveitamento dos resíduos orgânicos gerados das atividade de criação animal, que muito das vezes, não é aproveitado em sua máxima potencialidade como adubo orgânico, sendo lançado ao solo ou em água muitas vezes de forma inadequada, a tecnologia da biodigestão anaeróbica,

---

<sup>3</sup>PA - Projeto de Assentamento

<sup>4</sup>DRP - Diagnóstico Rural Participativo: metodologia de coleta de dados que usa metodologia participativa, geralmente aplicado a comunidades organizadas.

aproveita esses resíduos orgânicos produzindo nessas atividades produtivas, produzindo energia elétrica e reduzindo a carga orgânica dos resíduos em adubo orgânico ou biofertilizante mais facilmente assimilável pelas plantas.

### **Hipóteses**

A biodigestão anaeróbica é um sistema que produz o biogás e o biofertilizante, o biogás é um gás que pode ser utilizado na produção de energia elétrica e que pode ser implantado em pequenas comunidades rurais, dando a possibilidade da autonomia e soberania energética, a tecnologia também possibilita a produção do adubo orgânico o biofertilizante; com a possibilidade de apropriação da tecnologia pela comunidade; levando em consideração aspectos importantes e decisivos no uso da tecnologia a organização social da comunidade e a atividade produtiva de criação produtora dos resíduos que irá abastecer o sistema de biodigestão.

### **Objetivos**

- **Objetivo Geral**

- Avaliação da viabilidade técnica econômico de autossuficiência energética através da biodigestão anaeróbica no assentamento e a possibilidade da produção do adubo orgânico e avaliar a importância da organização social e da atividade produtiva animal no processo de viabilidade econômica da tecnologia.

- **Objetivos específicos**

- Estudar e avaliar o processo de organização social do projeto de assentamento, do caso.
- Pesquisar os modelos de biodigestor mais utilizados no meio rural e seus funcionamentos.
- Definir a produção animal, fonte geradora dos resíduos que servira para a alimentação do(s) biodigestor(es), pela pesquisa de aptidão produtiva da comunidade.
- Quantificar resíduos necessários no abastecimento do(s) projeto(s), consequentemente quantificar a produção da criação animal.

- Dimensionamento e orçamentos dos projetos de três modelos de biodigestores, conforme a demanda de energia elétrica da comunidade.
- Analisar a viabilidades econômicas dos projetos entre os três modelos e nas duas situações um por núcleo ou um central.

### **Justificativa**

- Autonomia e soberania na produção de energia elétrica de comunidade de projetos de assentamento de reforma agrária através do uso da biodigestão anaeróbica, como caso de estudo o assentamento Pequeno Willian;
- Analisando a viabilidade econômica de três modelos contínuos de projetos de biodigestores a ser implantados sobre duas condições distintas um por núcleo ou um central para todo assentamento.
- Possibilidade de apropriação de uma tecnologia que garanta energia elétrica e adubo orgânico à comunidade.
- Possibilidade da utilização da energia elétrica nas atividades domésticas e de produção.
- Possibilidade do uso de adubo orgânico o biofertilizante, nas atividades produtivas de agricultura do assentamento.
- Avaliar a importância da organização social aos projetos de cunho social, de gestão democrática.
- Avaliar a importância do processo produtivo da atividade de criação no processo da produção da energia elétrica e do adubo orgânico
- A motivação do uso da biodigestão anaeróbica, como fonte alternativa de energia, foi o fato de poder fornecer benefícios ambientais, sociais e econômicos aos projetos de reforma agrária, possibilitando melhorias na qualidade de vida dessas comunidades.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Reforma agrária

Martins (2000), define o termo reforma agrária<sup>5</sup>, como sendo todo e qualquer ato que defende a desconcentração de terras, quando esta se torna uma problemática histórica ao desenvolvimento da sociedade. Para compreender a real natureza dos impasses atuais é preciso remontar à origem da luta pela reforma agrária.

Sobre a história de luta pela reforma agrária, Sabourin (2013, p. 153) cita que os primeiros movimentos organizados em defesa da reforma agrária foram as ligas camponesas do Nordeste, a partir de 1945. Ele diz que nessa época, a luta pela terra vinha inserida num conjunto de reivindicações sobre os direitos elementares do trabalho, da saúde, da previdência, da escolarização, com base no direito à organização autônoma dos grupos sociais. A pressão das ligas camponesas levou o governo a instituir o Estatuto do Trabalhador Rural em 1963, dando, teoricamente, aos camponeses, os mesmos direitos adquiridos pelos trabalhadores urbanos. Tais direitos não foram realmente aplicados e deram lugar a expulsões massivas de trabalhadores do campo.

Outro acontecimento a respeito da reforma agrária ocorrido no Brasil foi a criação da Lei de Terras de 1850, como relata Martins (2000, p. 122), ela foi promulgada, por um Parlamento constituído de grandes fazendeiros e senhores de escravos; não havia participação de nenhum grupo popular reivindicando regime fundiário. Por essa Lei, dois distintos institutos foram unificados num só: o domínio, que pertencia ao Estado, e a posse útil, que era do particular. Por ter o domínio da terra, do estar em posse do senhorio, o Estado preservava o direito de desapropriar as terras às quais, não fossem produtivas. A Lei de Terras, porém, transferiu ao particular domínio e posse, criando uma espécie de direito absoluto, levando a ser a principal causa do latifúndio brasileiro e das dificuldades para dar a terra, plenamente, a uma função social.

Com o Golpe Militar em 1964, Sabourin (2013, p. 154) em seus trabalhos argumenta que houve um desencontro entre as organizações camponesas e o Estado; nesse sentido, foi editada a primeira lei de reforma agrária; mas o Estatuto da Terra, previa indenização aos proprietários em

---

<sup>5</sup>Reforma agrária - informações a respeito da história de luta dos movimentos sociais pela reforma agrária, no texto: O Processo histórico de luta da Reforma Agrária no Brasil, publicação de Sabourin (2013) e Martins, (2000).

caso de desapropriação; que acabou limitando o desenvolvimento de um programa de colonização, dirigido principalmente às terras do norte e centro-oeste.

Após o ocorrido, só em 1985, com a volta da democracia, foi definido o primeiro Plano Nacional de Reforma Agrária. No entanto, combatido pela classe patronal ruralista, este não chegou a ter aplicação relevante antes da Constituição de 1988. A **tabela 1** a seguir mostra a concentração de terras no Brasil, a ineficiência do sistema de distribuição e desconcentração. Mostrando tendência da política agrária no Brasil, que ainda persiste contra os anseios sociais (SABOURIN, 2013, p. 155).

**Tabela 1:** Estrutura fundiária do Brasil no ano de 2012.

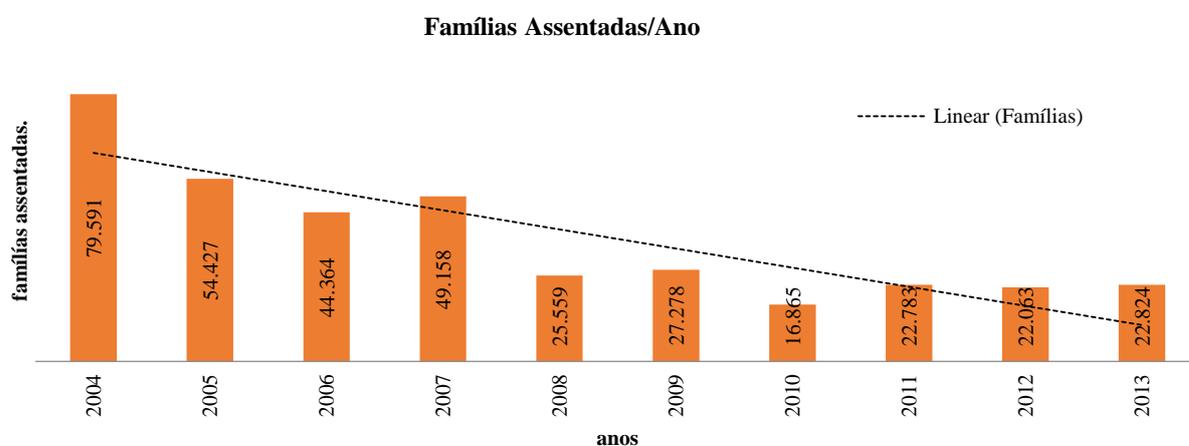
Classe de área (ha)	Número de propriedades	% dos estabelecimentos	Área total em (ha)	% da área	Superfície média
< 10	1.200.939	31,0	6.129.829,35	1,3	5,1
10 a 25	1.039.950	26,9	16.892.845,52	3,6	16,2
25 a 50	614.381	15,9	21.619.210,33	4,7	35,2
50 a 100	419.853	10,8	29.539.442,38	6,4	70,4
100 a 500	463.361	12,0	98.138.651,93	21,1	211,8
500 a 1.000	70.380	1,8	48.936.863,11	10,5	695,3
1.000 a 2.000	32.919	0,9	45.321.698,85	9,8	1.376,8
> 2.000	29.888	0,8	197.695.789,76	42,6	6.614,5
<b>Total</b>	<b>3.871.671</b>	<b>100</b>	<b>464.274.331,26</b>	<b>100</b>	<b>119,9</b>

Fonte: SNCR<sup>6</sup>, Apuração Especial realizada em fevereiro de 2012 adaptada pelo autor.

No cenário nacional identifica-se que de fato existe um grande número de trabalhadores e de filhos de pequenos agricultores à procura de terras nas regiões onde o emprego de assalariados agrícolas é mais concentrado (SABOURIN, 2013). Sabourin continua afirmando que, as estratégias dos movimentos sociais que lutam pela reforma agrária, consistem justamente em recrutar o máximo de candidatos possíveis, incluindo ex-trabalhadores rurais e/ou trabalhadores urbanos, constituindo em uma organização de massa, capaz de alistar numerosos membros para fazer pressão sobre o Estado. Os **gráficos 1 e 2** a seguir mostram a evolução de ocupação de famílias e áreas de terras no Brasil no período correspondente de 2004 a 2013.

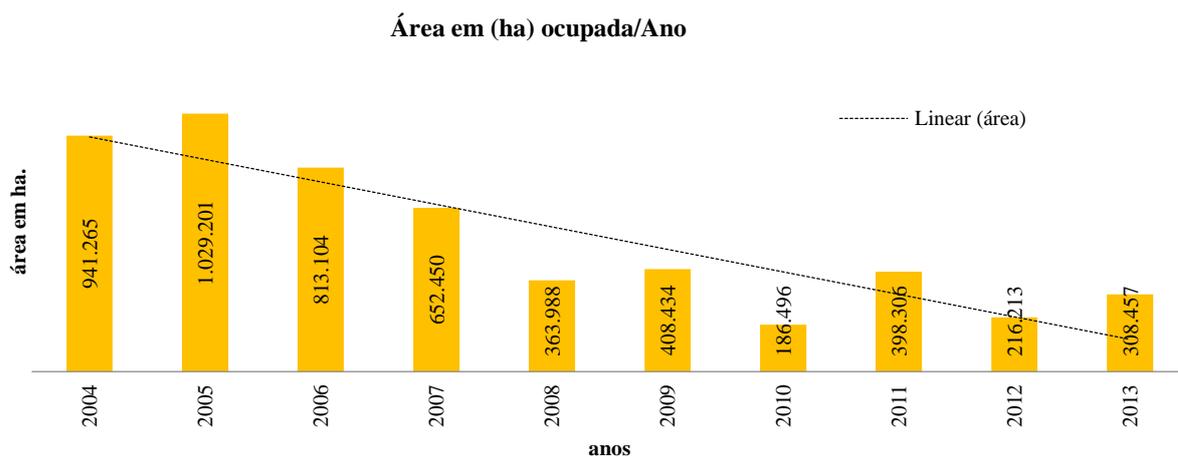
<sup>6</sup>SNCR - Sistema Nacional de Cadastro Rural, mais informações a respeito dos programas de reforma agrária site: <https://portalsncr.serpro.gov.br/>, último acesso em julho de 2014.

**Gráfico 1:** Evolução de ocupação de terras entre 2004 e 2013.



Fonte: CPT<sup>7</sup>, adaptada pelo autor.

**Gráfico 2:** Evolução de áreas ocupadas entre 2004 e 2013.



Fonte: CPT, adaptada pelo autor.

Na forma de como deve ser o processo de assentamento e seu desenvolvimento ainda há muita divergência. Na perspectiva desenvolvimentista, considera que a reforma agrária, deve ser como um programa de fortalecimento da agricultura familiar integrada ao mercado capitalista (baseada na pequena propriedade e no trabalho da família), representado pelo modelo europeu (SABOURIN, 2013, p. 164). No Brasil, ainda Sabourin afirma que essa forte tendência encontra-se fundamentada na justificativa do sucesso de uma grande parcela de beneficiários da reforma agrária, descendentes de europeus, nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

<sup>7</sup>CPT - Comissão Pastoral da Terra, <http://www.cptnacional.org.br/>, último acesso em julho de 2014.

Já Martins (2000) em seus estudos considera que o desenvolvimento da concorrência capitalista no seio da agricultura brasileira e mundial adveio da competição própria dos modelos da Revolução Verde e da tecnociência. Do ponto de vista da produção agrícola, tais produtores nunca poderão se tornar competitivos nessa perspectiva da Revolução Verde. Não obstante, segundo esse autor, a reforma agrária ainda pode ser justificada no Brasil como uma política social destinada a limitar o êxodo rural, a lutar contra o desenraizamento e a marginalização dos grupos rurais condenados à migração. Sendo uma questão de cunho social e de desenvolvimento humano.

Enquanto que em muitos países<sup>8</sup> o processo de desconcentração de terra se deteve as necessidades e anseios sociais como cita Leite e Ávila (2007, p. 786), dizendo que o sucesso da reforma agrária em outros países como o Japão em 1947, foi em função do pagamento de indenizações irrisórias aos antigos proprietários, o que foi fundamental para a desapropriação de um terço da área agrícola do Japão em apenas 21 meses, beneficiando quatro milhões de famílias. O Japão, desde o início do século, com a melhoria da tecnológica da agricultura, ao contrário de outros países, provocou aumento na produtividade da mão-de-obra, gerando renda para os agricultores individuais, e subseqüentes estímulos á pequenas indústrias de base rural.

Leite e Ávila (2007) colocam a importância dos fatores como melhorias de infraestrutura e educação rural para o sucesso de todas as experiências analisadas. Na mesma direção, afirma que a realização de uma reforma agrária somente lograria êxito caso está se realizasse em um âmbito mais amplo, fornecendo aos mais pobres não apenas o acesso à terra, mas também ao crédito, à extensão rural e outros serviços. O que, por consequência, redundaria numa distribuição do poder político, um maior sentimento de equidade e justiça social, e assim uma maior disposição da sociedade para as mudanças necessárias para o processo assim chamado de desenvolvimento.

Podemos afirmar categoricamente, com base num vasto arsenal de estatísticas sobre os mais distintos setores que, por exemplo, o Brasil é, sim, um país profundamente injusto. Isto é, os índices de concentração econômica (da renda, da terra, da produção etc.) são extremamente elevados. Nesse sentido o modelo do chamado “agronegócio” tem aprofundado essa desigualdade, na medida em que seu vetor de crescimento é acompanhado por um forte processo de concentração (do crédito, da terra, do espaço etc.), além de uma brutal ocupação de áreas de preservação e/ou

---

<sup>8</sup>Sobre países que lograram êxito, no quadro social, relativo à valorização e reconhecimento das reivindicações do quadro social, relativo a reforma agrária, que se deu em vários países os autores Leite e Ávila (2007), retratam com profundidade referente assunto.

de comunidades tradicionais (pequenos produtores, índios, extrativistas etc.) com a expansão das monoculturas (LEITE e ÁVILA, 2007, p. 798).

Nos municípios do Brasil, a partir da implantação dos projetos de reforma agrária houve alguns benefícios como a diversificação da produção agrícola, a inclusão no mundo do trabalho e o fortalecimento político dos beneficiários, cujas demandas por infraestrutura física e social não podem ser facilmente ignoradas. Martins (2000) e Leite e Ávila (2007) citam que o essencial é que haja um setor ponderável da sociedade reivindicando a ampliação do lugar da agricultura familiar no sistema econômico e que, em parte, essa agricultura familiar esteja nas mãos de pessoas que se ressocializam na luta pela reforma agrária e nela se politizam. É o que assegura no campo e no interior a diversificação das oportunidades de trabalho e a modernização não só econômica, como também das mentalidades e das relações sociais.

Lopes (1999) e Leite e Ávila (2007) acrescentam, que, o processo beneficiaria também os trabalhadores rurais assalariados visto que as pequenas propriedades empregam mais trabalhadores eventuais como complemento da força de trabalho familiar, além de acessar setores locais não agrícolas, na medida em que a renda dos pequenos agricultores é gasta preponderantemente em bens e serviços não agrícolas, produzidos em setores rurais não agrícolas locais. Portanto, não foi por falta de preocupação com essas questões que o processo reformista está do jeito que está, senão pela falta de decisão política, que nada mais é do que a demonstração cabal de desinteresse do governo pelos problemas sociais do povo brasileiro e, particularmente dos trabalhadores rurais sem-terra.

Neste sentido, a reforma agrária se torna parte de uma ação do Estado que reconhece a precedência das funções e dos interesses sociais e do Estado em relação ao direito de propriedade. Por meio da União, o Estado retira direitos territoriais do particular e os entrega à sociedade. São bens a cujo uso e gestão se sobrepõem os direitos atuais e futuros da sociedade. Trata-se do estabelecimento de progressivas, ainda que lentas limitações ao exercício do direito de propriedade em nome não só de sua função social, mas também de sua função política na soberania do Estado (MARTINS, 2000).

Sabourin (2013) e Leite e Ávila (2007) argumentam que para o Banco Mundial e o governo, o fato de se comprar as terras dos proprietários que desejam vendê-las, deveria aumentar a disponibilidade fundiária, flexibilizar os procedimentos e reduzir o custo da terra (por causa do custo dos recursos na justiça). Além disso, o fato de ter que reembolsá-la responsabilizaria e

comprometeria os beneficiários. O autor também sustenta que uma distribuição de terras, com a garantia e especificação clara dos direitos de propriedade, permite que os agricultores possam realizar maiores investimentos nas suas parcelas, como, por exemplo, mudanças técnicas que possam vir a aumentar o valor da propriedade. A principal diferença é que, em vez de obter a terra por concessão do Estado, os agricultores devem ressarcir-la com a ajuda de um crédito fundiário. De outra parte, as ajudas para infraestrutura (habitação), crédito e assistência técnica (a serem pagos após os dois primeiros anos) são menos favoráveis que aquelas do esquema clássico, já reduzidas em 1999. Os grandes proprietários de terras criticam o que seria a enorme taxa de abandono dos beneficiários da reforma agrária; em outros termos, o desperdício dos recursos públicos.

Os processos de expropriação de terras não cultivadas já eram raros e longos, seja por causa de alianças existentes entre poder judiciário e os proprietários, seja devido à corrupção. Em função da falta de meios de pressão dos sem-terra, esse tipo de medida se tornou praticamente impossível a partir do decreto de 1998, que proíbe a expropriação de uma propriedade ocupada. Daí em diante, as ações na justiça passaram justamente a ser intermináveis, o que aumenta o custo da reforma agrária de forma considerável. As únicas propriedades expropriadas e redistribuídas na forma de assentamentos coletivos eram e continuam sendo indenizadas aos seus proprietários, muitas vezes acima do preço de mercado (SABOURIN, 2013).

Segundo Lopes (1999), faz uma crítica ao governo dizendo que em síntese a proposta da “Nova Reforma Agrária<sup>9</sup>”, ao contrário do que vem sendo apregoado pelo governo, provavelmente tornarão a já lenta e insuficiente reforma agrária em execução (que a meu ver nada tem de reforma agrária, sendo meramente uma política de assentamentos rurais) ainda mais devagar e complicada. No fundo, Sabourin (2013) retrata que na verdade houve um verdadeiro retrocesso, ao invés de um avanço na correção da desigual distribuição da terra no Brasil e na inclusão de centenas de milhares de trabalhadores rurais sem-terra na repartição da renda e da riqueza produzida no nosso país. Os beneficiários são instalados em assentamentos coletivos e as habitações, agrupadas em agrovilas visando-se reduzir os custos de infraestrutura (estradas, eletricidade, água).

---

<sup>9</sup>“Nova Reforma Agrária”: o autor, Lopes (1999), faz uma crítica as políticas públicas populistas, que desconsidera a história de luta dos movimentos sociais, pelo direito a terra, sendo uma luta de caráter histórico e enraizada nas processo de distribuição de terras no Brasil.

Os efeitos simplificadores da concepção da história e limitadores de umas práxis consequente em relação à questão agrária se revelam aí. Eles se revelam na falta de uma providência prática em relação ao futuro e às gerações futuras, dada a aparente impossibilidade de encaminhar a questão de outro modo no presente. A história não é apenas o processo do atual, mas também a intervenção nas necessidades sociais e nas possibilidades do amanhã, quando o país se vê hoje em face de obstáculos politicamente intransponíveis para concretizar mudanças mais profundas. Outra preocupação dos assentamentos, é que grande maioria dos beneficiários da reforma agrária são analfabetos ou pouco escolarizados; geralmente são aqueles que já trabalharam no meio rural e foram assalariados em condições precárias, cortador de cana-de-açúcar, vaqueiro, meeiros; muitas das vezes eles não têm conhecimento nem experiência prática do sistema de produção de policultura/pecuária e menos ainda da administração de um lote. Raramente contam com uma experiência de organização coletiva anterior à do acampamento ou do assentamento. O apoio do Estado aos assentamentos (crédito, assistência técnica, capacitação) são tardios ou inexistentes por falta de recursos humanos e de convicção no seio dos serviços públicos de assistência técnica (MARTINS, 2000). Fato esse que alimenta o preconceito e o descaso pela política de reforma agrária, oligarquias fundiárias, o setor da agricultura patronal e grande parte da classe dos políticos empresariais brasileiros que fortalece o discurso contra a reforma agrária, sendo por princípio e ou medo, ou por defender seus privilégios, ou mesmo por simplesmente preconceito contra os pobres.

Por fim, Leite e Ávila (2007, p. 787) comenta que, sobre as dificuldades colocadas para a realização da reforma agrária nos anos 90, lista três possibilidades para o futuro agrícola mundial: o desemprego rural; a entrega das terras, pelos pequenos proprietários, a especuladores ou rentistas; ou o abandono da política de reforma agrária imposta pelo Estado em favor de uma redistribuição de terras orientada pelo mercado. Por outro lado, uma importante lição aprendida a partir da WCARRD<sup>10</sup> foi à necessidade de se aumentar os recursos públicos para o desenvolvimento agrário, visto que a demanda por alimentos apresenta crescimento, ao mesmo tempo em que a oferta de terras aráveis decresce continuamente. Assim, ainda segundo o autor, muito mais do que o mero acesso à terra, faz-se necessário o aumento da produtividade e, mais amplamente, a melhoria dos arranjos institucionais de apoio ao desenvolvimento rural. Um importante condicionante para o sucesso de reformas agrárias é aliar a distribuição de terras a um

---

<sup>10</sup>“WCARRD” - Conferência Mundial sobre a Reforma Agrária e o Desenvolvimento Rural, promovido pela FAO/ONU em 1979. Acesso o texto na íntegra em: [https://www.fao.org.br/download/cr\\_imprensa8.pdf](https://www.fao.org.br/download/cr_imprensa8.pdf), último acesso em julho de 2014.

conjunto de políticas que garantam além da competitividade, acesso aos fatores de produção de seus beneficiários, o que não ocorreu na maioria dos casos na América Latina. Reformas agrárias incompletas, que não garantiram inteiramente os direitos de propriedade dos seus beneficiários, não permitiram o acesso ao crédito e ao investimento, comprometendo em parte o desenvolvimento dessas novas unidades.

## 2.2. Meio ambiente e a sustentabilidade da produção agropecuária

Em relação ao meio ambiente Silva e Pfitscher (2012, p. 4) diz que a prevalência do sistema sócio econômico vigente, segundo os ditames cartesianos de usar, por, dispor, transformar e destruir os bens naturais, criando necessidades artificiais para poder satisfazê-lo, tudo com objetivo de lucros insaciáveis e a qualquer custo, criou um paradigma de pensamentos, hábitos, costumes e cultura em geral que tem apresentado consequências mortais e colocado à sobrevivência da sociedade contemporânea e do planeta em perigo.

Degradação acelerada de recursos naturais<sup>11</sup> compromete a qualidade de vida das atuais e futuras gerações, levando a sociedade a buscar modelos alternativos harmonizando assim o desenvolvimento econômico com a indispensável proteção ambiental. Os autores como Silva e Pfitscher (2012) e Assis (2004) ainda dizem que nosso planeta e a civilização humana não pode mais desperdiçar oportunidades e desprezar os danos que foram provocados ao clima e ao meio ambiente. Todos os aspectos devem ser considerados, tanto no meio artificial (construções de natureza urbanística) quanto no natural (formado pelos elementos: flora, fauna, água, solo, ar, etc.), propiciando melhorias na qualidade da saúde humana e o bem-estar da população.

A mudança global do clima é um dos mais graves problemas ambientais deste século, sendo que, como diz Barancelli (2007, p. 1), neste período registrou-se um aumento de cerca de 1°C na temperatura média da Terra. Este problema vem sendo causado pela intensificação da emissão dos gases de efeito estufa GEE<sup>12</sup>, que, por sua vez, está relacionada ao aumento da concentração

---

<sup>11</sup>“Degradações do Meio Ambiente por ações antrópicas”, assunto com mais detalhes pelos autores Silva e Pfitscher (2012) e Assis (2004).

<sup>12</sup>GEE - Gases de Efeito Estufa, os GEE, são os gases responsáveis pelo aumento do aquecimento global. Em: <http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/content/gases-de-efeito-estufa-gee>, último acesso em julho de 2014, detalha os principais responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. A classificação dos GEE segundo o site: regulados pelo Protocolo de Quioto são o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), o metano (CH<sub>4</sub>), os hidrofluorcarbonetos (HFC), os perfluorcarbonetos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

atmosférica de determinados gases, principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

As águas superficiais vêm sofrendo alterações que podem ser, em maior ou menor grau, de contaminações periódicas por micro-organismos provenientes da atmosfera por precipitação pluviométrica, do solo ou qualquer tipo de poluente que nela seja lançado. O lançamento de resíduos em curso d'água e lagos pode levar ao desequilíbrio ecológico e a poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, devido à demanda bioquímica de oxigênio DBO<sup>13</sup> e carga orgânica (ASSIS, 2004 e TAVARES, 2004).

A emissão de gases podem causar problemas as vias respiratórias de homem e animais, conforme afirma Barancelli (2007) e Santos (2009), bem como a formação de chuva ácida<sup>14</sup> através de descargas de amônia na atmosfera, além de contribuírem para o aquecimento global. Os autores ainda informam que quarenta e cinco por cento do gás metano<sup>15</sup> produzido no planeta provém de emissões naturais e os cinquenta e cinco por cento restantes provem de emissões antropogênicas, dentre essas as atividades agroindustriais. Logo, percebemos a grande participação do homem nas emissões do gás metano.

A partir dessa preocupação vêm se analisando políticas e diretrizes para que se possa conciliar às atividades econômicas a proteção ao meio ambiente. De acordo com Silva e Pfitscher (2012) e Uliana et al. (2009), se uma unidade produtiva, ao ser planejada, atender a todos os quesitos apresentados, através de ferramentas e procedimentos adequados, certamente ela atenderá a todas as requisições existentes relativas à qualidade ambiental. A busca por tecnologias que auxiliem na redução da poluição ambiental vem sendo objeto de estudo nos mais variados segmentos, principalmente, na área produtiva, incluído os produtores rurais, com vistas à melhoria da qualidade de vida da população.

Nas atividades agropecuárias, segundo Lima (2007) e Bartholomeu et al. (2007), o tratamento de resíduos de natureza orgânica podem ser feitos por meio de diversos processos, sendo o sistema de lagoas o mais comum. Esse sistema é uma solução de baixo custo, mas

---

<sup>13</sup>“DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio”, em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis\\_quimicas/demanda\\_bioquimica\\_de\\_oxigenio.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/demanda_bioquimica_de_oxigenio.pdf), dá CETESB informações, último acesso em julho de 2014.

<sup>14</sup>“Chuva ácida” - informações em: <http://www.infoescola.com/quimica/chuva-acida/>, último acesso em julho de 2014.

<sup>15</sup>“Gás metano (CH<sub>4</sub>)” - classificado como gás de efeito estufa pelo Protocolo de Quioto, um gás de maior efeito estufa do que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

apresentam a desvantagem de ser muito exigente em termos de espaço e de tempo de retenção, normalmente superiores há 100 dias, tornando o sistema de baixa eficiência.

A utilização de biodigestores apresenta eficiência muito maior que os sistemas de lagoas convencionais. A produção do biogás nesses equipamentos, ao degradar cerca de 60% a 90% da matéria orgânica, permite uma redução significativa dos tempos de retenção e facilita a realização dos trabalhos de limpeza das lagoas. A combustão do biogás transforma o metano (CH<sub>4</sub>) (principal gás componente) em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que possui menor potencial de aquecimento global, gerando assim um benefício ambiental (LIMA, 2007; BARTHOLOMEU et al., 2007).

Agricultores familiares têm essencialmente na família a sua força de trabalho e que também necessitam dos recursos naturais para seu pleno desenvolvimento, e que, portanto, se ressentem dos desequilíbrios e esgotamento desses necessários recursos. Como diz Silva e Pfitscher (2012) e Assis (2004), os problemas ambientais ocorrem por todo mundo, porém nos países de primeiro mundo estes problemas apareceram mais cedo. Consequentemente, também mais cedo estes países procuraram possíveis soluções, as quais, na atualidade, apresentam os primeiros resultados.

Focando a água como recurso essencial a reprodução da vida, o autor aponta que,

“[...] por ser um bem essencial, torna-se indispensável geri-lo, isto é, assegurar a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais pela valorização da água e dos meios hídricos, controlando a utilização e disposição da mesma no meio ambiente depois de requerida pelas diferentes atividades, visando sempre ao múltiplo aproveitamento que venha a encontro do desenvolvimento sustentável [...] (ASSIS, 2004, p. 108)”.

Silva e Pfitscher (2012) afirmam que para países como o Brasil, que o crescimento ainda é sinônimo de degradação ambiental e não de aumento de tecnologia e eficiência produtiva, com isso os mesmos problemas ambientais que surgiram nos países desenvolvidos no seu período de crescimento, para nós, aparece anos depois em relação aos primeiros, no entanto, a necessidade e a procura de soluções também tendem a surgir mais tarde, basicamente repetindo o processo dos países desenvolvidos, as soluções usadas no Brasil são cópias do que foi desenvolvido naqueles países. Entretanto, a causa dos problemas ambientais consiste, basicamente, na forma de desenvolvimento calcado na industrialização e na urbanização desenfreada em quase todos os países do mundo, despreocupados com a sustentabilidade do planeta (SILVA e PFITSCHER, 2012).

Continuam os autores Silva e Pfitscher (2012) afirmando que a sustentabilidade ecológica<sup>16</sup>, que se refere à capacidade do ambiente em suprir funções essenciais de manutenção da vida, tais como a purificação e reciclagem do ar e da água, papel que, no âmbito de uma bacia hidrográfica, por exemplo, é desempenhada pelos solos, matas ciliares, rios, cursos de água e banhados, que assimilam e depuram os dejetos humanos e animais, e pelas áreas e refúgios naturais de predadores de pragas agrícolas e habitacionais.

Todas as regiões do planeta, segundo Barancelli (2007); Monteiro (2005); Correia e Gimenes (2008); Silva e Pfitscher (2012), devem priorizar a produção de alimento saudável, orgânico e diversificado em abundância para seus habitantes, além de delimitar áreas específicas para o desenvolvimento natural dos ecossistemas locais. Os efeitos indesejados segundo os mesmos autores, que são causados pelo uso dos dejetos como fertilizante do solo, serão menores com o uso de sistemas de tratamento que reduzem principalmente a carga orgânica complexa dos dejetos in natura. Os autores ainda dizem que a escolha do processo a ser adotado, dependerá de fatores tais como: características do dejetos, do local, operação e recursos financeiros.

As estações de tratamento de resíduos orgânicos utilizam uma série de processos visando à redução das impurezas presentes nos efluentes para que os produtos resultantes atinjam características que permitam sua reutilização ou devolução ao meio ambiente sem causar impacto ao mesmo (CORREIA e GIMENES, 2008; TAVARES, 2004 e SANTOS, 2009).

Os autores Correia e Gimenes (2008), Tavares (2004) e Santos (2009) dizem a respeito do tratamento de resíduos orgânicos, que, espera verificar como resultados da biodigestão a produção de biogás e biofertilizante que poderão ser geradores de receita adicional a ser utilizada em outras atividades da propriedade, proporcionando diminuição nos custos de produção. Logo, esses tais subprodutos o gás metano (biogás) e a fração sólida orgânica (biofertilizante) dos resíduos podem ser utilizados para a produção de energia e adubação orgânica, possuindo valor econômico que pode tornar o processo rentável. A **tabela 2**, para efeito de conhecimento sobre o potencial de geração de resíduos orgânico pelas criações, a seguir segue a quantidade de dejetos produzidos por unidade animal, diariamente segundo Teixeira (2003).

---

<sup>16</sup>Sobre “sustentabilidade ecológica” - no texto: Amazônia socioambiental. Sustentabilidade ecológica e diversidade social, escrito por: Débora Lima e Jorge Pozzobon, em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/viewFile/10070/11642>; último acesso em agosto de 2014.

**Tabela 2:** Produção diária de dejetos por animal.

Tipo de animal	Produção de dejetos (em kg por dia)	Média <sup>17</sup> de produção de dejetos (em kg por dia)
Bovinos	10 – 36	23
Suínos	2,55 - 5,23	3,89
Aviários	0,1 – 0,14	0,12
Equinos	27	27
Caprino/Ovino*	2,8	2,8

Fonte: Teixeira (2003), **Biogás.**, adaptada pelo autor.

Existem inúmeras aplicações do biogás gerado a partir da biodigestão anaeróbica como forma de tratamento dos resíduos orgânicos produzidos das atividades agropecuárias, Coldebella et al. (2006) e Silva e Pfitscher (2012), afirma que não importa qual a forma de utilização do biogás fruto da biodigestão, sua utilização terá como resultado pelo menos uma das seguintes formas de energia: elétrica, térmica ou mecânica. Quando pelo menos uma dessas formas de energia for útil, o biogás irá proporcionar uma poupança de recursos, com importante valor econômico associado. O uso do biogás pode gerar renda e economias, fato que desperta um crescente interesse por esta tecnologia. É de responsabilidade de todo produtor rural, principalmente ao pequeno produtor ou um assentamento de reforma agrária, investigar as alternativas mais viáveis, calcular o investimento necessário e o tempo para amortização, tendo em conta as características específicas do local, o aproveitamento eficiente dos recursos vão garantir sua sustentabilidade e com isso a preservação e conservação do meio ambiente.

### 2.3. Energia renovável

Autores como Coldebella et al. (2006), Diaz (2006) e Santos e JR (2008), mostram que as tecnologias que convertem a energia disponível na natureza sejam dos ventos, das águas, do sol ou dos combustíveis fósseis permitem que o homem aumente sua capacidade de trabalho, com isso as tornam desejadas e necessárias em praticamente todas as atividades produtivas.

Quanto ao uso de fontes de energia e de tecnologias modernas, Goldemberg e Moreira (2005), diz que o seu uso final levou a mudanças qualitativas na vida humana, proporcionando tanto o aumento da produtividade econômica quanto do bem-estar da população. No entanto, mais do que o aumento do consumo de energia, são os serviços gerados pela energia que realmente conduzem a uma melhoria do bem-estar.

---

<sup>17</sup>“Média simples” da produção diária de dejetos por unidade animal, de diferentes explorações.

Já Luiz e Pucpr (2010, p. 2), pronuncia que o Brasil encontra-se em um período de desenvolvimento econômico robusto, em processo de mudanças na sua estrutura econômica e de produção de energia. Em 2006, o país inverteu a balança de importação de petróleo e hoje tem a possibilidade de se tornar um grande produtor de petróleo e gás natural com atuação internacional. No ano de 1970, os mesmos autores afirmam que, a principal matriz energética<sup>18</sup> era a lenha, representando 48% das necessidades brasileiras no uso final de energia. O petróleo, no mesmo ano, já representava 36% da demanda. Entre 1970 e 1990, o consumo de lenha reduziu para uma taxa de 2,9% ao ano. Com a crise energética dos anos 70, o Brasil investiu nas fontes energéticas hidráulicas e de cana-de-açúcar, que tiveram um ritmo de crescimento de 6,6% ao ano, entre os anos de 1970 e 2005.

Hoje, aponta o petróleo como predominante na matriz energética, com 41% de participação, e a eletricidade como a segunda forma mais utilizada, com 19%. Com a inserção do etanol na matriz, através da adição à gasolina, e mais recentemente com a popularização dos veículos flexfuel, a cana-de-açúcar representa 12% de participação na matriz energética nacional (LUIZ e PUCPR, 2010, p. 4). A **tabela 3** a seguir detalha a evolução do consumo final de Energia no Brasil em *tep*<sup>19</sup>.

**Tabela 3:** Evolução do Consumo Final de Energia no Brasil em milhares de *tep*.

	1970	1980	1990	2005	% ao ano 1970 – 2005
Derivados do Petróleo	21.040	44.770	44.944	66.875	3,4
Eletricidade	2.231	10.189	18.123	31.103	6,7
Produtos da cana	3.158	7.221	10.414	20.046	5,4
Lenha	28.345	21.862	15.636	16.119	-2,9
Gás natural	3	320	1.385	9.411	15,4
Outros	3.306	9.506	15.038	21.490	5,5
Total	59.083	92.868	105.540	165.044	3,0

**Fonte:** Brasil, Ministério de Minas e Energia: Matriz Energética Nacional.

Segundo Goldemberg e Moreira (2005), o Brasil é dotado de fontes de energia razoavelmente abundante considera a hidroeletricidade e as fontes de energia novas e renováveis como (pequenas centrais elétricas, eólicas, biomassa, solar etc.). Continuando os mesmos autores afirmam que, apenas o potencial hidrelétrico que se admite como aproveitável comercialmente representa 236 milhões de *tep* por ano, enquanto o consumo total de fontes primárias de energia foi de 201 milhões de *tep* em 2003, sendo 41% de origem renovável (hidroeletricidade com 14%,

<sup>18</sup>Sobre “matriz energética” brasileira ou nacional encontra-se no texto de Luiz e Pucpr (2010) e sobre “Balço energético Nacional” as publicações do Ministério de Minas e energia em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2 - BEN - Ano Base/1 - BEN Portugues - Inglxs - Completo.pdf>, último acesso em agosto de 2014.

<sup>19</sup>*tep* - tonelada equivalente de petróleo.

bagaço de cana 12%, lenha e resíduos de biomassa 13% e outros com 2%). Possuímos um sistema de energia relativamente “limpo”, contando significativamente com fontes de energia renovável<sup>20</sup>, como a biomassa e a hidroeletricidade. Não obstante, a questão importante é a de saber como os combustíveis fósseis são usados para satisfazer as necessidades de energia intensa das indústrias no setor manufatureiro, altamente intensivas no uso de energia, do aumento da urbanização e do rápido crescimento do setor de transportes rodoviários sem causar danos excessivos ao meio ambiente. Logo, é preciso enfatizar que a maior parcela de emissões de gases de efeito estufa no Brasil é derivada de fontes não renováveis.

Com a intensa utilização de recursos energéticos não renováveis, somada ao crescimento acelerado da população mundial, de dois e meio de bilhões em 1950 para cerca de seis bilhões em 2006, e pelas questões geopolíticas entre produtores, desencadearam as crises do petróleo de 1973 a 1979, por conta dos aumentos no custo do barril de petróleo. O advento da redução de recursos não renováveis, principalmente os derivados do petróleo, desencadeou no mundo inteiro uma crise, de ordem econômica refletido nas altas do barril. A necessidade de atender a demanda energética nas diversas áreas, causando o mínimo de impacto, seja ele social ou ambiental, fez surgir a busca e conseqüentemente a exploração de novas fontes, conhecidas como fontes alternativas de energias (COLDEBELLA et al., 2006; DIAZ, 2006 e SANTOS e JR, 2008).

Os autores Coldebella et al. (2006), Diaz (2006) e Santos e JR (2008) continuam dizendo que o cenário agropecuário com a transformação pós-revolução industrial, teve e vem tendo a cada instante de forma crescente, aumento da demanda por esse recurso. Logo o aumento na produção de alimentos está se tornando a cada instante condicionado diretamente à energia, conquistas tecnológicas relacionadas ao setor estão diretamente relacionadas a alguma forma a energia, dentre elas, as principais: energia elétrica e as derivadas do petróleo. As fontes alternativas mais promissoras são as que aproveitam a biomassa, a do vento, do sol e as de pequenos potenciais hidráulicos e com o advento da crise do petróleo, e pelo alto valor da transmissão e distribuição elétrica e as dificuldades territoriais, as comunidades rurais que geralmente são isoladas por questão geográfica dos grandes centros de distribuição de energia, são as mais atingidas pela falta de energia.

---

<sup>20</sup>Informações sobre “energias renováveis” em:

[http://www.energiarenovavel.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=17&Itemid=306](http://www.energiarenovavel.org/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=306), último acesso em agosto de 2014, e sobre “energias não renováveis” em:

<http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreeID=00/01&treeID=00/01&newsID=7>, último acesso em agosto de 2014.

O planejamento energético, precisa considerar não apenas a quantidade de energia a ser disponibilizada para a sociedade, mas também em que região ela é mais prioritária e de que forma pode ser acessível aos menos favorecidos (GOLDEMBERG e MOREIRA, 2005, p. 216). Logo, por esse motivo, faz das comunidades rurais, as mais dependentes das fontes alternativas; como alternativa adota-se esses sistemas isolados de geração sendo ainda a maioria deles considerados, fontes renováveis (COLDEBELLA et al. 2006; DIAZ, 2006; SANTOS e JR, 2008 e SILVA e PFITSCHER, 2012). Os autores ainda afirmam que a utilização de energia alternativa e ainda de preferência renovável, reduz a necessidade de ter sistemas de distribuição elétrica convencional, que são normalmente onerosos. Logo, maiores esforços em estudo e pesquisa devem ser empregados no uso dessas fontes, a fim de consolidar sua viabilidade técnico-econômica. Sendo essas bem aproveitadas, no auxílio às atividades humanas como a agricultura, no processamento de alimentos, cocção e o conforto, entre outros. O desenvolvimento das tecnologias que utilizam fontes renováveis de energia torna-se atrativas tanto ambientalmente como socialmente, pois possibilitam a criação de fontes de suprimento descentralizadas e em pequena escala, e isto, torna-se fundamental para o desenvolvimento de países em desenvolvimento.

Coldebella et al. (2006) e Silva e Pfitscher (2012) afirmam que dentre as fontes renováveis de energia, o Brasil tem destaque para as PCH<sup>21</sup>, biomassa e energia eólica. As energias renováveis no Brasil representaram mais de 85,4% da energia produzida internamente e utilizada, segundo dados preliminares do Balanço Energético Nacional 2009, realizado pela EPE<sup>22</sup>. Esses, dados mostram o potencial energético, e a possibilidade do uso da biomassa na produção de energia, atualmente.

A crise do petróleo, afetou praticamente todo o mundo, e em especial países em desenvolvimento, China e a Índia, criaram programas para disseminação da tecnologia da digestão anaeróbica procurando diversificar a matriz energética e melhorar as condições de vida em áreas rurais, onde a disponibilidade de energia elétrica e/ou combustíveis comerciais é limitada ou muitas vezes inexistente (DIAZ, 2006, p. 2). Nos países industrializados ditos primeiro mundo, principalmente da Europa, além da crise, a outra questão foram as ambientais que motivaram o uso da biodigestão, e incentivaram a difusão dessa tecnologia.

---

<sup>21</sup>PCH - Pequenas Centrais Hidrelétricas

<sup>22</sup>EPE - Empresa de Pesquisa Energética, informações sobre empresas de Energias em: <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>, último acesso em agosto de 2014.

No Brasil, pouco se desenvolveu o uso da biodigestão, sendo por sua vez, incentivados e implantados programas, como o PROÁLCOOL<sup>23</sup> e o PLANGÁS<sup>24</sup>, onde introduziram e aumentaram a participação do álcool combustível e do gás natural na matriz energética nacional para diminuir a dependência dos derivados do petróleo, e com isso diminuiu gastos de produção e a emissão de poluentes; mais tarde, foi criado o PROINFA<sup>25</sup>, com o objetivo da produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis de energia para diminuir a dependência pela hidroeletricidade (DIAZ, 2006, p. 2).

O uso da biomassa como fonte de geração de energia segundo afirmam Coldebella et al. (2006), Lima (2007) e Silva e Pfitscher (2012) podem gerar energia térmica que pode ser usada em sistemas de aquecimento na própria atividade agropecuária e a energia elétrica que pode ser usada em sistemas de iluminação ou em sistemas de refrigeração. Essa energia proveniente da biomassa, é a energia que se obtém durante a transformação de produtos de origem animal e vegetal para a produção de energia calorífica e elétrica. Na transformação de resíduos orgânicos é possível obter biocombustíveis como o biogás, o álcool e o biodiesel.

A energia solar é a principal responsável na produção da biomassa, logo,

[...] a biomassa formada a partir de energia solar, através do processo denominado fotossíntese. Por meio da fotossíntese as plantas que contêm clorofila transformam o dióxido de carbono e a água em materiais orgânicos com alto teor energético que, por sua vez, servem de alimento para os outros seres vivos. A biomassa através destes processos armazena a curto prazo a energia solar sob a forma de hidratos de carbono. A energia armazenada no processo fotossintético pode ser posteriormente transformada em calor, liberando novamente o dióxido de carbono e a água armazenados. Esse calor pode ser usado para diversas finalidades. Todos os materiais que têm propriedade de se decomporem por efeito biológico, isto é, pela ação de diferentes bactérias, são considerados biomassas[...] (SILVA e PFITSCHER, 2012, p 7).

Se as produções de eletricidade a partir de fontes renováveis fossem generalizadas, os sistemas de distribuição e transformação não seriam tão grandes distribuidores de eletricidade, mas funcionariam localmente, a fim de equilibrar as necessidades das pequenas comunidades (COLDEBELLA et al., 2006 e SILVA e PFITSCHER, 2012).

#### 2.4. Uma breve abordagem Histórica dos biodigestores

Segundo Barancelli (2007) e Monteiro (2005)<sup>26</sup>, a descoberta do gás metano se deu em 1776, pelo pesquisador italiano Alessandro Volta que descobriu que o gás metano existia

---

<sup>23</sup>PROÁLCOOL - Programa Nacional do Álcool

<sup>24</sup>PLANGÁS - Plano de Antecipação da Produção de Gás

<sup>25</sup>PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

<sup>26</sup>Publicações de Barancelli (2007) e Monteiro (2005), Informar sobre processo histórico do uso dos biodigestores.

incorporado ao chamado "gás dos pântanos", como resultado da decomposição de restos vegetais em ambientes confinados sendo o gás metano o principal componente do biogás, as principais características do biogás são inodoro, incolor e insípido, entretanto as presenças de outros gases conferem-lhe odor ácido, semelhante ao de vinagre ou ao de ovo podre. Os autores continuam dizendo que, embora as primeiras instalações operacionais destinadas a produzir gás combustível só tenham vindo a surgir nos meados do século XX, o biogás já era conhecido há muito tempo.

O início do uso dos biodigestores e as primeiras instalações de uso da tecnologia se desenvolveram primeiramente na Ásia. O primeiro digester em batelada foi posto em funcionamento regular em Bombaim, em 1900, na Índia adota o uso da biodigestão, com finalidades de saneamento e produção energética, contando com aproximadamente 300 mil. A utilização do biogás como fonte de energia, motivou os chineses a adotar o sistema a partir de 1958 onde, até 1972, já haviam sido instalados aproximadamente 7,2 milhões de biodigestores e atualmente são muitos mais, e dão uma grande contribuição para o saneamento do país, e na produção de alimentos e de energia (BARANCELLI, 2007; LIMA, 2007 e SILVA e PFITSCHER, 2012). Recentemente, vários outros países do continente europeu têm realizado programas de disseminação e uso de biodigestores.

A partir da crise energética 1973, a utilização de biodigestores passou a ser uma opção adotada tanto por países ricos como por países de Terceiro Mundo (BARANCELLI, 2007, p. 3). Na década de 70, Barancelli (2007, p. 3), aponta que a tecnologia foi trazida ao Brasil e foi apresentado aos agricultores como "a forma mais rápida e barata de se obter energia". Outra vantagem vendida era a proteção ao meio ambiente. Porém quando os produtores começaram a construir os biodigestores, veio à decepção, principalmente devido à falta de auxílio técnico e operacional. A proposta era cara e não funcionava com muita eficiência, sem contar o risco que representava no caso de manejo inadequado ou manutenção incorreta, problemas do mau dimensionamento e falta de capacitação dos produtores, no uso da tecnologia.

Com a desmotivação, os produtores decidiram que seria de maior vantagem o uso da energia elétrica convencional oferecida pelas concessionárias do governo e a utilização do gás de cozinha. A má fama surgida a partir da década de 70 fez o biodigestor praticamente desaparecer, sumindo do território na segunda metade dos anos 80. Uma série de fatores impediu a disseminação dos biodigestores nesse período (LIMA, 2007). Entre esses fatores, merecem destaque:

- ✓ A falta de conhecimento técnico sobre a construção e operação dos biodigestores;
- ✓ O custo de implantação e manutenção elevado;
- ✓ O aproveitamento do biofertilizante continuava a exigir equipamentos de distribuição na forma líquida com custo de aquisição, transporte e distribuição elevados;
- ✓ A falta de equipamentos desenvolvidos exclusivamente para o uso de biogás e a baixa durabilidade dos equipamentos adaptados para a conversão do biogás em energia;
- ✓ A ausência de condensadores para água e de filtros para os gases corrosivos gerados no processo de biodigestão;
- ✓ A disponibilidade e baixo custo da energia elétrica e do GLP<sup>27</sup>;
- ✓ A não solução da questão ambiental, pois os reatores utilizados na biodigestão, por si só, não são considerados como um sistema completo de tratamento, conclusão tomada devido ao mau manejo do sistema.

O autor continua dizendo que no Brasil, existem menos de 20 mil biodigestores instalados. Barancelli (2007) diz que o retorno da tecnologia aconteceu há poucos anos, com novas técnicas, baseadas na utilização de equipamentos e materiais de custo mais acessível na tentativa de inserção em um cenário voltado ao desenvolvimento sustentável e na agregação de valor à propriedade; sobretudo na agricultura familiar. Inegavelmente, a pesquisa e o desenvolvimento de biodigestores deram-se na Ásia, resultando em grande difusão da metodologia de biodigestores como forma de tratar os dejetos animais, obter biogás e ainda conservar o efeito fertilizante do produto final (biofertilizante) naqueles países (BARANCELLI, 2007). Logo observamos que a biodigestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo e seu emprego para a produção de biogás para a conversão em energia de cozimento e iluminação é muito popular nos países asiáticos, como na China e na Índia, e no Brasil a cada dia vem sendo implantado nas atividades agropecuárias, principalmente na agricultura que se caracteriza de caráter familiar (MONTEIRO, 2005).

## 2.5. Biodigestor

A respeito da tecnologia da biodigestão, Possa et al. (2010), Silva e Pfitscher (2012), Deganutti et al. (2002) e Barancelli (2007), dizem que a produção de biogás é possível com a utilização de um equipamento denominado de biodigestor. O biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico, em solução aquosa, onde sofre

---

<sup>27</sup>GLP - Gás liquefeito do Petróleo

decomposição, gerando o biogás e a produção do adubo orgânico biofertilizante, como resultado desta fermentação.

Os mesmos autores definem, o biodigestor como uma câmara hermeticamente fechada onde matéria orgânica diluída em água sofre um processo de fermentação anaeróbia (sem a presença do oxigênio livre), o que resulta na produção de um efluente líquido de grande poder fertilizador (biofertilizante) e gás metano (biogás). A matéria orgânica utilizada na alimentação do biodigestor pode se dar por resíduos ou dejetos de produção vegetal (poda, palha, folhas, etc.), de produção animal (esterco e urina) ou das atividades humana (fezes, urina e lixo orgânico).

Apesar de serem usados principalmente como fonte de produção de energia e biofertilizantes para produtores rurais, o biodigestor também pode ser usado como um sistema de tratamento dos resíduos considerados poluidores como, esgotos urbanos e de altas cargas orgânicas produzidas das atividades intensivas de criações. Logo, o biodigestor, é um reator biológico que degrada os dejetos animais e resíduos vegetais, em condições anaeróbias, produzindo um efluente líquido, o biofertilizante, e o biogás, que além de ser uma fonte alternativa de energia, é uma parte importante do ciclo do carbono (DEGANUTTI et al., 2002; BARANCELLI, 2007; POSSA et al., 2010 e SILVA e PFITSCHER, 2012).

Portanto, podemos definir o biodigestor como um aparelho destinado a conter a biomassa que é composta por resíduos e dejetos e tendo como produto a produção ou subprodutos o biogás e biofertilizante. Barancelli (2007), diz que "o biodigestor, como toda e grande ideia, é genial por sua simplicidade". Alves et al. (2005) e Lima (2007) em seus estudos dizem que os dejetos oriundos das atividades de criações e os esgotos domésticos, para dar partida no biodigestor, ou melhor, dizendo para seu início de funcionamento é menos problemático, posto que, já contém populações bacterianas necessárias para as fermentações.

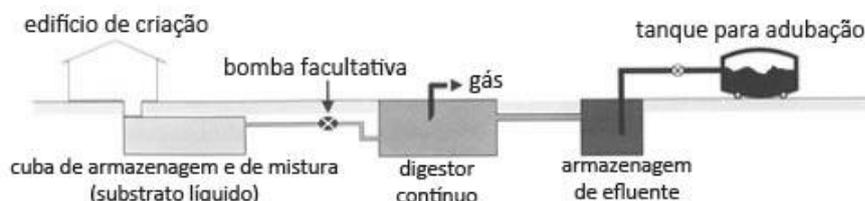
O correto dimensionamento do biodigestor deve levar em consideração o  $TRH^{28}$  ou tempo de retenção da biomassa no interior do biodigestor, a temperatura da biomassa e a carga de sólidos voláteis<sup>29</sup>. A queima por meio de equipamentos transforma o gás metano exalada pela decomposição da matéria orgânica ou biomassa, em energia e o resultado da combustão é o gás

---

<sup>28</sup>TRH - Tempo de Retenção Hidráulica.

<sup>29</sup>“Sólidos voláteis” na RESOLUÇÃO Nº 375, DE 29 DE AGOSTO DE 2006, em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>, do Ministério do Meio Ambiente, Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências, último acesso em agosto de 2014.

carbônico e água, que é vinte e uma (21) vezes menos poluente, que o gás metano quando jogado na atmosfera (SILVA e PFITSCHER, 2012). Observe a seguir a **figura 1** esquemática de funcionamento de um biodigestor.



**Figura 1:** Diagrama esquemático do biodigestor

A eficiência do biodigestor depende das condições específicas de operação, como temperatura e  $pH^{30}$  do meio, tipo de resíduo ou dejetos usado no processo, concentração de sólidos (carga orgânica) e  $TRH$  da biomassa no biodigestor, dentre outros. Apesar de a digestão anaeróbica ser um processo natural, sua otimização se torna necessária devido, principalmente, à dificuldade em se controlar no campo, alguns fatores como: temperatura,  $pH$ , teor de sólidos, tempo de retenção e composição do substrato, entre outros (LUCAS, 1987 apud ANGONESE et al., 2006). Por isso existe a necessidade no uso da tecnologia, de formação e capacitação em sua construção e operação, para que venha ser uma tecnologia de característica apropriada aos pequenos produtores rurais.

## 2.6. A biodigestão anaeróbia

Como vimos o biodigestor é um equipamento que favorece o processo de biodigestão<sup>31</sup> anaeróbica, que é uma das alternativas utilizadas para o tratamento de resíduos e dejetos, pelo fato de reduzir o potencial poluidor, e como resultado a produção de biogás e melhor possibilidade de uso do efluente como adubo orgânico e biofertilizante; a digestão anaeróbica pode ser considerada como um ecossistema onde diversos grupos de microrganismos trabalham na conversão da matéria orgânica complexa em estruturas mais simples e em novas células bacterianas. Os microrganismos que participam da decomposição anaeróbica podem ser divididos em três importantes grupos de

<sup>30</sup> $pH$  - potencial Hidrogênico ou potencial de Hidrogênio

<sup>31</sup>“biodigestão” processo responsável, pela produção de biogás e biofertilizante, nos biodigestores, detalhes nas publicações de Coldebella et al. (2006) e Monteiro (2005).

bactérias, que são as bactérias fermentativas, acetogênicas e as bactérias metano gênicas (COLDEBELLA et al., 2006 e MONTEIRO, 2005).

“[...] a digestão anaeróbia consiste em um processo bioquímico complexo que degrada a matéria orgânica na ausência do oxigênio livre, favorecendo o desenvolvimento de organismos anaeróbios, que assimilam e destroem simultaneamente a matéria orgânica complexa reduzindo a composto mais simples. A evolução do processo necessita apenas de seu confinamento em um espaço com condições favoráveis às reações bioquímicas inerentes da fermentação natural[...] (MONTEIRO, 2005, p. 1)”.

A digestão anaeróbia ou biodigestão é resultante da interação de uma população de microrganismos, que começa pela degradação dos compostos orgânicos (carboidratos, proteínas e lipídios) a ácidos orgânicos seguidos da transformação desses ácidos em produtos gasosos, nos quais predominam o metano e gás carbônico, é um processo em que alguns microrganismos, na ausência de oxigênio, interagem com a matéria orgânica e produzem o biogás. O biogás contém compostos simples como o metano - CH<sub>4</sub> e o dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>. O processo é bastante complexo e um elevado número de espécies de bactérias, produtoras ou não de metano, contribuem de algum modo para a formação deste gás; é suscetível a um controle rigoroso das condições ambientais, uma vez que o processo requer uma interação das bactérias fermentativas e metanogênicas. Dessa forma o sucesso do sistema anaeróbio depende de um balanço delicado do sistema ecológico (FERNANDES JR., 1989; MONTEIRO, 2005; RODRÍGUEZ et al., 1997 apud ANGONESE et al., 2006 e SANCHEZ et al., 2005 apud LIMA, 2007).

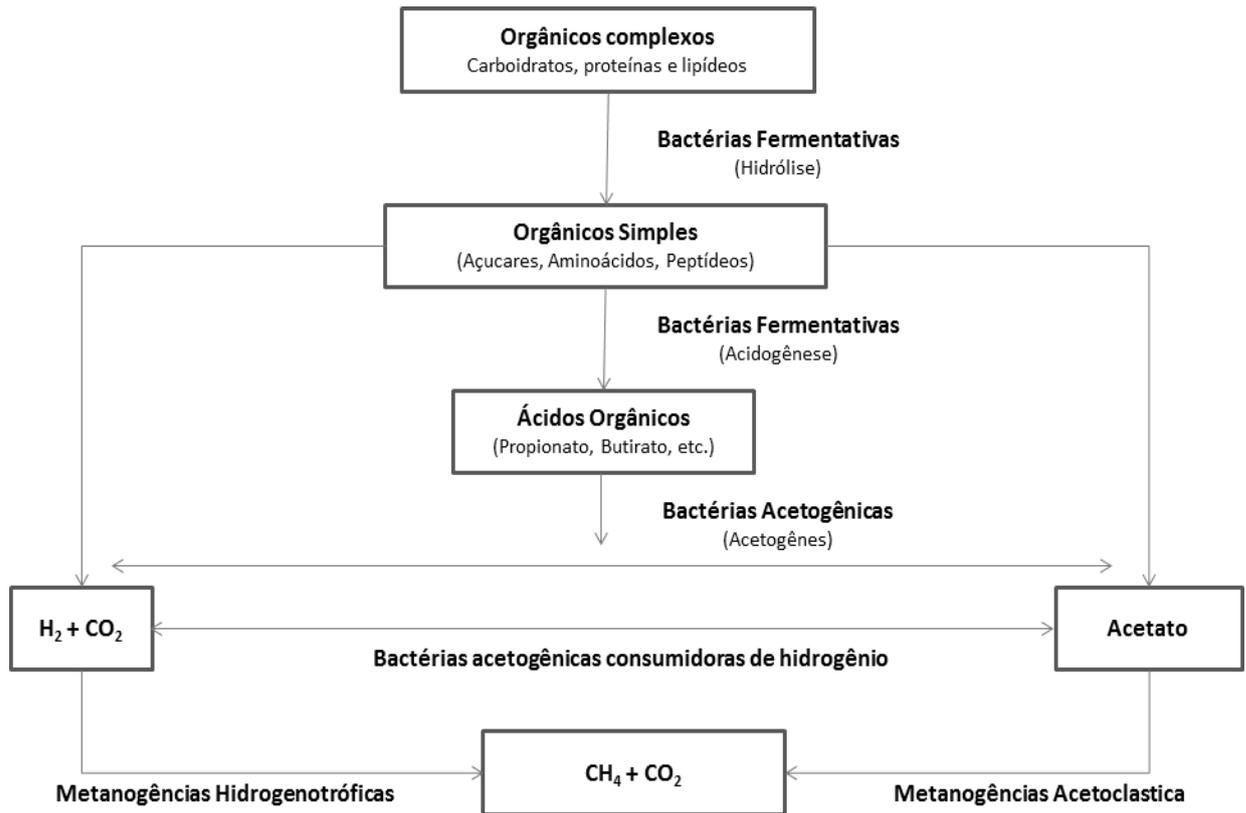
“[...] a biodigestão, ou fermentação, ou, ainda estabilização anaeróbia, objetiva, basicamente, à redução ao mínimo do poder poluente e dos riscos sanitários dos dejetos, resíduos, lixos, tendo, ao mesmo tempo, como subproduto deste processo, o biogás, que pode ou não ser aproveitado e o biofertilizante com várias aplicações práticas na propriedade rural [...] (OLIVEIRA, 2002 apud ANGONESE, CAMPOS, PALACIO, e SZIMANSKI, 2006, p. 3).

A biodigestão propicia redução da carga orgânica, ou seja, o tratamento presente de um resíduo e a possibilidade da produção do metano são as duas principais vantagens do tratamento anaeróbio. Os resíduos da produção agropecuária apresentam, na sua maioria, cargas orgânicas complexas e sólidos na sua composição. A tecnologia disponível para o tratamento desse resíduo, a digestão anaeróbia apresenta-se como grande potencial de aplicação, haja vista as características desses resíduos, que possuem elevada carga orgânica, favorecendo a ação das bactérias deste processo biológico. Para termos uma ideia em relação à produção de biogás, no tratamento anaeróbico, cada metro cúbico de biomassa em digestão pode produzir, em média, 0,64 m<sup>3</sup> de biogás/dia, sendo necessários de 20 a 30 dias para uma boa digestão dos resíduos. (ANGONESE et al., 2006 e BARANCELLI, 2007).

O processo de produção do biogás por meio da biodigestão anaeróbica, em biodigestores, pode ocorrer em três níveis de temperatura (LIMA, 2007 e POSSA et al., 2010). Com temperatura entre 45 a 60°C, o processo é considerado termofílico; de 20 a 45°C é mesofílico e a digestão anaeróbia da matéria orgânica com temperaturas menores que de 20 a 45°C é psicrófila. A maioria dos biodigestores anaeróbios, têm sido projetados para operar em temperaturas entre 20 e 45°C, portanto na faixa mesófila.

Outra condição importante na produção do biogás, pelo processo da biodigestão são os sólidos voláteis, responsáveis diretos pela produção de biogás; quanto maior concentração de sólidos voláteis na alimentação diária do biodigestor, maior será a produção de biogás. A digestão anaeróbia mostra seu importante papel, na redução significativa do potencial poluidor, mas deve atentar para cuidados de projetos, no dimensionamento e manejo, fazendo com que a biodigestão ocorra na sua maior eficiência, proporcionando tratamento adequado, maior aproveitamento da matéria orgânica e a produção do biogás (LIMA, 2007 e POSSA et al., 2010).

Os microrganismos presentes na biodigestão responsáveis pelo processo de estabilização da matéria orgânica, ou seja, na redução de sua forma complexa em forma simples, via biodigestor, podem ser divididos em bactérias fermentativas, acetogênicas e metanogênicas; e o processo de degradação anaeróbia da matéria orgânica, pode ser dividida em quatro etapas distintas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (MONTEIRO, 2005 e CAMPOS et al., 2011). Veja a representação esquemática abaixo das quatro etapas de degradação da matéria orgânica na **figura 2** a seguir.



**Figura 2:** Representação esquemática do processo de digestão anaeróbia, adaptado pelo autor.

Segundo Monteiro (2005), Barancelli (2007) e Campos et al. (2011), a decomposição anaeróbica desenvolve-se ao longo de quatro fases ou períodos distintas: **Período de hidrólise** - ocorre a liberação, pelas bactérias, no meio anaeróbico, de enzimas extracelulares, que causam à hidrólise das partículas orgânicas, transformando as moléculas em moléculas menores e solúveis ao meio; **Período de acidulação** - como o próprio nome indica que nesta fase as bactérias produtoras de ácidos degradam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (como ácido láctico e butílico), álcool, como o etanol, e gases, como amônia, hidrogênio e dióxido de carbono, entre outros; **Período de Acetogênese** - nesta etapa, as bactérias acetogênicas são responsáveis pela decomposição dos produtos da acidogênese. Os principais produtos deste processo são o acetato, o hidrogênio e o dióxido de carbono; **Período de Metanogênese** - as bactérias metanogênicas concretizam a fase final do processo, convertendo o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano. Estas bactérias podem ainda usar como substrato o metanol e outros compostos. Logo se faz necessário o estudo e conhecimento de fatores que podem aumentar ou diminuir o rendimento da biodigestão, como a temperatura, o pH e o Tempo de Retenção Hidráulica.

### 2.6.1. Temperatura

Assim como em outros processos biológicos, a digestão anaeróbia depende fortemente da temperatura<sup>32</sup>, onde a faixa relativa para uma máxima eficiência da biodigestão é de 30 a 35°C. Em sistemas biológicos a influência da temperatura se faz importante, pois está afeta diretamente a velocidade das reações bioquímicas, conseqüentemente o desenvolvimento de microrganismos e a produção de biogás que estão intimamente relacionados a esse parâmetro. O que pode tornar inviável a aplicação deste processo em regiões de clima frio conforme os autores Monteiro (2005) e Barancelli (2007).

Continuando Barancelli e Lima afirmando que o pleno desenvolvimento de cada grupo de bactéria está intimamente relacionado com a temperatura do meio e com sua variação. Em cada grupo, quanto maior a temperatura do meio maior a atividade microbiana e conseqüentemente maior a produção de biogás, entretanto quando para um determinado grupo de bactérias a temperatura afasta-se da faixa na qual a bactéria tem seu melhor desenvolvimento ocorre queda no crescimento ocasionando a redução da produção do biogás. Logo, existe uma relação da atividade dos microrganismos à temperatura, onde as bactérias metano gênicas têm seu limite máximo de crescimento a 44°C, a produção de biogás é mais elevada na faixa termofílica e, em termos gerais, a taxa de produção se eleva com a temperatura (BARANCELLI, 2007 e LIMA, 2007). Manter a temperatura dentro da faixa na qual as bactérias produzem o biogás é mais importante do que atingir a temperatura ótima, pois, o choque térmico é o fator de maior influência nas atividades metabólicas dos microrganismos.

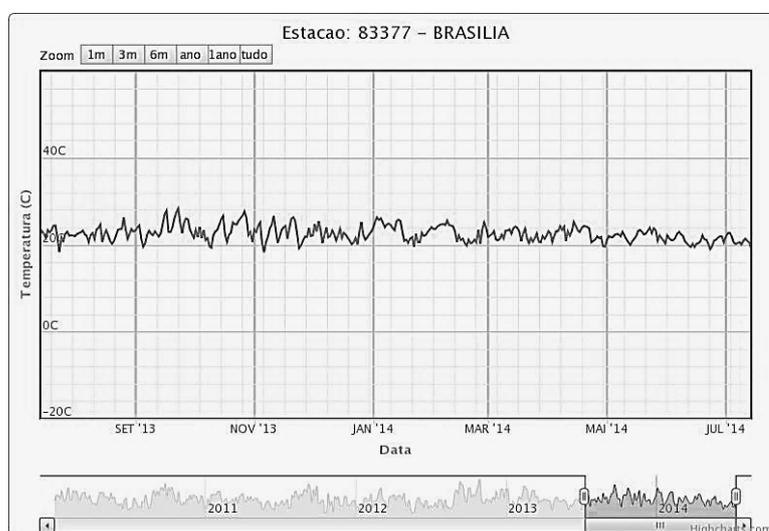
Os microrganismos produtores de metano são muito sensíveis a variações de temperatura, sendo preciso assegurar a sua estabilidade, seja através do aquecimento interno ou de melhor isolamento térmico da câmara de digestão durante os meses de inverno, principalmente nos estados do Sul do Brasil, pois nos meses de inverno é que ocorre uma maior demanda por energia térmica e um tendência dos biodigestores em produzirem volumes menores de biogás (BARANCELLI, 2007 e LIMA, 2007).

---

<sup>32</sup>Importância do controle de “temperatura”, texto publicado em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2006/epg/01/EPG00000338\\_ok.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2006/epg/01/EPG00000338_ok.pdf), título: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE BOVINOS E SUÍNOS, de Adélia Pereira Miranda, Luiz Augusto do Amaral e Jorge de Lucas Junior, último acesso, agosto de 2014.

Sendo assim, pode-se considerar que as bactérias predominantes na digestão anaeróbia, que ocorre no biodigestor, são predominantemente as mesofílicas, cuja faixa de temperatura situa-se entre 20 e 45°C. A produção de biogás é estimada, entre outros fatores, pela temperatura de operação do biodigestor. No Distrito Feral, a faixa de temperatura da biomassa situa-se acima dos 25°C podendo atingir a 32°C (LIMA 2007).

A região do Distrito Federal é uma região de temperatura, de pouca variação, como pode ser observado na **figura 3** a seguir, em que no período correspondentes de julho de 2013 a julho de 2014, a temperatura média foi de 23°C, sendo a máxima 28°C e a mínima 18°C, sendo a máxima registrada em setembro de 2013 e a mínima em novembro de 2013.



**Figura 3:** Variação de temperatura no Distrito Federal - DF.

Fonte: INMET<sup>33</sup> [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_conv\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf), último acesso agosto de 2014.

### 2.6.2. Acidez e alcalinidade

O controle do pH no processo da biodigestão anaeróbio é outro fator importante, o pH mantendo a uma faixa estreita de variação, entre 6,6 a 7,6 tendendo a neutralidade (pH=7,0), será considerado bom para a fase metanogênica. As populações de bactérias para a fermentação ácida são pouco sensíveis a valores altos ou baixos de pH. Deste modo, com o pH baixo, a fermentação ácida pode prevalecer sobre a fermentação metanogênica, tendo como resultado o “azedamento” do conteúdo do biodigestor, fazendo do controle do pH fator importante no processo de biodigestão anaeróbia, os microrganismos do processo de biodigestão são seres vivos que

<sup>33</sup>INMET - Instituto Nacional de Meteorologia: órgão governamental com informações completas sobre o tempo e o clima em todo Brasil. Informações no site: <http://www.inmet.gov.br/portal/>, último acesso, agosto de 2014.

necessitam de meios propícios aos seus desenvolvimentos (TEIXEIRA, 2003; MONTEIRO, 2005; BARANCELLI, 2007).

Logo, continuando os mesmos autores, o pH<sup>34</sup> do processo pode ser mantido entre 6 a 8, considerado ótimo de 7 a 7,2, sendo normal no início da fermentação que o mesmo caia, devido a presença das bactérias acidogênicas, responsável pela segunda fase da biodigestão quando há produção de CO<sub>2</sub>, esse valor é rapidamente normalizado quando os ácidos voláteis e compostos de nitrogênio são digeridos, e compostos de amônia são formados. Nesse ponto, o pH se estabiliza.

### 2.6.3. Tempo de retenção

Conforme resultado obtido no trabalho desenvolvidos por Miranda et al. (2007) citado por Barancelli (2007), foram avaliados diferentes tempos de retenção hidráulica<sup>35</sup> (dias) e medidas as concentrações de metano, estes sugerem que, dentro dos limites operacionais impostos nos experimentos relativos ao trabalho, o parâmetro tempo de retenção não influencia na qualidade do gás gerado. Os resultados obtidos por Miranda são apresentados na **tabela 4** a seguir.

**Tabela 4:** Concentração de gás metano em função do tempo de retenção hidráulica.

Tempo de retenção hidráulica (dias)	Concentração de metano (%)
13	61,43
20	63,19
30	63,48

Fonte: Miranda (2007) apud Barancelli (2007).

O tempo de retenção ou de digestão varia em função do tipo, granulometria, temperatura e Ph da biomassa, etc., recomendam-se, tempo de retenção de 4 a 60 dias. Normalmente, o tempo de digestão para esterco de animal doméstico em digestores, situa-se na faixa de 10 a 30 dias (TEIXEIRA, 2003).

$$TRH = \frac{VD}{VC} \quad 1.$$

Onde:

VD – Volume do digestor  $m^3$ ;

VC – Volume de Carga adicionada por dia  $m^3/dia$ .

<sup>34</sup>Influência do “pH”, na biodigestão no texto AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE BIOESTABILIZAÇÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS de Wilton Silva Lopes, Valderi Duarte Leite e José Tavares de Sousa, em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/iii-045.pdf>, último acesso, agosto de 2014.

<sup>35</sup>Sobre “Tempo de Retenção Hidráulica” no texto BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE BOVINOS LEITEIROS SUBMETIDOS A DIFERENTES TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRÁULICA, de Cecília Maria Costa do Amaral, Luiz Augusto do Amaral, Jorge de Lucas Júnior, Adjair Antônio do Nascimento, Daniel de Souza Ferreira e Márcia Rita Fernandes Machado, em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n6/a35v34n6.pdf>, último acesso, agosto de 2014.

## 2.7. Tipos de biodigestores e modelos mais conhecidos no meio rural

Esses sistemas se adaptam bem às condições climáticas brasileiras e possuem outras vantagens como baixo custo operacional e produção de energia. Os autores Monteiro (2005), Deganutti et al. (2002) e Barancelli (2007) dizem que o emprego da tecnologia anaeróbia no tratamento de efluentes tem crescido na América Latina, principalmente no Brasil. Este processo tem se mostrado uma alternativa viável para o tratamento de efluentes agropecuários e muitas das vezes urbanos, e tem apresentado alto rendimento na capacidade do tratamento dos resíduos orgânicos e na produção de biogás, com potencial para a produção de energia.

Existem vários tipos de biodigestores, mas em geral, todos são compostos, basicamente, de duas partes: um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da biomassa, e o gasômetro (campânula), para armazenar o biogás. Os biodigestores são câmaras que possibilitam a digestão anaeróbia da matéria orgânica produzindo seus resíduos, que o torna vantajoso em relação aos outros sistemas de tratamentos de resíduos orgânico, o biogás e biofertilizante (DEGANUTTI et al., 2002; MONTEIRO, 2005 e BARANCELLI, 2007).

No abastecimento da biomassa, Deganutti et al. (2002), Monteiro (2005) e Barancelli (2007), dizem que, o biodigestor pode ser classificado como contínuo, com abastecimento diário de biomassa e descarga proporcional à entrada e não contínuo, quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, retendo-a até a completa biodigestão, ou seja, completar o tempo de retenção conhecido também como de batelada ou intermitente.

Os autores Deganutti et al. (2002), Monteiro (2005) e Barancelli (2007) afirmam que, os biodigestores podem ser construídos de diversos materiais e possuir diversas formas, de pedra, tijolo e a campânula de ferro, fibra de vidro ou PVC e etc., material e mão-de-obra disponível na propriedade, pode influenciar na escolha do tipo de biodigestor, com a finalidade de reduzir custos. Podemos definir o biodigestor e sua funcionalidade. Tal aparelho, contudo, fornece às condições propícias para que um grupo especial de bactérias, as metanogênicas, degrade o material orgânico, com a consequente liberação do biogás. Dentre os modelos de biodigestores contínuos mais difundidos e adaptados ao meio rural estão os modelos<sup>36</sup> indianos, chineses e os tubulares

---

<sup>36</sup> Dentre os “modelos” de biodigestores rurais, no texto: BIODIGESTORES RURAIS: MODELO INDIANO, CHINÊS E BATELADA de Roberto Deganutti, Maria do Carmo Jampaulo Plácido Palhaci, Marco Rossi, Roberto Tavares e Roberto Tavares, em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores\\_000g76qdzev02wx5ok0wtedt3spdi71p.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzev02wx5ok0wtedt3spdi71p.pdf), último acesso, agosto de 2104.

(MONTEIRO, 2005 e BARANCELLI, 2007). Estes três modelos de biodigestores devem ser abastecidos continuamente com o material a ser fermentado (biodigestores contínuos).

Para casos de efluentes de teores elevados de sólidos até 25% podem-se usar biodigestores do tipo batelada<sup>37</sup>, que são particularmente de interesse quando da geração descontínua de dejetos. Os tamanhos e os tipos dos biodigestores devem 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 (MONTEIRO, 2005 e BARANCELLI, 2007). Para dimensionar o sistema de biodigestão anaeróbica, parte de critérios relacionados às finalidades de projeto conforme Teixeira (2003):

- Quando pretende utilizar o projeto, na função de atender as necessidades energéticas básicas por meio do uso do biogás, o dimensionamento é em função da demanda específica, de casa família e/ou atividade, servindo mais as pequenas propriedades rurais, onde o objetivo principal é a produção energética.
- Quando se pretende usar o projeto na possibilidade e necessidade de reduzir a carga orgânica poluente de resíduos ou dejetos de atividades agropecuárias ou industriais, comumente utilizado nas atividades intensivas de confinamentos, onde a finalidade principal é o tratamento dos resíduos.

Segundo Silva e Pfitscher (2012, p. 2), o biodigestor está sendo uma das saídas para a reciclagem de resíduos, diminuindo a contaminação do solo e da água, produzindo biogás como fonte de energia e o uso de biofertilizantes nas lavouras e pastagens, com processo de tratamento adequado no biodigestor, favorecendo a remoção efetiva dos microrganismos patogênicos. Desta forma os mesmos autores afirmaram que, o adubo orgânico (resíduo da biodigestão) pode ser utilizado nas áreas agrícolas dentro das necessidades, com redução de uso de adubos químicos melhorando a estruturação dos solos, aumentando a capacidade de produção. Continuando os mesmos autores em seus estudos dizem que o tratamento adequado dos resíduos de criações animais, por exemplo, produz energia renovável totalmente ecológica e biofertilizante, baixando custo e melhorando a sustentabilidade com melhores pastos com adubo retirado do biodigestor. Confirmando Lima (2007, p. 18) diz que esses projetos além dos benefícios ambientais podem

---

<sup>37</sup> Biodigestores do tipo “Batelada” são mais empregados para substratos com teor de sólidos totais acima de 25%, no texto: ESTUDO QUALIQUANTITATIVO DO BIOGÁS PRODUZIDO POR SUBSTRATOS EM BIODIGESTORES TIPO BATELADA, de João A. Galbiatti, Anaira D. Caramelo, Flavia G. Silva, Eliana A. B. Gerardi e Denise A. Chiconato, último acesso, agosto de 2014.

gerar renda para os proprietários rurais e trazer grandes benefícios ambientais, tanto para o planeta, quanto para as áreas de produção.

Para funcionamento do biodigestor, os materiais para a produção de biogás são os resíduos da produção vegetal (restos de cultura), produção animal (esterco e urina) ou da atividade humana (como fezes, urina e lixo doméstico), conforme (POSSA et al. 2010, p. 1-2).

Existe atualmente uma gama muito grande de modelos de biodigestores, sendo cada um adaptado a uma realidade e uma necessidade de biogás, neste trabalho trataremos exclusivamente de biodigestores utilizados em pequenas propriedades no meio rural. Para o dimensionamento do biodigestor usaremos como referencial teórico Teixeira (2003), por ele projeta o biodigestor em função da necessidade de consumo de biogás.

No dimensionamento de biodigestores, é preciso determinar o fator  $k$ , que é o fator de rendimento  $m^3/m^3$ , isto é,  $m^3$  de biogás produzido/ $m^3$  de substrato, que depende do dejetos e da proporção recomendada de água, podemos calculá-lo da seguinte maneira.

$$k = \frac{A \times B \times C}{TRH} \quad 2.$$

Onde:

$A$  – Produção média de biogás ( $m^3$  de biogás /kg de dejetos);

$B$  – Densidade média de dejetos ( $kg/m^3$ );

$C$  – Relação de mistura dejetos e água para uso no biodigestor ( $m^3$  de dejetos /  $m^3$  de água).

$TRH$  – tempo de retenção hidráulica em (dias).

A **tabela 5** a seguir, apresenta a produção de biogás e densidade de dejetos a partir de diferentes fontes de atividades de criação animal.

**Tabela 5:** Produção de biogás e densidade de diferentes dejetos animais.

Espécie/Atividade	Produção de biogás ( $m^3$ de biogás/kg de dejetos)	Produção média de biogás ( $m^3$ biogás/kg de dejetos)	Densidade média <sup>38</sup> de dejetos ( $kg /m^3$ )
Avicultura	0,055 - 0,065	0,06	374,19
Bovino de corte/leite	0,026 - 0,043	0,05	919,48
Caprinocultura/Ovino	0,065	0,065	367,10
Equinos	0,026 – 0,038	0,03	963,74
Suinocultura	0,039 - 0,070	0,05	792,26

Fonte: Teixeira (2003) e Santos e Junior (2013), adaptado pelo autor.

<sup>38</sup>Dados de “Densidade de dejetos”, determinados pelo autor, usando recipiente de volume conhecido e balança de precisão obedecendo os seguintes passos: 1º pesa os dejetos das diferentes criações; 2º determinou o volume do recipiente e 3º calcula a densidade. Os dejetos estavam em condições naturais de coleta. A densidade considera os vazios contidos na massa de dejetos, ou seja, é uma densidade aparente. Fórmula;  $Média = \frac{\text{Soma das densidades calculadas}}{n^\circ \text{ de vezes}}$

Para bom funcionamento do biodigestor recomenda-se que contenha no substrato (mistura água dejetos) de 8 a 10% de *ST*. A **tabela 6** a seguir fornece sugestões de mistura para carga diária de dejetos das seguintes atividades para o biodigestor.

**Tabela 6:** Sugestões de mistura para carga diária do biodigestor.

Tipo de resíduo	Quantidade de dejetos	Quantidade de Água	Relação (dejetos/água)
Avicultura	1 parte	2 partes	0,50
Bovino	4 partes	5 partes	0,80
Caprinocultura/Ovino	1 partes	2 partes	0,50
Equinos	3 partes	5 partes	0,60
Suinocultura	1 parte	3 partes	0,33

Fontes: (TEIXEIRA, 2003), adaptada pelo autor,

Na **tabela 7** a seguir, apresenta-se os valores de *k* calculado conforme **equação 2** para as diferentes atividades de criações, para um TRH de 10 dias.

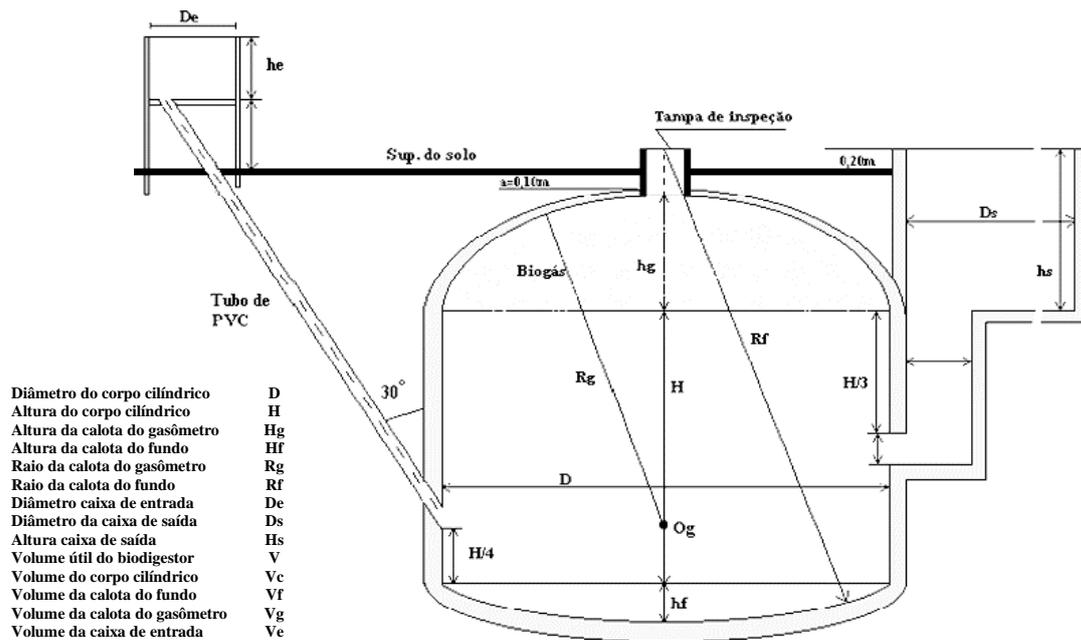
**Tabela 7:** Valor de *k*, calculado conforme equação 2 para diferentes criações.

Atividade	Fator de rendimento K ( $m^3$ de biogás/ $m^3$ de biomassa)
Avicultura	1,12
Bovino	3,60
Caprinocultura/Ovino	1,19
Equinos	1,74
Suinocultura	1,30

Fonte: calculado conforme equação 2 pelo autor.

### 2.7.1. Modelo chinês

Conforme Deganutti et al. (2002), Teixeira (2003) e Barancelli (2007) esse biodigestor é formado por uma câmara cilíndrica construída em alvenaria, com teto abobado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás; funciona com base no princípio da prensa hidráulica, de modo que o aumento da pressão em seu interior resultante do acúmulo do biogás provoca o deslocamento do efluente da câmara de fermentação, para a caixa de saída, e em sentido contrário, ocorre à descompressão em função do uso do biogás. Neste tipo de biodigestor, parcela do biogás é formada na caixa de saída e liberado para a atmosfera, reduzindo parcialmente a eficiência do modelo. Pelo seu funcionamento, usa-se mais nas pequenas propriedades. Veja a representação na **figura 4** a seguir do Biodigestor modelo Chinês em corte transversal.



**Figura 4:** Biodigestor modelo Chinês corte transversal.

Fonte: <http://www.proceedings.scielo.br/img/eventos/agrener/n4v1/031f03.gif>, último acesso, em julho de 2014.

Sendo assim os resíduos orgânicos, deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material (DEGANUTTI et al., 2002).

### 2.7.2. Dimensionamento do biodigestor chinês

Para dimensionamento do biodigestor modelo chinês, usa-se as recomendações de Teixeira (2003), o volume de biogás necessário por dia (B) será em função do consumo, ou seja, da necessidade.

#### *Cálculo do volume útil do biodigestor*

Para o cálculo do volume útil, é necessário que saibamos o valor de  $K$ , que é o fator de rendimento  $m^3/m^3$ , que depende da biomassa (dejetos, resíduo) e temperatura. Logo:

$$V = K \times B \quad 3.$$

Onde:

$V$  = volume útil do biodigestor em  $m^3$ ;

$K$  = fator de rendimento em  $m^3/m^3$  e

$B$  = volume de biogás necessário por dia.

#### *Cálculo do diâmetro e da altura do corpo cilíndrico*

Para isso tem que calcular os valores do volume da calota do fundo  $V_f$  e do corpo cilíndrico  $V_c$ .

*Cálculo do volume da calota do fundo ( $V_f$ )*

$$V_f = \frac{V}{7} \quad 4.$$

Onde:

$V_f$  = volume da calota do fundo em  $m^3$  e

$V$  = volume útil do biodigestor em  $m^3$ .

*Cálculo do volume do corpo cilíndrico ( $V_c$ )*

$$V_c = V - V_f \quad 5.$$

Onde:

$V_c$  = volume do corpo cilíndrico em  $m^3$ ;

$V$  = volume útil do biodigestor em  $m^3$  e

$V_f$  = volume da calota do fundo em  $m^3$ .

*Calculo do diâmetro do corpo cilíndrico ( $D$ ) e da altura do corpo cilíndrico ( $H$ ).*

A dimensão do diâmetro do corpo cilíndrico  $D$  e da altura do corpo cilíndrico é por tentativa, devem satisfazer a seguinte condição, se atende prossegue os cálculos:

$$0,5 \leq \frac{H}{D} \leq 0,6 \quad 6.$$

Onde:

$H$  = altura do corpo cilíndrico em  $m$ ;

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em  $m$ .

$$V_c = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} \quad 7.$$

Onde:

$V_c$  = volume do corpo cilíndrico em  $m^3$ ;

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em  $m$  e

$H$  = altura do corpo cilíndrico em  $m$ .

*Cálculo da altura da calota do fundo ( $hf$ ), do volume da calota do fundo ( $V_f$ ) e o raio da calota do fundo ( $R_f$ ), corrigido.*

*Cálculo de ( $hf$ ) corrigido*

$$hf = \frac{D}{8} \quad 8.$$

Onde:

$hf$  = altura da calota do fundo em  $m$  e

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em  $m$ .

Cálculo do volume da calota do fundo ( $V_f$ ) corrigido.

$$V_f = \frac{\pi \times hf}{6} \times \left( \frac{(3 \times D^2)}{4} + hf^2 \right) \quad 9.$$

Onde:

$V_f$  = volume da calota do fundo  $m^3$ ;

$hf$  = altura da calota do fundo em  $m$  e

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em  $m$

Cálculo do raio da calota do fundo ( $R_f$ ) corrigido.

$$R_f = \frac{\frac{D^2}{4} + hf}{2 \times hf} \quad 10.$$

Onde:

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em  $m$ ;

$hf$  = altura da calota do fundo em  $m$  e

$R_f$  = raio da calota do fundo.

Caso a relação  $H/D$  sair do intervalo proposto proceder.

Correção do Volume do corpo cilíndrico -  $V_c$ , altura do corpo cilíndrico -  $H$ , e a verificação da relação  $H/D$  se continuam dentro do intervalo de 0,5 e 0,6.

Correção do volume do corpo cilíndrico ( $V_c$ ).

$$V_c = V - V_f \quad 11.$$

Onde:

$V_c$  = volume do corpo cilíndrico  $m^3$ ;

$V$  = volume útil do biodigestor em  $m^3$  e

$V_f$  = volume da calota do fundo  $m^3$ ;

Correção da altura do corpo cilíndrico ( $H$ ).

$$H = \frac{V_c \times 4}{\pi \times D^2} \quad 12.$$

Onde:

$H$  = altura do corpo cilíndrico em  $m$ ;

$V_c$  = Volume do corpo cilíndrico em  $m^3$  e

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em  $m$ .

Verificação da relação

$$0,5 \leq \frac{H}{D} \leq 0,6 \quad 13.$$

Onde:

$H$  = altura do corpo cilíndrico em m e

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em m.

Se a condição satisfizer, continue os cálculos.

Cálculo da altura da calota do gasômetro ( $hg$ ), do volume da calota do gasômetro ( $Vg$ ) e do raio da calota do gasômetro ( $Rg$ ).

Cálculo de ( $hg$ )

$$hg = \frac{D}{4} \quad 14.$$

Onde:

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em m e

$hg$  = altura da calota do gasômetro.

Cálculo do ( $Rg$ )

$$Rg = \frac{\frac{D^2}{4} + hg}{2 \times hg} \quad 15.$$

Onde:

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em m;

$hg$  = altura da calota do gasômetro em m e

$Rg$  = raio da calota do gasômetro em m.

Cálculo do volume da calota do gasômetro ( $Vg$ ).

$$Vg = \frac{\pi \times hg}{6} \left( \frac{3 \times D^2}{4} + hg^2 \right) \quad 16.$$

Onde:

$Vg$  = volume da calota do gasômetro em  $m^3$ ;

$hg$  = altura da calota do gasômetro em m e

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em m.

Cálculo das dimensões da caixa de saída, ( $hs$ ) e ( $Ds$ )

Cálculo da altura da caixa de saída ( $hs$ )

$$hs = hg + a \quad 17.$$

Onde:

$hs$  = altura da caixa de saída em m;

$hg$  = altura da calota do gasômetro em m e

$a$  = altura da tampa de inspeção (0,40 cm).

Cálculo do diâmetro da caixa de saída ( $D_s$ )

$$D_s = \frac{D^2 \times H}{3 \times (h_s - 0,1)} \quad 18.$$

Onde:

$h_s$  = altura da caixa de saída em m;

$H$  = altura do corpo cilíndrico em m e

$D$  = diâmetro do corpo cilíndrico em m.

Cálculo das medidas (dimensões) da caixa de entrada

Cálculo do volume ( $V_e$ ) da caixa de entrada

$$V_e = \frac{V}{TR} \quad 19.$$

Onde:

$V_e$  = volume da caixa de entrada em  $m^3$ ;

$V$  = volume útil do biodigestor em  $m^3$  e

$TR$  = tempo de retenção.

Altura ( $h_e$ ) da caixa de entrada

O volume da caixa de entrada pode ser dividido, para facilitar a homogeneização da mistura, sendo que o número de cargas será a quantia de vezes que foi dividida.

Logo para altura da caixa de saída  $h_e$  para que facilite a homogeneização será de 0,5 metros.

Cálculo do diâmetro da caixa de entrada

$$D_e = \frac{4 \times V_e}{\pi \times (h_e - 0,1)} \quad 20.$$

Onde:

$D_e$  = diâmetro da caixa de entrada em m;

$V_e$  = volume da caixa de entrada em  $m^3$  e

$h_e$  = altura da caixa de entrada em m.

A **tabela 8** a seguir apresenta as principais relações do biodigestor chinês.

**Tabela 8:** Relação das principais dimensões, para o biodigestor modelo chinês.

Descrição	Abreviação	Unidade de medida em metros
Diâmetro do corpo cilíndrico	D	m
Altura do corpo cilíndrico	H	m
Altura da calota do gasômetro	Hg	m
Altura da calota do fundo	Hf	m
Raio da calota do gasômetro	Rg	m
Raio da calota do fundo	Rf	m
Diâmetro caixa de entrada	De	m
Diâmetro da caixa de saída	Ds	m
Altura caixa de saída	Hs	m
Volume útil do biodigestor	V	m <sup>3</sup>
Volume do corpo cilíndrico	Vc	m <sup>3</sup>
Volume da calota do fundo	Vf	m <sup>3</sup>
Volume da calota do gasômetro	Vg	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de entrada	Ve	m <sup>3</sup>

**Fonte:** elaborada pelo autor.

### 2.7.2.1. Construção<sup>39</sup> e operação do biodigestor chinês

#### *Construção do biodigestor*

Na construção e operação do biodigestor chinês, usaremos como referência os autores Silva e Gomes (1985) e Teixeira (2003).

#### *Calota inferior, laje de piso*

Após a escavação do cilindro no terreno, fixa-se um cano metálico bem a prumo, determinando o centro do cilindro e o referencial do sistema.

Fixando uma linha ou usando um gabarito, na extremidade do cano, com comprimento igual ao raio da calota do fundo  $R_f$ , faz-se a curvatura inferior, determinando a altura  $h$  do biodigestor.

A laje da calota inferior será de 0,08m de espessura, no traço de 1:4:5 de cimento, areia grossa e brita 1 para mistura manual, água de 50 a 70% do volume de cimento.

#### *Cilindro ou corpo, calota superior e alvenaria*

<sup>39</sup>Para confecção de relação de materiais foi usado como referência para os cálculos e recomendações, o livro de “Construções Rurais” de Pereira (1986).

São de tijolos maciços, espessura de 0,2m, parte cilíndrica ou corpo de fermentação, sendo estes assentados com argamassa de 1:6 de cimento e areia, mas a cúpula ou calota superior deve ser em tijolo maciço com espessura de 0,1m.

No corpo, as alvenarias são construídas encostadas no corte do terreno com acabamento externo. A construção circular tem um raio  $r^{40}$  com ponto de apoio na estaca central. A altura do cilindro é representada pela letra  $H$ .

Para a calota superior, utilize um gabarito de madeira ou linha, de comprimento igual ao raio da calota do gasômetro  $R_g$ , de modo que ele não suba ou dessa verticalmente, usando o cano durante os trabalhos. À medida que vai fechando a calota, faz o primeiro revestimento interno com argamassa de cimento e areia fina, com *impermeabilizante*<sup>41</sup>, traço 1:2. Após fazer dois revestimentos internos com argamassa de cimento e areia traço 1:1, com 5mm de espessura, usando colher e desempenadeira; realizar quatro pinturas cruzada com nata de cimento aplicada com brocha.

#### *Caixa de carga e caixa de descarga*

Na caixa de carga, o piso deve ter uma declividade no sentido contrário ao tubo de carga. Construir a ligação da caixa de carga com o cilindro do digestor, com cano de PVC de 150mm. Na caixa de descarga o túnel de comunicação com o corpo cilíndrico deve ter exatamente 20x20cm para qualquer tamanho de biodigestor. Considerar que o nível deve estar no início da calota superior.

#### *Revestimento*

Antes de construir a cúpula, atentar para que o piso e o cilindro sejam bem curados com água. A parede deve receber revestimento com argamassa de cimento e areia fina com *impermeabilizante*, na espessura de 1,5 a 2,0cm traço de 1:3.

#### *Anel superior e tampa de acesso*

Deve ser bem impermeabilizado, externa e internamente o anel de superior, usando o procedimento usado na cúpula. É o ponto mais vulnerável do sistema. A tampa de acesso deve ser

---

<sup>40</sup>Raio do corpo cilíndrico  $r$ , é a metade do diâmetro do corpo cilíndrico  $D$ .

<sup>41</sup>Impermeabilizante: <http://www.impermix.com.br/vedacit-impermeabilizante-sd54e.html>, último acesso, em agosto de 2014.

feita de concreto armado com (arame farpado), com quatro alças de transporte (usar vergalhões de 6,3mm). Aplicar massa de calafetar antes de assentar a tampa que, após estar no local, fazer a vedação entre a tampa e o anel circular interno com massa de calafetar ou massa de gesso (vidraceiro). Encha o restante do anel com água para evitar o ressecamento da massa e ajudar na impermeabilização.

### *Operação dos biodigestores*

Depois da conclusão da construção, o biodigestor está pronto para entrar em operação. A operação é um item de essencial importância, nada adianta ter um biodigestor bem projetado e construído, mas operando deficientemente.

O enchimento inicial deve ser efetuado com o registro de gás aberto, a fim de não acumular ar atmosférico. Encher o digestor até que a massa a ser digerida atinja o nível de saída do tubo de descarga. Ao fazer a mistura digestora, utilizar as diluições recomendadas. Após uma ou duas semanas, começa a produção de biogás em quantidade já utilizável. Deve começar as cargas diárias após 15 dias da carga inicial.

No período entre a carga inicial e o início de produção usável do biogás em torno de quinze dias, recomenda-se reciclar o material, isto é feita introduzindo-se uma carga no digestor, no dia após a carga inicial, e coleta-se o efluente correspondente, o qual no dia seguinte é reintroduzido, causando novamente a saída de igual volume. Com esse processo, consegue cargas e descargas sem adição de matéria orgânica.

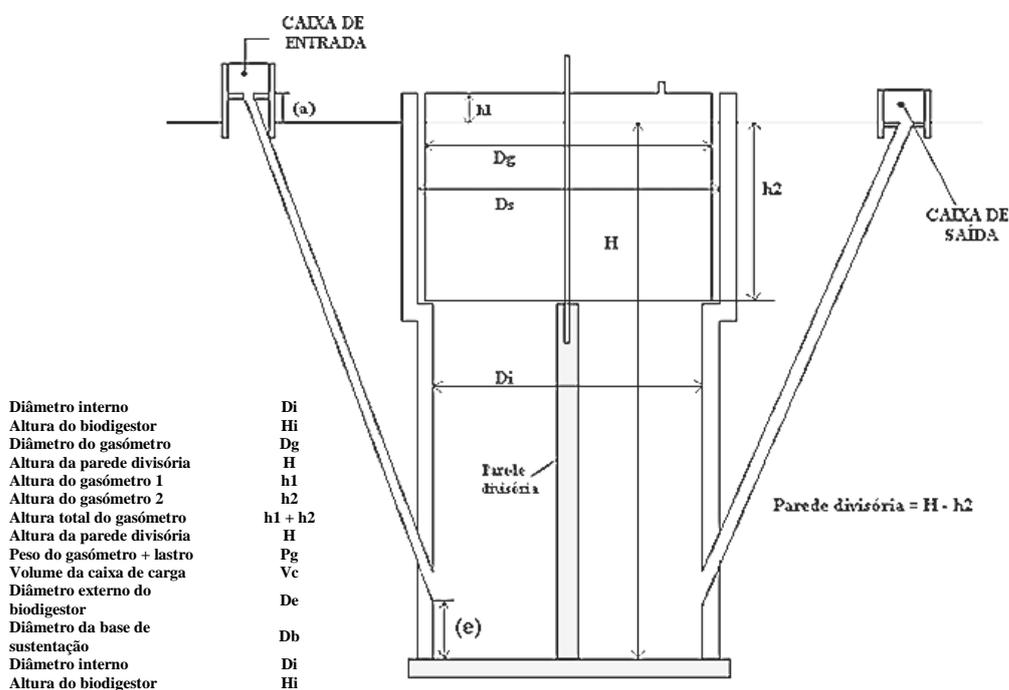
Não é recomendado aproveitar as três primeiras cargas de biogás retidas. Isto se deve à possível presença de ar no interior das tubulações e do gasômetro que, misturado ao metano, constitui uma mistura inflamável que pode causar explosão.

### **2.7.3. Modelo Indiano**

Segundo Deganutti et al. (2002), Teixeira (2003), Mattos e Júnior (2011) e Barancelli (2007), este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória é fazer com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação sendo um fator que diferencia do modelo chinês. A campânula fornece a esse modelo uma característica especial

que é a de manter a pressão do sistema constante, pois quando a pressão no interior da câmara aumenta a campânula se desloca verticalmente (idem).

O resíduo orgânico a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos total  $ST$  também não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitando entupimento da tubulação de entrada e saída do material (DEGANUTTI et al., 2002; TEIXEIRA, 2003; MATTOS e JÚNIOR, 2011 e BARANCELLI, 2007). Veja a representação na **figura 5** a seguir do biodigestor Indiano em corte transversal.



**Figura 5:** Biodigestor Indiano corte transversal.

Fonte: <http://www.proceedings.scielo.br/img/eventos/agrener/n4v1/031f01.gif>, último acesso, em julho de 2014.

Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, contudo o gasômetro de metal pode encarecer o custo final, logo, pode-se usar como alternativa caixa d'água de PVC<sup>42</sup>. E a distância do ponto de consumo do biogás ao ponto de produção de resíduos ao biodigestor, pode dificultar e também encarecer processo (MATTOS e JÚNIOR, 2011).

<sup>42</sup>PVC - Poli cloreto de Vinil

#### 2.7.4. Dimensionamento do biodigestor indiano

Para o dimensionamento do biodigestor indiano tomamos como referência as orientações de Teixeira (2003) e as dicas de Mattos e Júnior (2011), partindo do mesmo princípio de dimensionamento do biodigestor Chinês a partir da necessidade de consumo do biogás necessário por dia  $B$  que em função do consumo, ou seja, da necessidade energética determinamos:

*Cálculo do volume útil do biodigestor ( $V$ )*

$$V = K \times B \quad 3$$

Onde:

$K$  = fator de rendimento em  $m^3/m^3$ ;

$V$  = volume útil do biodigestor em  $m^3$  e

$B$  = volume de biogás necessário por dia em  $m^3$ .

O  $K$  é o fator de rendimento em  $m^3/m^3$ , isto é  $m^3$  de gás produzido por  $m^3$  de substrato, resíduo ou dejetos. Logo por sua vez depende do tipo de biomassa, diluição, temperatura.

*Cálculo do diâmetro interno e da altura do biodigestor*

As medidas de diâmetro e altura são estipuladas por tentativas, obedecendo a seguinte relação:

$$0,6 \leq \frac{Di}{H} \leq 1,0 \quad 21.$$

Onde:

$Di$  = diâmetro interno em  $m$  e

$H$  = altura do biodigestor em  $m$ .

*Volume bruto ( $Vb$ ), relação ( $Di/H$ ) e altura ( $H$ ).*

$$Vb = \frac{\pi \times (Di)^2 \times H}{4} \geq 1,1 \times V \quad 22.$$

Quando não está dentro do intervalo proposto, calcula-se novo valor da altura  $Hi$  para o valor do Diâmetro interno  $Di$  e  $1,1$  do volume útil do biodigestor  $V$ . A necessidade de mais 10% ao volume útil é um fator de projeto que favorece a movimentação do gasômetro.

$$1,1 \times V = \frac{\pi \times (Di)^2 \times Hi}{4} \quad 23.$$

Onde:

$Hi$  = o novo valor da altura  $H$  em  $m$ .

Verifica a nova relação, se atende às condições.

$$0,6 \leq \frac{D_i}{H_i} \leq 1,0 \quad 24.$$

Verifica a altura  $H_i$  atende as seguintes condições.

$$0,6 \leq H_i \leq 6,0 \quad 25.$$

Quando todas as condições forem atendidas, prosseguem-se os cálculos.

*Cálculo das dimensões do gasômetro ( $D_g$ )*

No dimensionamento do gasômetro, é necessário conhecer o valor do volume útil, que é determinado através da demanda de pico, que depende da produção, consumo e armazenamento do biogás. Com o valor de consumo e produção, podemos determinar o volume produzido e volume consumido. O volume do gasômetro será igual ao maior valor armazenado  $V_g$ .

*Cálculo do diâmetro do gasômetro ( $D_g$ )*

$$D_g = D_i + 0,10 \quad 26.$$

A altura do gasômetro  $H_g$  é formada por:

$$H_g = h_1 + h_2 \quad 27.$$

*Cálculo de ( $h_2$ )*

$$h_2 = \frac{4 \times V_g}{\pi \times D_i^2} \quad 28.$$

A determinação da altura  $h_1$ , é em função, da pressão de funcionamento do biodigestor que será a partir da pressão, para isso temos que conhecer a densidade específica do biogás, logo,  $p$  ( $kg/cm^2$ ), transformando em metro temos  $h_1$ .

*Verificação do volume útil do biodigestor*

*Cálculo do volume da parede divisória, considerando esta de um tijolo*

$$V_p = h \times D_i \times \text{espeçura da parede} \quad 29.$$

Para calcular  $V_p$ , temos que verificar se a altura da parede divisória  $h$  é maior ou igual a  $2/3$  de  $H_i$ , sendo que para isso temos que calcular  $h$ .

$$h = H_i - h_2$$

$$h \geq \frac{2}{3} H_i$$
30.

Se for maior, a medida atende as condições e se prossegue os cálculos do volume da parede divisória.

*Volume útil do biodigestor será*

$$V_r = V_b - V_p$$
31.

Se o valor de  $V_r$  é maior que  $V$  logo é aceitável.

*Cálculo do peso do gasómetro mais lastramento necessário para atingir a pressão desejada de 0,20 metros de coluna d'água.*

$$P_g = \frac{\pi \times p \times (D_g)^2}{4}$$
32.

Onde:

$P_g$  = peso do gasómetro em kgf;

$p$  = pressão desejada em Kg/cm<sup>2</sup>;

$D_g$  = diâmetro do gasómetro em m.

*Cálculo do volume e dimensões da caixa de carga*

$$V_c = \frac{V_r}{TR}$$
33.

Onde:

$V_c$  = volume da caixa de carga em m<sup>3</sup>;

$V_r$  = Volume útil do biodigestor em m<sup>3</sup> e

$TR$  = tempo de retenção (dias).

Pode dividir o  $V_c$  em números convenientes de cargas por dia, por exemplo, duas cargas diárias, reduziria o  $V_c$  pela metade.

*Cálculo do diâmetro externo do biodigestor ( $D_e$ )*

$$D_e = D_i + (2 \times \text{espessura da parede})$$
34.

Onde:

$D_e$  = diâmetro externo em m e

$D_i$  = diâmetro interno em m.

*Cálculo do diâmetro de base (sapata) de sustentação do biodigestor ( $D_b$ ).*

O diâmetro de base é 0,20m maior que o diâmetro externo. Logo,

$$Db = De + 0,20$$

35.

Onde:

$Db$  = diâmetro da base em m e

$De$  = diâmetro externo.

A **tabela 9** a seguir apresenta a relação das principais dimensões do biodigestor modelo indiano.

**Tabela 9:** Relação das principais dimensões, para o biodigestor modelo indiano.

Descrição	Abreviação	Unidade de medida em metros
Altura do biodigestor	H	m
Altura da caixa de carga	hc	m
Altura da parede divisória	h	m
Altura do gasômetro 1	h1	m
Altura do gasômetro 2	h2	m
Altura total do gasômetro	h1 + h2	m
Diâmetro da base de sustentação	Db	m
Diâmetro da caixa de carga	Dc	m
Diâmetro do gasômetro	Dg	m
Diâmetro externo do biodigestor	De	m
Diâmetro interno do biodigestor	Di	m
Peso do gasômetro + lastro	Pg	kg/cm <sup>2</sup>
Volume bruto	Vb	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de carga	Vc	m <sup>3</sup>
Volume da parede divisória	Vp	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	m <sup>3</sup>

**Fonte:** elaborada pelo autor.

### 2.7.4.1. Construção e operação do biodigestor indiano

Na construção e operação dos biodigestores indianos seguimos as orientações dos autores Pereira (1986), Teixeira (2003) e Mattos e Júnior (2011)

#### *Alicerce e laje de piso*

O alicerce em concreto ciclópico simples, no traço de 1:4:5 de cimento, areia grossa e brita 1, mistura manual, utilizando 40% de pedra de mão<sup>43</sup> no enchimento das valas.

A laje de piso, em concreto armado com espessura de 8cm. Com armação dupla, feita com vergalhão de 4mm espaçados de 40cm. Concreto no traço 1:4:6 de cimento, areia grossa e brita 1, com mistura manual.

#### *Alvenaria, cintas, paredes divisórias e revestimento*

<sup>43</sup>Pedra de mão, bloco de pedra (que se pode carregar com as mãos), usado em construção (geralmente alicerces). Consulta: <http://www.dicio.com.br/pedra/>, último acesso, em julho de 2014.

Em tijolo maciços, com espessura de 10cm para biodigestores de volume até 10m<sup>3</sup> e de 20cm para biodigestores de volume acima desse, sendo assentado com argamassa de 1:6 cimento e areia.

É feita uma cinta logo após a base, e outras, distanciadas de 1m até o respaldo da alvenaria. Estas cintas tem as dimensões de 10x10cm, armadas com dois ferros de 4mm, e concreto de 1:3:4, cimento, areia grossa e brita 1.

Deve-se construir as paredes divisórias de forma que fiquem amarradas à alvenaria da parede do biodigestor sendo da mesma espessura de 10cm, haverá um pilar central onde será chumbado o cano guia de aço galvanizado, de diâmetro entre 40mm e 80mm, dependendo do tamanho do biodigestor, que servirá como orientador do gasômetro, terá uma cinta na parte superior da parede divisória, nas dimensões do parágrafo anterior.

#### *Revestimento das alvenarias, tubulações de carga e descarga e o gasômetro*

O revestimento será com argamassa, no traço 1:3, com espessura de 1,5cm. A tubulação de carga terá diâmetro mínimo de 100mm, de PVC. O gasômetro deve ser construído em chapa metálica, por pessoa treinada com soldas.

#### *Caixa de carga e descarga*

Construídas em alvenaria de tijolos maciços na espessura de 0,1m. A caixa de carga deverá estar situada em nível acima, e a caixa de descarga em nível abaixo da câmara de fermentação, de modo que, em funcionamento a carga que entra corresponda a uma descarga volumétrica equivalente. Logo o fundo da caixa de carga deve estar a 20cm acima do nível da câmara de fermentação. A borda do tubo de carga em relação ao nível do fundo deve-se situar a 2cm acima, de modo a impedir que impurezas (tais como terra) sejam carregadas para o interior do digestor. A caixa de descarga deverá ser construída no próprio terreno, usando-o como barreira de contenção.

#### **2.7.5. Modelo tubular**

Esse modelo de biodigestor conforme os autores Teixeira (2003), Barancelli (2007) e Oliver, Neto e Valladares (2008), é um biodigestor de construção simplificada e dependendo dos materiais utilizados, pode apresentar como desvantagem baixa durabilidade. Constituído de uma

câmara de biodigestão escavada no solo com gasômetro do tipo inflável feito de material flexível, como lona de PVC. Sua construção é feita abrindo-se duas valas no solo, uma ao lado da outra. O fundo dessas valas é revestido por uma manta plástica. O gasômetro é obtido colocando-se uma manta flexível na parte superior do biodigestor veja a ilustração abaixo em corte transversal. As bordas laterais da manta deverão ser presas ao solo com canaletas preenchidas com água para evitar vazamento de gás. Pela flexibilidade da manta superior, nos biodigestores de grande porte, possui pressão de operação praticamente constante, na medida em que, o volume de biogás é produzido e não é consumido de imediato, o gasômetro tende a inflar-se. O abastecimento desse sistema é feito colocando-se o material continuamente no interior do biodigestor sendo que este sairá na caixa de descarga por diferença de nível no lado oposto a entrada. Este modelo de biodigestor, embora apresente a vantagem de fácil construção, por outro lado, possui menor durabilidade de 2 a 7 anos, que depende do material e dos cuidados no manejo, sendo também mais susceptível à ocorrência de vazamentos de gás caso a manta seja perfurada.

Na **figura 6** a seguir apresenta um corte transversal de biodigestor modelo tubular.



**Figura 6: Biodigestor modelo tubular corte transversal.**

Fonte: <http://www.scielo.br/img/revistas/eagri/v30n5/a06fig01.jpg>, último acesso julho de 2014.

#### 2.7.6. Dimensionamento do biodigestor tubular

Para o dimensionamento do modelo, segue as orientações de Teixeira (2003), pode dimensionar em função do volume diário da produção de carga orgânica (resíduo) e do tempo de retenção hidráulica, método recomendado quando pretende tratar a carga poluente, já quando se quer atender uma necessidade de gás combustível (biogás) dimensiona-se em função do volume necessário de biogás, em nosso estudo pelas suas características adotaremos esta opção.

### *Cálculo do volume útil do biodigestor (V)*

Para o cálculo deste volume, é necessário que saibamos o valor  $k$ , que é o fator de rendimento ( $m^3/m^3$ ), isto é,  $m^3$  de biogás produzido/ $m^3$  de substrato, sendo que dependem do tipo de biomassa ou resíduo, diluição e temperatura.

$$V = k \times B \quad 3$$

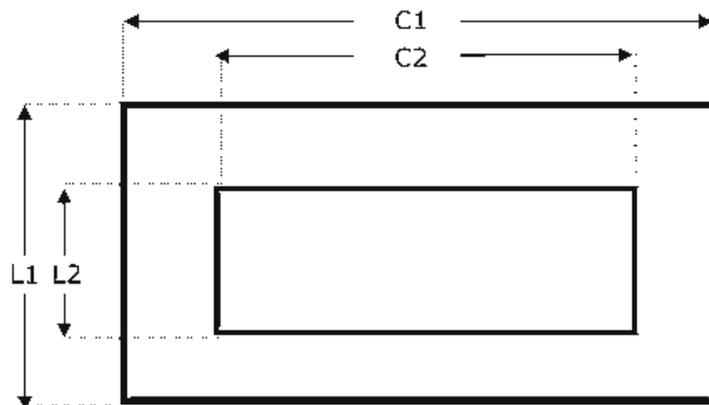
Onde:

$V =$  volume útil do biodigestor em  $m^3$ ;

$k =$  fator de rendimento em  $m^3/m^3$  e

$B =$  volume de biogás necessário/dia em  $m^3$ .

A seção do biodigestor é trapezoidal, como mostra a **figura 7** a seguir. Na construção do biodigestor, a escavação é realizada conforme os cálculos do dimensionamento, não há necessidade de revestimento em alvenaria, mas será utilizado objetivando a perfeita colocação e manutenção da manta plástica flexível de PVC.



**Figura 7:** Planta de topo de escavação e dimensionamento da manta.

C1 – comprimento maior; C2 – comprimento menor; L1 – largura maior; L2 – largura menor.

Fonte: Oliver, Neto e Valladares (2008)

### *Cálculo dos lados, comprimentos e profundidade do biodigestor*

Para determinar a largura e comprimentos do biodigestor é necessário, relacionar ao volume, o volume da câmara de fermentação, que será maior que “1,1 vezes o volume útil  $V$ ”, folga de 10% de projeto, para facilitar na operação do biodigestor.

$$V = \frac{H}{3} (AB + \sqrt{AB * Ab} + Ab) \quad 36.$$

Onde:

$V =$  Volume útil,

$H =$  Profundidade em m.

$AB = \text{Área da Base maior } (L1 * C1) \text{ em } m^2.$

$Ab = \text{Área da Base menor } (L2 * C2) \text{ em } m^2$

A parede da câmara de fermentação deve ter inclinação de 45°, logo o lado (L1) e comprimento (C1) maior em relação à profundidade (H) e ao lado (L2) e comprimento (C2) menor:

$$L1 = L2 + 2H$$

e

37.

$$C1 = C2 + 2H$$

A caixa de entrada deve ser construída em alvenaria e seu volume depende do volume da carga diária, ou seja, do volume. A caixa de saída é dimensionada com a proporção de três vezes o volume da carga diária, ou seja, de três dias o tempo para a descarga, permitindo armazenamento do adubo orgânico, o biofertilizante, por esse período.

*Cálculo da caixa de saída ou tanque (Vs)*

$$Vs = Vd \times Td$$

38.

Onde:

$Vs = \text{volume da caixa de saída em } m^3;$

$Vd = \text{volume diário de resíduos em } m^3 \text{ e}$

$Td = \text{tempo para descarga em dias.}$

*Caixa de carga ou entrada, volume (Ve)*

$$Ve = \frac{V}{TRH}$$

39.

Onde:

$V = \text{volume do útil do biodigestor em } m^3;$

$TRH = \text{Tempo de Retenção Hidráulica em dias e}$

$Ve = \text{Volume da caixa de entrada em } m^3.$

A **tabela 10** a seguir segue as dimensões para o “*biodigestor tubular*”.

**Tabela10:** Relação das principais dimensões, para o biodigestor modelo tubular.

Descrição	Abreviação	Unidade de medida em metros
Volume útil do biodigestor	V	m <sup>3</sup>
Profundidade	H	m
Comprimento maior	C1	m
Largura maior	L1	m
Comprimento menor	C2	m
Largura menor	L2	m
Volume da caixa de saída	Vc	m <sup>3</sup>

**Fonte:** elaborada pelo autor.

### **2.7.6.1. Construção e operação do biodigestor tubular**

Para a construção e operação do biodigestor tubular, segue recomendações descritas por, Oliver, Neto e Valladares (2008).

#### *Construção do tanque de fermentação*

O tanque de fermentação será construído com seção trapezoidal como mostra na figura 5, suas dimensões conforme a figura 6 e de acordo com o volume útil, após escavação conforme medidas determinadas, fazer piso de concreto armado, com ferros dispostos em malha, de 4mm com espaçamento de 40cm, proporção de 1:2:4 de cimento, areia e brita, suas paredes inclinadas de alvenaria de tijolo maciço revestida de argamassa no traço de 1:4 de cimento e areia, possui na parte superior uma canaleta de profundidade de 0,1m por 0,1m da largura, de alvenaria e revestida de argamassa traço 1:3, e aditivo impermeabilizante, no fundo dessa fixar a manta de PVC da cúpula de 1,0mm e a manta de revestimento de 0,8mm.

#### *Determinação da manta Revestimento e da Cúpula*

Para determinar as medidas das mantas de PVC do revestimento e da cúpula, será em função da área de superfície do fundo do tanque de fermentação que tem um formato trapezoidal, logo, a cúpula terá o mesmo volume do tanque de fermentação.

#### *Caixa de entrada e de saída*

A caixa de entrada terá o mesmo volume da carga diária de entrada, de abastecimento do biodigestor, sendo feita de alvenaria de tijolo maciço, revestido de argamassa 1:4 cimento e areia, seu fundo ficara à 20cm acima do nível na capacidade máxima da câmara de fermentação. A caixa de saída será feita aproveitando a estrutura do terreno, servindo de contenção, sua capacidade será três vezes a capacidade de carga, usa alvenaria de tijolo maciço e revestimento com argamassa traço 1:4 cimento e areia com aditivo impermeabilizante, na parte interna.

### *Tubulação de carga e descarga*

Será usado tubulação de 100 mm, para os biodigestores de até 10m<sup>3</sup> e 150mm para os de volume superior a esse.

Logo, observa-se que a construção dos biodigestores é simples e acessível podendo ser considerada como uma tecnologia social<sup>44</sup> e apropriada, por meio de treinamento as famílias, podem realizar a construção e operação dos mesmos.

## **2.8. Os subprodutos do biodigestor**

São considerados como produto ou subproduto da biodigestão, por meio da decomposição anaeróbica, em ambiente apropriado dos biodigestores, o biogás e o biofertilizante.

### **2.8.1. O biogás**

O biogás é uma mistura combustível gasosa constituída basicamente de metano (CH<sub>4</sub>), e outros gases em uma quantidade menor. Esta mistura apresenta como constituintes básicos o metano (CH<sub>4</sub>), gás carbônico (CO<sub>2</sub>), gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), vapor de água (H<sub>2</sub>O) e em menor quantidade traços de Nitrogênio (N<sub>2</sub>) e Hidrogênio (H<sub>2</sub>), além de hidrocarbonetos voláteis. Atualmente esta mistura gasosa é classificada como biocombustível por ser oriunda de uma fonte de renovável de energia. Como vemos é considerado como uma fonte de energia renovável por ser um gás inflamável, pode substituir a gasolina, o gás liquefeito de petróleo (GLP) e a lenha, dentre outras. É um tipo de mistura gasosa, produzida naturalmente em meio anaeróbico (na ausência de ar ou oxigênio livre) pela ação das bactérias nos resíduos, ou seja, na matéria orgânica, que são fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez. É um gás natural, resultante da fermentação anaeróbica de dejetos animais, de resíduos vegetais, lixo orgânico residencial nas condições adequadas (MONTEIRO, 2005; COLDEBELLA et al., 2006; BARANCELLI, 2007; POSSA et al., 2010 e SILVA e PFITSCHER, 2012).

O gás metano (CH<sub>4</sub>), conforme Coldebella et al. (2006) e Barancelli (2007), como principal componente do biogás, é um gás incolor, inodoro, mas outros gases presentes no biogás conferem-lhe ligeiro odor de vinagre ou de ovo podre, altamente combustível. Sua combustão apresenta uma chama azul-lilás e, às vezes, com pequenas manchas vermelhas. Não produz fuligem e seu índice

---

<sup>44</sup>Sobre as tecnologias sociais, obra de Varanda e Bocayuva (2009) “Tecnologia Social, Autogestão e Economia Solidária”.

de poluição atmosférico é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha. Apresenta o biogás geralmente em torno de 65% de metano, o restante é composto na maior parte por dióxido de carbono e alguns outros gases como nitrogênio, hidrogênio, monóxido de carbono entre outros, porém, em menores concentrações, o biogás é composto por uma mistura de gases que depende e é determinada pelas características do resíduo, e as condições de funcionamento do processo da biodigestão. O biogás tem elevado poder energético e a sua composição varia de acordo com a composição da biomassa, tipo e manejo do biodigestor.

Na **tabela 11** a seguir demonstra as diferentes amplitudes dos gases presentes no biogás, segundo Barancelli (2007):

**Tabela 11:** Composição do Biogás segundo Barancelli (2007).

Componentes	Quantidades (%)			
	EMBRABI (Empresa Brasileira de Biodigestores)	Alves et. al. (1980)	National Academy of Sciences apud Oliveira (2002)	Pires (2000), Paula Jr. et al. (2003) apud Monteiro (2005)
CH <sub>4</sub> (metano)	60 a 80	54 a 70	55 a 70	50 a 75%
CO <sub>2</sub> (gás carbônico)	20 a 40	27 a 45	27 a 45	25 a 40%
N <sub>2</sub> (nitrogênio)	0,5 a 2	0,5 a 3,0	3 a 5	0,5 a 2,5%
H <sub>2</sub> (hidrogênio)	0,1 a 10	1 a 10	1 a 10	1 a 3%
CO (monóxido de carbono)	Máximo 0,1	0,1	0,1	Não cita
O <sub>2</sub> (monóxido de carbono)	Máximo 0,1	0,1	0,1	0,1 a 1%
H <sub>2</sub> S (ácido sulfídrico)	Máximo 0,1	Traços	Traços	0,1 a 0,5%
H <sub>2</sub> O (água)	Não cita	Não cita	Variável	Não cita

**Fonte:** adaptada pelo autor.

O quadro mostra a possibilidade de variabilidade da composição do biogás. Segundo os autores Barancelli (2007); Coldebella et al. (2006) e Monteiro (2005) a presença de metano é que confere ao biogás alto poder calorífico, a qual pode variar de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico em condições normais, e se, purificação, pode gerar até 12.000 kcal por metro cúbico. A utilização do biogás como recurso energético se deve principalmente ao metano (CH<sub>4</sub>), quando puro em condições normais de pressão (1 atm.) e temperatura, tem um poder calorífico inferior (PCI) de 9,9 kWh/m<sup>3</sup>. O biogás com um teor de metano entre 50 e 80% tem um poder calorífico inferior entre 4,95 e 7,92 kWh/m<sup>3</sup>. Logo, torna-se interessante, neste contexto, comparar a capacidade calorífica do biogás com outras fontes energéticas, veja a **tabela 12** a seguir essa comparação segundo Barancelli (2007).

**Tabela 12:** Equivalência energética do biogás em relação a outras fontes energéticas.

Combustível	Equivalente ao Biogás (por m <sup>3</sup> )
Gasolina	0,613 litros
Querosene	0,579 litros
Óleo diesel	0,553 litros
Gás de cozinha	0,454 litros
Lenha	1,536 kg
Álcool hidratado	0,790 litros
Eletricidade	1,428 kW

Fonte: Barancelli (2007), adaptado pelo autor.

O biogás, como pode ser observado na tabela acima, é uma fonte de energia renovável que pode substituir várias fontes, dentre elas as não renováveis. As características dos resíduos orgânicos a ser degradado, é um fator determinante na composição do biogás, na proporção dos compostos nele presente, os quais, também são dependentes das condições ambientais existentes no biodigestor, e conseqüentemente na sua capacidade produtiva; existem diversas formas de aproveitar o biogás, como exemplo, tem-se a utilização como fonte primária de energia em aquecedores de galpões em criações e possibilidade de utilizá-lo em um conjunto motor-gerador de eletricidade. O uso do biogás, quando eliminamos parte do enxofre (H<sub>2</sub>S) que é corrosivo aos equipamentos metálicos, assegura perfeito funcionamento de queimadores, turbinas, campânulas, dentre outros; juntamente com a remoção do (CO<sub>2</sub>) para aumentar o poder calorífico do biogás, o torna ideal na geração de eletricidade, onde o emprego do biogás com um poder calorífico maior é desejável (MONTEIRO, 2005 e BARANCELLI, 2007).

O biogás, por ser extremamente inflamável, a simples queima já presta contribuição ao meio ambiente, na redução do efeito estufa, pelo fato do metano (CH<sub>4</sub>) ser 21 vezes mais contribuinte que o (CO<sub>2</sub>) como vimos. O ideal, no entanto, é que ele seja aproveitado em sistemas de geração de energia elétrica a partir da sua queima em câmara de pressão. O esforço desenvolvido pela indústria brasileira para desenvolvimento de equipamentos para o uso do biogás ainda tem sido pequeno, sendo necessários maiores publicidade e desenvolvimento tecnológico em equipamentos e materiais adequados confiáveis que sejam colocados à disposição dos produtores (LIMA, 2007, p. 78). Das características físico-químicas do metano, destacam-se seu poder de combustão e seu estado de matéria, por se apresentar na fase gasosa nas condições normais de temperatura e pressão, sendo tais características pontos fortes para sua utilização (SANTOS, 2009, p. 3). No meio rural atende quase que totalmente às necessidades energéticas básicas, tais como: cozimento, iluminação e geração de energia elétrica para diversos fins (MONTEIRO, 2005, p. 22).

Estas e outras vantagens, como a produção e a utilização do biogás na propriedade (para geração de energia elétrica, por exemplo) justificam a utilização dos biodigestores no meio rural. Para o seu uso como combustível deve-se estabelecer uma relação entre o biogás, com determinado teor de metano, e o ar, de modo a possibilitar uma queima eficiente, relação bastante usada para acionamento e funcionamentos de motores (LIMA, 2007 e ALVES et al., 2005).

### 2.8.2. O biofertilizante

A utilização de resíduos de origem em atividades produtivas tem sido de elevado interesse por se tratar de uma alternativa técnica e ambientalmente correta para a adubação. Segundo Santos (2009), tal utilização auxilia a recomposição da matéria orgânica e de nutrientes no solo visando aumento da fertilidade, bem como contribui para a redução na exploração dos recursos naturais utilizados na fabricação de fertilizantes minimizando o impacto ambiental causado. A biodigestão possibilita o aumento da eficiência desses resíduos orgânicos transformando-os em biofertilizantes.

Sendo um subproduto do biodigestor ele é o efluente resultante da fermentação anaeróbia da matéria orgânica, na ausência de oxigênio livre e pode ser utilizado como adubo orgânico no solo em substituição ao adubo químico. A produção do biofertilizante ocorre pelos processos da digestão anaeróbica dos resíduos orgânicos, sendo rico em material orgânico com elevado poder de fertilidade e contendo elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas tais como fósforo, nitrogênio e potássio, possui possibilidade de aplicabilidade elevada na agricultura. Águas residuais e sanitárias proveniente das residências e os resíduos agropecuários da produção são ricos em macro nutrientes como zinco, cobre, manganês e ferro podendo ser disponibilizado para os vegetais. O biofertilizante possui entre noventa a noventa e cinco por cento de água, isto é, de cinco a dez por cento da fração seca no líquido. Nessa base seca, o teor de nitrogênio, dependendo do material que lhe deu origem, ficando entre um e meio a quatro por cento de nitrogênio (N), um a cinco por cento de fosfato ( $P_2O_5$ ) e meio a três por cento de potássio ( $K_2O$ ) (MONTEIRO, 2005 e SANTOS, 2009).

Este elemento é produzido diariamente nos biodigestores e transferido para um reservatório, de onde pode ser drenado por bombas que pulverizam o biofertilizante na lavoura ou pasto. O uso deste adubo orgânico pode ser bastante amplo e apresentar bons resultados nas plantações e pastagens. Segundo Silva e Pfitscher (2012, p. 7), em seus estudos em pastagem de capim *mombaça* (*panicum maximum*) apresentou excelentes resultados de produtividade, e na

alocação do gado no piquete o aproveitamento é bem maior, cerca de dez cabeças por hectare de pastagem. Já na lavoura, a cultura do milho (*zea mays*) foi a que apresentou maiores resultados. Experimentos realizados no Assentamento Campanário, município de São Gabriel do Oeste, chegaram a relatar um aumento de 100% na produtividade do milho.

Logo, observamos o quanto o biofertilizante é importante para as atividades agropecuárias, uma das principais limitações para o aproveitamento agrícola dos resíduos domiciliares e industriais são sua composição e a tolerância de algumas culturas, logo esse problema é reduzido quando a maior *TRH* dos resíduos no processo da biodigestão. Todavia, caso o biofertilizante ser aplicado de forma controlada e associado juntamente a componentes necessários pode potencializar os resultados obtidos no processo de adubação e correção das características do solo (SANTOS, 2009, p. 7).

## 2.9. **Análise de viabilidade econômica**

A escolha de determinado projeto, deve ser baseada na sua capacidade de contribuir para aumento do patrimônio da empresa e não apenas na capacidade desta empresa de financiar o projeto, conforme se verifica com frequência na prática (NORONHA, 1987 e BATALHA, 2001). Se não houver uma análise adequada das propostas de investimento, há uma grande margem para que partes dos subsídios dos juros sejam desviados do setor agropecuário para o setor financeiro não agropecuário, se não houver uma análise adequada das propostas de investimento.

O estudo da análise de viabilidade econômica de projetos, nos serve como instrumento auxiliar na tomada de decisão, uma análise minuciosa e cuidadosa do projeto, aumenta as possibilidades de sucesso.

A ideia básica que norteia a avaliação de projetos de investimento se fundamenta em duas premissas:

- O projeto deve visar a produção de mais benefícios líquidos;
- Tais benefícios devem ser produzidos tão cedo quanto possível com relação à época do investimento inicial.

Entre o conjunto de instrumentos decisórios, destacam três métodos para avaliação de investimentos ou projetos cujo rigor conceitual redundava em sólidas orientações. Estes são conhecidos como o método do PRC ou payback<sup>45</sup>; VPL<sup>46</sup> e a TIR<sup>47</sup>.

Antes de passar para o método não poderia deixar de comentar sobre a taxa de juros utilizada para avaliação de atratividade de projetos, ou propostas de investimentos que é chamada de TMA ou TMAR<sup>48</sup>. Não é uma tarefa fácil de ser realizada sua determinação uma vez que não existe uma única forma para se definir qual é a remuneração mínima a ser aceita para aquele investimento. Alguns aspectos influenciam essa decisão, como exemplo:

- A disponibilidade de recursos;
- Os custos dos recursos;
- A taxa de juros paga no mercado por grandes bancos;
- O horizonte de planejamento do projeto, curto ou longo prazo;
- As oportunidades estratégicas que o investimento ou projeto pode oferecer;
- A aversão ou a propensão ao risco.

De modo geral, identifica-se o custo de capital da empresa como sendo uma base para aceitação ou rejeição de propostas de investimento, ou Taxa Mínima de Retorno.

### 2.9.1. Período de recuperação de capital – PRC ou payback

Conforme o próprio nome diz, este método consiste como elemento de decisão, através de verificação de anos necessários para que o investidor recupere o capital inicial investido no projeto. A vantagem principal desse método é sua simplicidade de cálculo, que segundo Noronha (1987) e Batalha (2001) é dada pela relação:

$$\sum_{j=0}^n X_j = 0$$

40.

$j = 0, 1, 2, \dots, N$  onde  $N \geq n$

Em geral  $X_j < 0$  e  $X_j > 0$  para  $j \geq 1$ .

Onde:

$X_0 =$  investimento inicial;

$X_j =$  fluxo anual do projeto excluída a depreciação;

<sup>45</sup>PRC ou payback - Período de Recuperação de Capital

<sup>46</sup>VPL - Valor Presente Líquido

<sup>47</sup>TIR - Taxa Interna de Retorno

<sup>48</sup>TMA ou TMAR - Taxa Mínima de Atratividade de Retorno

$N =$  horizonte do projeto;  
 $n =$  período de recuperação de capital.

Esse método exige esforço analítico na determinação do fluxo de caixa líquido do projeto. O método *PRC* é o que resulta frequentemente em uma decisão correta e mais barata em relação aos outros métodos avaliativos.

### 2.9.2. Valor Presente ou Valor Presente Líquido - VPL

O *VPL*, consiste em transferir para o instante atual todas as variações de caixa esperadas, descontadas a uma determinada taxa de juros, e somá-las algebricamente. Sendo usado para com intuito de chamar a atenção para o fato de que os fluxos monetários medem a diferença entre as receitas operacionais líquidas e os investimentos adicionais feitos com o projeto (NORONHA, 1987 e BATALHA, 2001).

Logo o VPL é definido pela fórmula.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1+i)^j} \quad 41.$$

O  $n$  representa o horizonte do projeto, em qualquer ano  $j$ , de  $X_j$ , ( $j = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ ). Em geral  $X_0 < 0$ , quando  $j = 0$  e  $X_j > 0$  para  $j \geq 1$  ou seja o investimento  $X_j$  é feito no primeiro ano e os retornos líquidos ( $X_j$ ),  $j \geq 1$  começam a partir do primeiro ano.

### 2.9.3. Método Taxa Interna de Retorno - TIR

A *TIR*, por definição, é a taxa de juros que torna uma série de recebimentos e desembolsos equivalente na data presente. Ou seja, é aquele valor de  $i$  que torna o *VPL* do fluxo líquido igual ao zero (NORONHA, 1987 e BATALHA, 2001).

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1+i)^j} = 0 \quad 42.$$

Nesse caso, o investimento ou projeto é aceito se apresentar *TIR* maior do que o custo do capital para a empresa. O valor exato de *TIR* pode ser obtido, mais facilmente, utilizando o método iterativo ou de tentativa e erro. Inicialmente estima-se um valor genérico para  $i$  e calcula-se o *VPL*. Se o *VPL* obtido for positivo, por exemplo, significa que a *TIR* é maior que o valor estimado, devendo, portanto, o analista estimar outro valor para  $i$ , agora maior que o inicial. Suponha que na

segunda tentativa chegou-se a um *VPL* negativo, o que significa que a *TIR* é menor que segunda taxa estimada. Assim, pode-se concluir que a *TIR* procurada está no intervalo das duas estimativas feitas anteriormente e pode ser obtida mais rapidamente através de sucessivas interpolações, até encontrar-se um valor para *i* cujo *VPL* seja exatamente zero.

#### **2.9.4. Fatores associados à viabilidade econômica do biodigestor**

Dentre os fatores de influência na autonomia e soberania energética do assentamento, estão: A organização social do assentamento e a gestão da fonte produtora dos resíduos orgânicos.

##### **2.9.4.1. Organização social cooperativa**

A redefinição do papel do Estado enquanto agente regulador traz novos desafios para os processos de intervenção social nas sociedades contemporâneas, fazendo com que o controle das externalidades produzidas pelo sistema capitalista seja feito por novos mecanismos reguladores. (LIPIETZ, 1991 apud ANDION, 2005). No século XIX, o cooperativismo e o mutualismo ganharam força como forma de resistência ao desemprego, principalmente durante a revolução industrial na Inglaterra (NOVAES, DAGNINO, FILHO e FARIA, 2009, p. 14).

Segundo Cerioli (1993), amotivação de organização social, das comunidades de assentamento de reforma agrária deve ser Incentivo a produção de comida em vista da segurança e da soberania alimentar; como cooperação agrícola como eixo prioritário de ação. Continua o autor dizendo que a prática tem mostrado que organizar o núcleo representa passo importante,mas o desafio maior é garantir sua funcionalidade. E isso só é possível se os assentadosforem valorizados pelos dirigentes “presidentes” das organizações, de forma que os assentadosperceba sua real importância se sinta motivado a participar por sua própria iniciativa.

Cooperação na produção, a melhoria da renda e da qualidade de vida das famílias assentadas de forma geral, realizará mediante a organização da Cooperação, existe muitas coisas que são indispensáveis ao desenvolvimento e que só poderão ser feitas por meio de uma ação coletiva. Em outras palavras, a cooperação na produção nos permite alterar profundamente os processos produtivos, elevando o grau de desenvolvimento das forças produtivas, a divisão do trabalho, o acesso a meios de produção mais eficientes e adequados, contribuem decisivamente para elevar a produtividade do trabalho, é claro que não se deve limitar apenas aos aspectos econômicos, pois é bem verdade que a vida humana possui muitas outras dimensões e que

precisamos estar atentos a elas, no entanto, não podemos perder de vista que o econômico é a estrutura de uma sociedade, é, portanto, a base material sobre a qual se estabelecem as relações sociais fundamentais que definem uma sociedade ou modo de produção (CERIOLI, 1993).

Conforme Stedile (1995), devemos ser bastante flexíveis em relação as formas. Aliás, elas precisam ser moldadas e adaptadas a realidade e não o contrário. Sempre é recomendável partir de formas mais simples para as mais complexas. Prosegue o autor dizendo que, a primeira preocupação deve ser a de que todas as pessoas que vivem no assentamento tenham condições dignas e humanas de vida. Daí, a preocupação com a moradia, o saneamento, a água, a educação, a saúde, o esporte e lazer, a cultura, o embelezamento, as estradas, a energia elétrica, etc. Estas tratam-se de conquistas da cidadania em geral. Também é preciso estar atento para melhorias que muitas vezes estão ao alcance e que não dependem de governo ou de política pública para serem realizadas, mas de iniciativa para fazê-las com o trabalho da própria comunidade.

O que entendemos por cooperação. Logo, o que é cooperação?

“[...] O termo cooperação está dicionarizado como o ato de cooperar ou operar simultaneamente, colaborar, trabalhar em conjunto. No sentido amplo, indica a ação coletiva de indivíduos com o intuito de partilhar, de forma espontânea ou planejada, o trabalho necessário para a produção da vida social. Também é entendido como processo social em que pessoas, grupos, instituições e/ou países atuam de forma combinada para atingir objetivos comuns ou afins (Cooperação internacional). No sentido restrito, a cooperação é entendida como a base das relações econômico-sociais que os trabalhadores associados pretendem estabelecer no processo de trabalho (Cooperativismo). Denota um valor ético-político, resultante de uma visão de mundo e de ser humano que atribui ao sujeito coletivo a disposição, o empenho, a solidariedade, o compromisso de apoiar, de fazer com, de produzir com, de tomar parte de um empreendimento coletivo cujos resultados dependem da ação de cada um dos sujeitos ou instituições envolvidas [...]” (CATTANI, LAVILLE, GAIGER e HESPANHA, 2009, p. 80)

Também pode ser definido sendo:

“[...] o método de ação pelo qual indivíduos, famílias ou comunidades, com interesses comuns, constituem um empreendimento. Neste, os direitos de todos são iguais e o resultado alcançado é repartido entre seus integrantes, na proporção de sua participação nas atividades da organização [...]” (KREUTZ, 2004, p. 9)

O cooperativismo fundamenta-se, assim, em uma doutrina cujos princípios básicos são a igualdade e a ajuda mútua. Essa forma de organização social concretiza-se institucionalmente por intermédio da ação e da organização de sujeitos individuais em unidades cooperativas que, por sua vez, configuram-se como sociedades formadas por, no mínimo, 20 associados com objetivos comuns (SABOURIN, 2006, p. 15).

A respeito especificamente do meio rural, durante a década de 1990, o cooperativismo agrícola cresceu apenas 13,3%. Entre os anos de 1993 e 1995 houve uma involução no número das cooperativas do setor, que registrou um pequeno aumento somente a partir de 1999 (SILVA, 2003 apud SABOURIN, 2006, p. 21). O movimento cooperativista da agricultura familiar ganhou força no início dos anos 2000. Em 2003 esse setor do cooperativismo agregava 5.762 milhões de cooperados; 7.355 cooperativas singulares; 81 centrais; 76 federações; 13 confederações estaduais; 182 mil empregos; 6% do Produto Interno Bruto (PIB); 1.09 bilhões de dólares em exportações (OCB, 2003) e 35% da produção agrícola nacional (SABOURIN, 2006, p. 22).

Então, a Cooperação Agrícola é o jeito de juntar ou somar os esforços de cada assentado (agricultor individual ou familiar); para fazer coisas em conjunto. Surge assim o agricultor cooperado. Para comercializar os produtos também fica mais fácil. Ao Juntar as pequenas compras individuais e as pequenas vendas individuais dos produtos, o assentado garante maior poder de barganha de preços, além de economizar com os custos de transporte, material, mão-de-obra etc. Os pequenos agricultores, também, estão começando a se juntar para resistirem no campo e não serem engolidos pelos grandes. A cooperação agrícola é a saída que estão encontrando para: aumentarem a produtividade do trabalho; aumentarem o volume da produção (STEDILE, 1995).

As cooperativas agrícolas, não apenas se tornaram o elo entre a agricultura familiar e os sistemas modernos de produção, contribuindo para que as unidades agrícolas adquirissem perfil empresarial, como também articularam produtores, instituições públicas de fomento e mercado consumidor (SABOURIN, 2006). Continua afirmando o autor que, em 1989 foram constituídas as primeiras cooperativas nas áreas de reforma agrária e em 1992 o Movimento dos Trabalhadores Sem-Terra (MST) criou o Sistema Cooperativista dos Assentados (SCA) e a Confederação das Cooperativas de Reforma Agrária do Brasil Ltda (Concrab). Esse movimento foi ganhando força ao longo das duas últimas décadas e, atualmente, existem nove Cooperativas Centrais Estaduais, 81 Cooperativas de Produção, Comercialização e Serviços, duas Cooperativas de Crédito e 30 Unidades de Agroindustrialização vinculadas aos assentamentos em todo país. Apesar das contradições de cooperativismo tradicional e popular e seus limites, teoricamente, é de se esperar que o cooperativismo agrícola, como movimento social e como modelo de organização de pessoas em prol de interesses comuns, possa manter e direcionar cada vez mais sua força articuladora e potencializadora, que tanto tem beneficiado o agronegócio, para a sustentabilidade da agricultura familiar (SABOURIN, 2006, p. 22).

Algumas razões que defende Stedile (1995), a cooperação para os assentamentos: em respeito ao econômico, aumentar o capital constante; aumentar a produtividade do trabalho; aumentar a divisão do trabalho e a especialização; racionalizar a produção de acordo com os recursos naturais; fazer adequações tecnológicas; conseguir melhores preços para os produtos; desenvolver a agroindústria. Por razões sociais, urbanização das moradias, na infra-estrutura básica; na educação; no transporte coletivo; na saúde; na igualdade de direitos entre homens e mulheres, na maiores possibilidades de lazer. Por razões políticas, ampliar a resistência ao capitalismo competitivo entre os assentados; na construção de organicidade; no proporcionar membros e dirigentes, no desenvolver a consciência política no assentamento, fazer articulação política; acumular forças para a transformação social.

Como desenvolver a cooperação nas comunidades: Stedile (1995) continua afirmando que, a luta pela terra já é uma forma de cooperação. Mas a cooperação pode ainda ser desenvolvida em todas as oportunidades. Além dos exercícios de cooperação se faz necessário, ainda no acampamento, a discussão de como será a organização do assentamento. Estudar o que é a cooperação, quais as suas vantagens e os seus limites, o nível de cooperação que será possível desenvolver.

Chiavon, Ferreira, Franz, Villeta e Martins (1999) afirma que o primeiro passo é a discussão e elaboração do Plano de Desenvolvimento do Assentamento (PDA), onde se considerará vários elementos importantes como: analisado mapa da área e o levantamento dos recursos naturais, percorrer a área e reconhecer todas as divisas; ver o que se produz na região; ver o que a região consome e que não é produzido ali, tentar descobrir porque alguns produtos não são produzidos na localidade; fazer a análise da terra; fazer um levantamento do patrimônio existente; fazer o planejamento de produção, analisando as possibilidades de cooperar; analisar a melhor forma de fazer as moradias; tomar todas as decisões importantes para a vida econômica, social e política do novo assentamento.

Continua Chiavon et al. (1999), dizendo que a organização da produção, o assentamento e cada núcleo de produção devem discutir a produção: o que produzir? Onde produzir? Quando e quanto produzir? Como produzir? Como comercializar e para quem? Etc. Na organização da produção precisa levar em conta: garantir o básico. Logo que chega na área, precisa garantir uma horta e uma roça de subsistência para a alimentação dos assentados e dos animais. Prezar sempre pela diversidade, qualidade e quantidade. Obedecer ou ter claro a realidade concreta da área: não

pode cair no erro de achar que na terra conquistada, que normalmente fica em outra região, se planta a mesma coisa e do mesmo jeito que estava acostumados a fazer. Precisa levar em conta a localização da área, a distância do mercado, a infra-estrutura, vias de transporte existentes e as suas condições. Enfim, devemos levar em conta, o nível de desenvolvimento das forças produtivas e as relações sociais de produção existentes na região. Estudo de viabilidade econômica da área e elaboração do plano de desenvolvimento. Precisa identificar as linhas de produção que são mais viáveis para o assentamento, tendo em vista o mercado. Identificando as linhas, deve estabelecer a estratégia de implantação das mesmas, bem como, determinar o melhor nível de cooperação para o desenvolvimento delas.

O plano global de desenvolvimento deve contemplar todas as famílias envolvidas no processo, ser claro no como resolver os problemas de infra-estrutura (estrada, energia elétrica, demarcação da terra, etc.); qual será a matriz produtiva adotar e como se dará a assistência técnica; a qualificação da mão-de-obra; a comercialização; desenvolver a agroindústria e a indústria; garantir saúde, educação, etc.; organizar o lazer, o espaço religioso (CHIAVON et al., 1999).

Finalmente Chiavon et al. (1999), diz que deve-se reformular a matriz tecnológica sobre a qual desenvolvemos a produção. O repensar desta nova base tecnológica deve estar calcada nos seguintes princípios: enfoque sistêmico e holístico (perceber as partes integrantes do processo, a relação entre elas e a relação com o todo); complexo agrosilvipastoril (compreender a atividade agropecuária em todas as suas relações); relação entre produção, processamento e comércio; diversificação; reciclagem (manejo adequado das diversas atividades agropecuárias em vista de um melhor aproveitamento dos subprodutos); manejo orgânico do solo; alternativa a proteção da planta (como proceder para o controle de pragas e doenças).

As cooperativas e associações de trabalhadores são experiências práticas de auto-organização dos trabalhadores que podem ser potencializadas numa conjuntura de transformação social que tenha em vista a transcendência do trabalho alienado (MÉSZÁROS, 2002 apud NOVAES et al., 2009).

#### **2.9.4.2. Fontes de resíduos**

As atividades de criação animal nas pequenas propriedades constituem como importante fonte de renda e de trabalho a esses produtores rurais, dentre elas temos: a bovinocultura de leite, a caprinocultura e ovinocultura, a criação de equinos para as atividades na tração animal, a

suinocultura e a avicultura de postura e de corte. A criação da avicultura de corte e de postura vem destacando como atividade promissora, na garantia de renda a esses produtores, por suas várias características.

Dentre elas, a avicultura de corte e de postura se constitui em uma importante opção de renda para o produtor rural, devido a utilizando relativamente de pouca mão-de-obra que na maior parte das vezes é de ordem familiar, ocupa reduzida quantidade de área com construções e faz uso de equipamentos exclusivos para a atividade (OCEPAR et al., 2007).

A produção de frango em sistemas alternativos vem crescendo em número de produtores em consequência das exigências de um mercado consumidor emergente, para um produto diferenciado daquele comercialmente encontrado em larga escala nas prateleiras dos supermercados. É uma opção para atender um nicho do mercado que exige produtos de qualidade e segurança no que se refere à presença de resíduos químicos e de outras drogas que possam influenciar a saúde humana (ÁVILA, 2003). Ávila ainda diz que, esse tipo de produção apresenta-se como alternativa para diversificar as atividades nas pequenas propriedades rurais e nos assentamentos de reforma agrária. Independente do conceito de produção caipira, colonial ou orgânica/agroecologia, o que importa é a busca de uma produção sustentável. No entanto, quando paralelamente busca-se é indispensável respeitar as condições básicas de alimentação das aves, considerando as necessidades para manutenção das mesmas e para a produção de carne e ovos.

Além do aproveitamento do carne e dos ovos, na produção avícola ainda a possibilidade de ganhos de receita com o adubo orgânico, proveniente da cama de frango, que é rico em minerais essenciais as plantas, como cita (CARNEIRO et al., 2004), em média a 2% de N, 1,36% P, 2,34% de K, 2,33% de Ca, 0,62% de Mg, 0,46% de S-SO<sub>4</sub>, que o torna como ótimo adubo orgânico as culturas.

No passado, para esse tipo de exploração eram utilizadas raças de dupla aptidão, para produção de ovos e carne, e de alta rusticidade, com instalações e equipamentos simples. No entanto, é possível a produção de carne utilizando as linhas híbridas comerciais específicas para este fim, considerando que são mais exigentes principalmente em manejo, alimentação e sanidade, e que, se não manejadas adequadamente poderão frustrar as pretensões do produtor (ÁVILA, 2003).

Segundo Carneiro et al. (2004), é uma atividade que exige no investimento: conhecimento técnico nas etapas de elaborações dos projetos das instalações e no manejo das aves e de assistência

técnica; a disponibilidade de recursos financeiros no investimento inicial; o interesse de mercado na integração da atividade ao comércio; o acesso à propriedade em qualquer época do ano; mão-de-obra disponível e com dedicação permanente na propriedade; água de boa qualidade e energia elétrica.

Continuando Carneiro et al. (2004), em seus estudos teve o seguintes resultados para a atividade de avicultura, na construção de um galpão de 1.200 m<sup>2</sup>; com produção de 6 lotes por ano, totalizando 80.000 aves:

- Produção de 120 toneladas de cama de frango ao ano;
- Resultados econômicos: renda bruta total R\$ 24.200,00, sendo composta por R\$17.600,00 aves e por R\$ 6.600,00de cama de frango, saindo a R\$ 0,30 por ave;
- Custo total de R\$ 10.300,00 constituído por custos variável de R\$ 6.200,00 e custos fixo de R\$ 4.100,00, saindo a 0,13 por ave;
- O lucro total foi de R\$ 13.900,00 por ano, saindo à R\$ 0,17 por ave, renda bimestral de R\$ 2.313,00, considerando a venda a R\$ 0,22/cabeça e a cama há R\$ 55,00/toneladas, preços referentes a 2002/3 na região de Londrina - PR;
- Não foi considerado mão-de-obra;
- Foi considerado apenas a depreciação do galpão e dos equipamentos;
- Os principais itens que compõem os custos variáveis são: cama de frango 20%, gás 50%, energia elétrica 5%, diaristas (mão-de-obra) 15%, INSS 6%, outros 4%;
- Os custos fixos determinados através da depreciação do galpão e dos equipamentos;
- A análise econômica dos investimentos: fluxo de caixa investimento inicial R\$ 56.000,00, período de análise 10 anos, valor residual do galpão R\$ 14.000,00 e zero para os equipamentos, a Taxa Interna de Retorno (TIR) foi de 16% e Tempo de Retorno (payback) de 6 anos.

Logo, A avicultura de corte e da de postura são atividades econômicas que precisam ser analisadas junto com o sistema de produção da propriedade, avaliando principalmente os impactos na ocupação da mão-de-obra e no fluxo de caixa a curto, a médio e em longo prazo, antes de sua implantação. As margens de lucro são pequenas, assim, a atividade não tolera muito erro na condução do aviário, os imprevistos e as recomendações técnico dissociadas da análise econômica. Verificou-se em uma propriedade a morte de centenas de aves devido à queda de energia elétrica

por mais de 2 horas consecutivas. A solução é preventiva: adquirir um gerador de energia elétrica (CARNEIRO et al., 2004, p. 10).

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A escolha da metodologia de estudo de caso para esse trabalho se justifica pelo fato de haver a possibilidade: de estudar sistemas de informações no ambiente natural, de aprender sobre o estado-da-arte e de gerar teorias a partir da prática; de responder as perguntas do tipo: como? Por que? Ou seja, compreender a natureza e a complexidade do processo em jogo; de pesquisar uma área na qual poucos estudos prévios tenham sido realizados, como cita os autores Pozzebon e Freitas (1998) e Martins (2008) nos seus estudos. Os autores ainda afirmam que os resultados da metodologia de estudo caso, depende fortemente do poder de integração do pesquisador, de sua habilidade na seleção do local e dos métodos de coleta de dados, bem como de sua capacidade de fazer mudanças no desenho de pesquisa de forma oportuna. Logo, a metodologia de estudo de caso é um método qualitativo; é apontada e particularmente apropriada para o tipo de problema devido a pesquisa e a teoria estarem em estágio inicial de desenvolvimento, e pela pesquisa ser baseada na prática, levando em consideração experiência dos atores, e o contexto atual das ações. Na **figura 8** que se encontra no “ANEXO 1” ilustra por meio de fluxograma as etapas de um estudo de caso.

Dessa forma esse trabalho usa essa o estudo de caso como linha metodológica, de pesquisa.

Logo, o estudo busca responder as seguintes perguntas: onde, como e quando:

1. O estudo foi realizado em um Projeto de Assentamento de reforma agrária, realizado pelo PNRA<sup>49</sup>, conforme lista única de Beneficiados do programa, o assentamento encontra sobre a área de atuação da SR-28 DFE<sup>50</sup>, código DF 0197000, denominação P. A. Pequeno Willian, localizado na região rural de Planaltina do DF; as coordenadas do local são de latitude 15°40'44"S, de longitude 47°41'36"W e altitude de aproximadamente 1,5 mil metros, a **figura 10 e 11** no “ANEXO 2” apresenta a imagem aérea e foto da entrada do local de estudo.

---

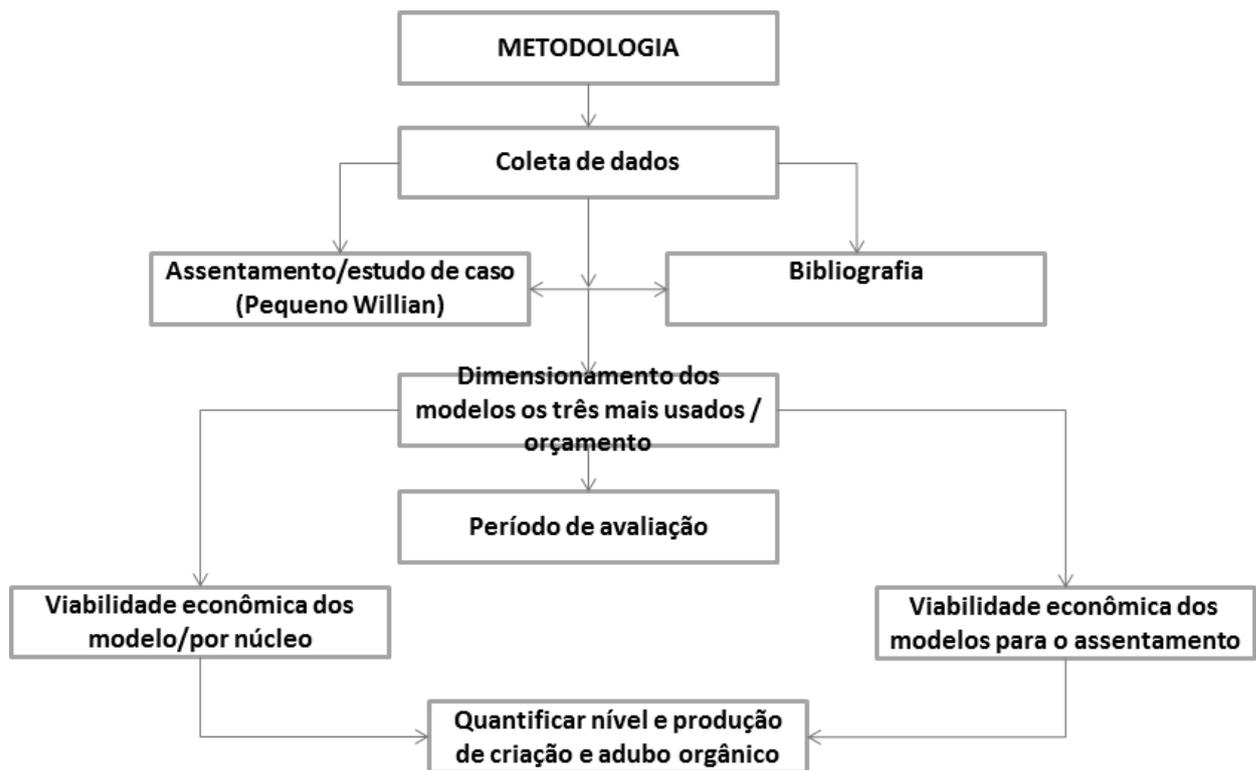
<sup>49</sup>PNRA - Programa Nacional de Reforma Agrária

<sup>50</sup>SR-28 DFE - Superintendência Regionais do Distrito Federal e Entorno

2. A pesquisa foi realizada de forma participativa e democrática no P. A. Pequeno Willian, contando com a colaboração dos assentados no estudo, sem a qual não seria possível a realização do mesmo seguindo as seguintes etapas:
  - a. Realiza estudo de caracterização do assentamento levantando toda sua história até os dias atuais, essas informações foram levantadas por meio de entrevista aberta com as famílias através dos seus relatos;
  - b. todos os dados necessários para o trabalho técnico, foram coletados de forma participativa, ficando o autor somente como orientador das etapas de execução da mesmas, o questionários foi aplicado em cada família com objetivo de que cada uma delas pudesse escolher a atividade produtiva da criação animal propostas pelo autor, o segundo passo foi a coleta dos dados de criação nos núcleos e por fim envolvendo todo assentamento agora por médio democrático da atividade a ser desenvolvida pela comunidade, a coleta dos dados envolveu todo um processo de discussão e de decisão entre as famílias na escolha das atividades produtivas tanto nos núcleos e quanto em todo assentamento, as atividades de criação propostas foram escolhidas pelo autor com base em estudo prévio em referenciais teóricos, as informações a respeito das atividades propostas foram passadas durante a coleta dos presentes dados;
  - c. Outra etapa paralela a anterior foi o levantamento de informações a respeito do consumo de energia elétrica e do número de pessoas integrantes das famílias;
  - d. pesquisa na literatura sobre: os biodigestores rurais seus tipos mais populares, seus dimensionamentos, seus funcionamentos, materiais construtivos e as técnicas para suas construções, seus benefícios ao meio ambiente e como fonte alternativa de energia; organização social analisando a sua importância na conquista e na permanência das comunidades; a atividade de produção de criação animal escolhida pelo assentamento e núcleos, analisando sua importância econômica e social, as técnicas de produção, manejo e comercialização. A organização social e a atividade produtiva de criação animal são fatores importantes

- na gestão e utilização dos biodigestores como fonte alternativa de energia;
- e. Dimensiona e quantifica materiais dos três biodigestores rurais propostos, propondo a construção de um dos três modelos, nas seguintes condições de um biodigestor central atendendo os três modelos escolhidos para estudo formam três modelos contínuos o chinês, indiano e tubular;
  - f. Consulta preços no mercado local de Planaltina – DF para elaboração de orçamento dos projetos dos biodigestores, para orçamento da construção e instalação dos modelos dimensionados;
  - g. Analisada a viabilidade econômica dos projetos dos biodigestores, tendo como receita dos projetos na análise a economia da energia elétrica convencional, não levando em consideração na análise as receitas do adubo orgânico e a apreciação ambiental da tecnologia pelos seus vários benefícios.
  - h. Quantifica a produção da criação, ou seja, a necessária para que abasteça o sistema de produção de energia elétrica; que venha garantir a autonomia e soberania técnica da produção de energia elétrica a comunidade e produção do adubo orgânico, que poderá ser utilizado nas culturas da comunidade.
  - i. Analisa as influências da organização social e da atividade produtiva, sobre a viabilidade dos projetos de biodigestores.

A **figura 9** a seguir apresenta, o fluxograma que auxilia no entendimento da metodologia desse trabalho de estudo de caso, realizado no P. A. Pequeno Willian.



**Figura 9:** Fluxograma do estudo de caso.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

E também com base nos dados levantados e conforme orientações dos dimensionamentos e materiais utilizados na construção dos biodigestores foi possível os orçamentos, com o valor de custo dos biodigestores, a análise da viabilidade econômica, considerando as seguintes situações três modelos de biodigestor, dentre eles a possibilidade de ser instalado um para todo assentamento ou um por núcleo, quantificar a produção de animais na criação, geradora do resíduo matéria prima para funcionamento dos biodigestores, ou seja, quantidade de animais, necessária para manter o funcionamento do sistema de produção de energia elétrica que garanta a autonomia e soberania técnica com a possibilidade da produção do adubo orgânico, diante de tudo isso é importante a organização social e atividade produtiva da criação.

Diante disto há importância do estudo da organização social na atividade coletiva e da atividade de produção da criação, seu manejo, comercialização e etc., levando que, para alcançar a autonomia e soberania energética, por meio da tecnologia de biodigestão anaeróbica, há a necessidade da organização social e a atividade produtiva.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Caracterização do caso e o relato histórico do P.A. Pequeno Willian

O período que compreendeu a coleta dos dados necessários a estudo, correspondeu do mês de maio de 2013 a agosto de 2014. O P. A. Pequeno Willian como relata as famílias por meio da entrevista foi resultado da luta pela reforma agrária desenvolvida por trabalhadores e trabalhadoras rurais, organizados pelo MST<sup>51</sup>.

O início da luta pela conquista da terra se deu a partir da primeira ocupação realizada pelo MST na fazenda Toca da Raposa, localizada em Planaltina - DF no dia 25 de outubro 2004, em resposta e resistência ao processo de despejo judicial realizado em 24 horas das 120 famílias que participavam da ocupação, organizou um acampamento em frente à fazenda como forma de protesto, chamado Ireno Alves. O acampamento foi constituído com oitenta famílias e as outras quarenta famílias ocuparam uma área da Embrapa<sup>52</sup> na fazenda Sálvia, BR 020, na qual permaneceram de novembro de 2004 a janeiro de 2005, surgindo então o acampamento que viria a ser o Pequeno Willian.

Por meio de negociações com MST, INCRA<sup>53</sup>, GDF<sup>54</sup>, Embrapa e a SPU, após três meses na área da Embrapa, foi efetuada a transferência das quarenta famílias do acampamento para a área da Polícia Rodoviária Federal a 3 km da cidade de Sobradinho nas margens da BR – 020, consolidando o acampamento Ireno Alves II, que mudou o nome para Pequeno Willian em junho 2005, depois da morte de um sem terrinha do acampamento Ireno Alves na Toca da Raposa.

Conforme relatos dos assentados, após seis meses de permanência no acampamento Ireno Alves, algumas pessoas passaram mal e foram encaminhadas para hospital Regional de Sobradinho, com intoxicação provocada pela água de uma mina próxima do acampamento, sendo que, não sabiam as famílias ser a água imprópria para consumo. Entre essas pessoas havia uma criança, um sem terrinha de dois anos e dez meses chamado de Willian, que no dia 28 de maio de 2005 veio a óbito, o que foi alegado ser meningite, mas por causa da intoxicação das outras pessoas

---

<sup>51</sup>MST – Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, mais a respeito em: <http://www.mst.org.br/>, último acesso em julho de 2014.

<sup>52</sup>Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, mais informações em: <https://www.embrapa.br/>, último acesso em julho de 2014.

<sup>53</sup>INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, mais informações podem ser obtidas em: <http://www.incra.gov.br/>, julho de 2014.

<sup>54</sup>GDF – Governo do Distrito Federal.

os assentados afirmam que a causa mortis foi decorrente do envenenamento da água contaminada por uso intensivo de agrotóxicos nas terras da fazenda. Em homenagem ao sem terrinha mudou-se o nome do novo acampamento, que até então era Ireno Alves II passando a ser Pequeno Willian.

Esse P. A. adotou estrategicamente a produção orgânica e agroecológica. O acampamento Pequeno Willian permaneceu na área da Polícia Rodoviária Federal, durante o período que foi de janeiro de 2005 a 12 de outubro de 2010. O que era para ser apenas por seis meses durou quase seis anos e chegou a ter mais de cem famílias acampadas.

A oficialização do P. A. se deu através da Portaria nº 136/11, de 26 de dezembro de 2011 onde foi criada oficialmente o P. A. Pequeno Willian, no Imóvel rural denominado Fazenda Sálvia, localizado a 10 km da cidade de Planaltina. Possuindo uma área registrada de 144,17 ha, com Reserva Legal de 60,73 ha<sup>55</sup> e capacidade de assentamento de 22 famílias. Na atualidade às famílias do Pequeno Willian se organizam e se fazem representar pela Associação Esperança que tem sido o instrumento jurídico, constituído de forma coletiva.

O assentamento propõe alcançar por meio da Associação Esperança associação que responde pelo assentamento sistemas sócio produtivo integrador, de base ecológica, na perspectiva de superar deficiências estruturais básicas, e emancipar os beneficiários da condição de pobreza, dinamizando a inclusão nos mercados locais e a integração social.

O delineamento do trabalho parte da problematização da possibilidade de autonomia e soberania energética do assentamento através do uso da biodigestão anaeróbica como uma tecnologia social através da autogestão<sup>56</sup>, como geradora de energia e produtora de adubo orgânico e de biofertilizante.

Dentro da perspectiva de luta, conquista e projeto do assentamento essa modalidade de tecnologia é aceita pelos assentados, dentro de uma ótica educacional e participativa. Esse trabalho apresenta de forma de projeto de extensão rural, empregando a valorização da gestão democrática na escolha, construção e funcionamento da tecnologia da biodigestão. Onde os autores possam participar de todo desenvolvimento da implantação do projeto e no seu controle.

---

<sup>55</sup>ha – hectare.

<sup>56</sup>“A autogestão” livro de Varanda e Bocayuva (2009) “Tecnologia Social, Autogestão e Economia Solidária”.

#### 4.2. A organização atual do P. A. Pequeno Willian

O assentamento foi fundado em 2010, atualmente constam 22 famílias e aguarda regularização para que cada assentado receba sua parcela de terra de 5,5 hectares. Eles também aguardam a construção de infraestruturas básicas, como estradas, rede de água e energia elétrica.

Quanto a distribuição e organização do P.A. as 22 famílias estão organizadas e distribuídas em 5 núcleos de moradia, sendo 4 núcleos compostos por 4 famílias cada, e 1 núcleo composto por 6 famílias. Cada núcleo possui uma área comunitária de 1 ha que será destinada prioritariamente para implantação de projetos coletivos (agroindustriais, área de lazer, espaço cultural, etc.). Cada família possui área média de 5,5 ha onde deverão manejar de forma sustentável, preservando o meio ambiente e garantindo a segurança alimentar e produção de excedentes para o mercado.

No APÊNDICE 2, **figura 10** encontra-se a distribuição geográfica das famílias na área do assentamento, organizadas em núcleos. Mapa elaborado em conjunto com a comunidade a partir da **figura 8**, contendo suas divisões as parcelas das famílias e os núcleos compostos por parcelas e suas distribuições, as parcelas estão nomeadas por códigos.

A área total do P. A. Pequeno Willian é de 144 ha, sendo que a área de reserva legal exigida por lei é de 23,77 ha, porém com a forte consciência ambiental, às famílias optam por manter área de reserva legal de 60,73 ha, buscando preservar o cerrado denso, cerrado típico presente no P. A. Por iniciativa das próprias famílias foram plantadas aproximadamente 3 mil mudas de árvores nativas com apoio da FUNATURA<sup>57</sup> e constituída uma brigada de incêndio, sendo que desde a criação do PA nenhuma nova queimada ocorreu na área.

A pesar do contexto socioeconômico das famílias do P. A. Pequeno Willian ainda ser precário, com severas restrições de condições básicas de bem-estar social: precariedade das

---

<sup>57</sup>FUNATURA - Fundação Pró-Natureza é uma organização não-governamental brasileira, das mais tradicionais e respeitadas pela relevância dos projetos de conservação do meio ambiente que desenvolve, por sua participação destacada em diversos Conselhos, redes e fóruns de decisão, em nível local, regional, e nacional, e bem assim em sua colaboração e parceria com entidades públicas e congêneres. Criada em 1986 por um grupo de profissionais da área ambiental, de representatividade no Brasil e no exterior, a FUNATURA foi declarada de utilidade pública em 1987, por Decreto do Exmo. Sr Presidente da República. Em sua atuação na defesa do meio ambiente no Brasil, principalmente no que diz respeito à preservação da diversidade biológica e à melhoria da qualidade de vida das populações locais, a FUNATURA contribui para o uso sustentável dos recursos da natureza em todas as regiões do país, e em especial nos biomas Cerrado e Pantanal. Mais sobre a FUNATURA em: <http://www.funatura.org.br/index.php/a-funatura>, último acesso em julho de 2014.

moradias, restrições financeiras das famílias, acesso restrito a água, energia, escolas, saúde e demais aparelhos sociais, o P. A. ainda assim, possui elevado grau de organicidade, consciência ecológica e ações pró ativas para dinamização econômica e inserção nos mercados.

Já constam iniciativas realizadas e concretizadas que proporcionaram melhorias de qualidade de vida aos assentados neste curto período de desenvolvimento do P. A., percebendo-se a melhoria da qualidade de vida das famílias e a elevada autoestima para seguir avançando e conquistando cidadania. Entre estas iniciativas destacamos:

- Implantação de cinco unidades de PAIS<sup>58</sup>, com apoio do Sebrae<sup>59</sup> e FBB<sup>60</sup>, desenvolvendo a produção de hortaliças integradas com a criação de galinhas. Este processo foi um grande incentivo inicial para a organização da produção, servindo de promoção da segurança alimentar e a inserção dos excedentes no PAA<sup>61</sup>; *mas, por falta de água e problemas na associação encontram-se em funcionamento apenas dois dos cinco, projetos instalados;*
- participaram no PAA em 2013 dezessete famílias do assentamento, comercializando ao todo aproximadamente setenta mil reais, tornando-se principal alternativa de mercado e geração de renda na comunidade; *no ano de 2014 não foi possível repetir este processo, por falta de água para as atividades de irrigação e por problemas apresentados na organização da associação, com a queda da produção não foi possível participar no PAA do ano de 2014 e as famílias têm buscado comercializar seus produtos em mercados locais, enquanto aguardam retomar a produção para renovar o contrato no PAA;*
- Através do trabalho da Associação Esperança, a comunidade participou da chamada pública do GDF, onde foi contemplada com Patrulha Agrícola Mecanizada, equipada com trator carreta, arado, grade e encanteirador; *a patrulha agrícola tem sido utilizada, mas poderia ser mais aproveitada se as atividades agrícolas estivessem em total funcionamento;*

---

<sup>58</sup>PAIS - Produção Agroecológica Integrada e Sustentável, mais informações a respeito podem ser encontradas em: <http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/desenvolvimentoterritorial/consad/producao-agroecologica-integrada-e-sustentavel-pais>, último acesso, julho de 2014.

<sup>59</sup>Sebrae - Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas, mais informações: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/>, último acesso em agosto de 2014.

<sup>60</sup>FBB - Fundação Banco do Brasil, mais informações: <http://www.fbb.org.br/home.htm>, último acesso em agosto de 2014.

<sup>61</sup>PAA - Programa de Aquisição de Alimentos, mais a respeito do programa em: <http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/aquisicao-e-comercializacao-da-agricultura-familiar>, último acesso em agosto de 2014.

- A comunidade ainda aguarda a liberação do FDR<sup>62</sup> social, onde será contemplada com um micro trator, um caminhão baú e poços artesianos. Com este conjunto de máquinas e equipamentos, a perspectiva é de elevar significativamente o volume de produção, diversificação e maior possibilidade de acesso aos mercados; *más para isso a comunidade precisa do fortalecimento funcional da associação e aumentar o potencial de recurso hídrico que está baixo;*
- Via EMATER – DF<sup>63</sup>, a comunidade foi contemplada com a distribuição de quatro kits de irrigação por gotejamento, possibilitando irrigar até 15 canteiros de 50 metros, estando em fase de instalação e devendo ser um grande incentivo na produção de hortaliças orgânicas durante o ano todo; *os kits estão à disposição, más devida a falta de assistência técnica e potencial em água para a irrigação, somente uma parte desse kit encontra-se instalado;*
- No assentamento tem um grupo de mulheres constituído desde 2011, onde participam catorze companheiras que desenvolvem artesanato como alternativa de trabalho e renda trabalhando com fibras vegetais e sementes do Cerrado popularmente conhecidas como Biojóias<sup>64</sup>; *o aproveitamento desse potencial poderia ser maior se a associação fosse mais forte em seu nível de organização através de maior participação no processo de produção e comercialização dos produtos;*
- Algumas famílias, possuem projeto de trabalhar com SAF<sup>65</sup>, estando em fase inicial de implantação e manejo, produzindo hortaliças em meio ao cultivo de árvores e criações animal; *a proposta poderia ser mais abrangente, mediante a participação de todas as famílias assentadas no projeto, sendo que somente cinco famílias estão implantando o projeto, demonstrado problemas na organização social do assentamento;*
- Saneamento básico, apesar das famílias ainda não possuem suas residências definitivas, já possuem saneamento básico completo, tendo sido instalado 23 FSE<sup>66</sup> com o apoio do

---

<sup>62</sup>FDR - Fundo de Desenvolvimento Rural do Distrito Federal, mais informações em: <http://www.agricultura.df.gov.br/component/content/article/287-a-secretaria/401-fundo-de-desenvolvimento-ruralfdr-cpdrseagri-df.html>, último acesso em julho de 2014.

<sup>63</sup> EMATER - DF - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, informações no: <http://www.emater.df.gov.br/>, último acesso em julho de 2014.

<sup>64</sup> Biojóias é um adorno produzido a partir de materiais vindos da natureza, tais como sementes diversas, fibras naturais, casca do coco, frutos secos, conchas, madreperla, capim, madeira, ossos, penas, escamas, dentre outros..., mais informações em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-produtora-de-biojoias>, último acesso em julho de 2014.

<sup>65</sup>SAF - Sistemas Agroflorestais, mais informações no: <http://saf.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/01.pdf>, último acesso, em agosto de 2014.

<sup>66</sup>FSE - Fossas Sépticas Econômicas, mais a respeito em: <http://www.fbb.org.br/data/files/BD/A2/39/CB/4205A31009818793BD983EA8/Cartilha%20Fossas%20Septicas%20Biodigestoras.pdf>, último acesso em agosto de 2014.

Sebrae e FBB; *todas as famílias do assentamento foram contempladas e também foi instalada uma FSE na área comunitária;*

- *Através de uma oficina técnica promovida pelo SENAR<sup>67</sup> a comunidade construiu um reservatório de ferro-cimento<sup>68</sup> com capacidade de armazenar doze mil litros de água, onde será criado peixe com o uso da água também para irrigação; *porém durante a presente realização do estudo não havia iniciado as atividades por falta de água e recursos próprios ou de outras fontes.**
- *a CEB<sup>69</sup> implantou a rede geral de energia elétrica e prepara-se para implantar a rede da ligação doméstica nas parcelas das famílias; já a questão da água potável está evoluindo o processo junto a CAESB<sup>70</sup> e espera-se ainda a ligação de água encanada nas residências familiares; a energia elétrica já foi toda ligada nas parcelas, a água ainda falta ser ligadas, a falta de água no assentamento constituiu em grave problema no atendimento as necessidades básicas; para a produção será necessário a construção de poços artesianos que atendam a demanda de água para irrigação nas atividades; atualmente o fator água tem sido determinante e limitante na produção;*
- *no ano 2014 a comunidade do PA Pequeno Willian, estão em busca de consolidação por meio de parceria com instituições públicas e privadas, onde se permite concluir o exaustivo trabalho de elaboração participativa do PDA<sup>71</sup>; este documento traz uma série de informações, propostas e desafios construídos coletivamente e que devem guiar os passos da comunidade no futuro, porém, existe a necessidade do fortalecimento da associação no sentido da busca na maior participação coletiva de seus membros para que o PDA seja bem elaborado, levando em consideração todos os anseios da comunidade.*

---

<sup>67</sup>SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, mais a respeito em: <http://www.senar.org.br/>, último acesso, em agosto de 2014.

<sup>68</sup>Reservatório de ferro-cimento pode ser aplicado em diversas funções, como cisternas para a captação e armazenamento da água da chuva, tanques para aquicultura, lagunhos e até piscinas. Mais informações em: <http://www.ecocentro.org/o-ipecc/tecnologias/agua/caixa-dagua-tanques-de-ferrocimento/>, último acesso, em agosto de 2014.

<sup>69</sup>CEB - Companhia Energética de Brasília

<sup>70</sup>CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

<sup>71</sup> PDA - Plano de Desenvolvimento do Assentamento: O PDA é feito após a criação do assentamento por uma empresa ou entidade de assistência técnica contratada pelo INCRA. A elaboração do Plano conta com a participação das famílias assentadas. Nele é definida a organização do espaço, com indicação das áreas para moradia, produção, reserva florestal, vias de acesso, entre outros aspectos. Além disso, o PDA relaciona as atividades produtivas a serem desenvolvidas no assentamento, as ações necessárias à recuperação e à preservação do meio ambiente, o programa social e de infraestrutura básica. Fonte: <http://www.incra.gov.br/oqueepda>, último acesso, em agosto de 2014.

#### 4.3. Principais desafios da comunidade

Tendo em vista o processo de desenvolvimento da comunidade, o assentamento busca vencer os obstáculos e ir à luta para conquistar espaço na sociedade, por meio de algumas ações como:

- Viabilizar o processo de licenciamento ambiental para que todos possam desenvolver de forma sustentável, preservando o meio ambiente e garantindo qualidade de vida;
- Desenvolver projetos inovadores e sustentáveis tais como: bioconstruções, floricultura, plantas ornamentais e aromáticas, produção de mudas de árvores e agro extrativismo;
- Garantir acesso ao transporte, educação, saúde, lazer e cultura de qualidade e de forma integral;
- Viabilizar acesso ao crédito, fomento e demais políticas que possibilitem o desenvolvimento sócio econômico das famílias, com melhores condições de produção e trabalho e garantindo saúde com segurança alimentar e acesso aos mercados;
- Investimentos em agroindústria: a comunidade possui propostas de construir pequenas agroindústrias que possam processar a produção, agregar valor e garantir alimentos de qualidade à população do campo e da cidade. As agroindústrias pretendidas são: casa de farinha, panificadora, processamento de conservas, doces e licores (destaques para frutas nativas do Cerrado);
- Espaço cultural com anfiteatro, biblioteca, plenária, inclusão digital, salão de beleza e demais necessidade sociais.

#### 4.4. A importância da organização social na viabilidade dos projetos agropecuários

De ante de tal luta pela comunidade vimos o quanto a organização social é importante e que a luta tem que ser em função de objetivos comuns, entre todos os membros, como diz Cerioli (1993) que a motivação da organização social das comunidades de assentamento, devem ser o incentivo a produção de comida em vista da segurança e da soberania alimentar, a proposta de estudo desse trabalho é contribuir por essa segurança alimentar, propondo a possibilidade, da inserção da biodigestão anaeróbica, como forma de aproveitamento dos resíduos, buscando alcançar a sustentabilidade no processo produtivo, por meio da autonomia na geração de energia e ainda na possibilidade da produção de adubo orgânico (biofertilizante), o estudo também faz um levantamento decisivo e importante, que é a análise da viabilidade econômica dos projetos, com o

objetivo de verificar a viabilizar ou não dos projetos, que irão garantir a autonomia e soberania na produção da energia elétrica a comunidade.

Pode observar que através da organização, de uma associação que responde pelas famílias no caso PA Pequeno Willian a “Associação Esperança”, quando há a garantia do processo participativo, tendo como principal objetivo, o autor Stedile (1995), diz que o grupo organizado, flexível em relação a forma. Aliás, elas precisam ser moldadas e adaptadas a realidade e não ao contrário, o permanente interesse do grupo, tende a prosperar. Como podemos identificar as conquistas realizadas pelo P.A. em estudo, boa parte fruto dessa organização, onde se observa a importância do processo organizativo. Quando atingidas as metas pela comunidade, observa o estabelecimento dos horizontes, que impulsionando as atividades e seus anseios, como descritos, no tópico de caracterização do caso e o relato histórico do assentamento.

Observa-se desde o início a luta coletiva da comunidade, com conquista de espaços (terra), a identidade do assentamento. Posteriormente a luta pela permanência, em suas terras já conquistadas. Vimos que após a organização do assentamento pelas famílias em associação essa permanência se mostra cada vez mais certa, mostrando que por meio da organização é possível ter maior poder representação, forças na busca dos objetivos, desafios muitas vezes impossíveis por meios individuais, mas possível por meio coletivo, como exemplo na prática encontra-se a produção sustentável pela comunidade, a produção orgânica, a preservação ecológica e ambiental, a autonomia e soberania produtiva. Levando em consideração essa organização, à proposta desse trabalho foi abraçada pela comunidade, pela busca da autonomia e soberania da produção de energia elétrica e pela possibilidade da produção de adubo orgânico para a agricultura, de forma, propondo três modelos mais comuns de biodigestores, e comparando entre si para ver qual o modelo mais vantajoso, outra questão desse nesse trabalho é que essa tecnologia seja apropriada a comunidade, em todas as suas etapas, incluindo construção, instalação e manejo do sistema.

O organização social como vimos, é o processo social que pessoas e instituições atuam de forma combinada para atingir objetivos comuns ou afins, como dizemos autores Cattani et al. (2009), quando falam que a coletividade, “faz com que, possuem mais força para reivindicar junto as esferas governamentais, as instituições pública de assistências sociais e produtivas, as melhorias para sua região, como estradas, escolas, postos de saúde, etc. Pelo fato de serem formadas por grupos produtivos que geram emprego e renda, são organizações de interesse público, tendo o

direito de usufruir dos programas governamentais, através dos quais podem obter cooperação para o aperfeiçoamento da produção, como já vem tendo como fruto de suas conquistas.

As vantagens das organizações em associação fazem com que estimulem as famílias, somando forças para enfrentar os problemas do homem do campo. O processo organizativo é complicado devido culturalmente a nossa formação educacional principalmente a básica, não favorecer a coletividade, sendo que, desde o início da formação educacional na básica, não recebemos instruções a respeito de organização social e o individualismo é que predomina dentro das esferas de educação básica, crescendo com essa formação de individualidade e competitividade entre os membros de uma mesma classe social, que anseiam pelos mesmos objetivos. Observa-se na comunidade eles passam por essa dificuldade da formação educacional de capitalista individualista, em que sempre tem que estar lembrando a importância da coletividade e dos objetivos comuns, ficando evidente os problemas apresentados por muitos produtores que querem competir entre si e que alguns ainda têm essa dificuldade de aceitar essa coletividade gerando certo bloqueio em abraçar a causa do trabalho coletivo, tornando constante desafio da associação.

Por fim, a autonomia e soberania energética por meio da biodigestão anaeróbica, só é possível tanto nos núcleos e quanto em todo assentamento, mediante a existência de um processo concreto de organização social associativa das famílias, em todo seu sistema produtivo, desde a construção das instalações, manejo do sistema de biodigestão, como a instalações, manejo e comercialização das aves. Essa dependência do fator organizativo é fator decisivo e limitante na viabilidade econômica da biodigestão na geração de energia elétrica para a comunidade.

#### 4.5. Aptidões produtivas dos núcleos e do assentamento

Para determinar o tipo de atividade de criação animal a ser desenvolvida, com a finalidade de abastecer o sistema de biodigestão anaeróbica, aplicou-se o questionário a comunidade, que se encontra em “APÊNDICE 1”, tendo como resultado da pesquisa a **tabela 13**; na tabela as famílias e os núcleos são representados por letras e números.

Dessa forma existem diferentes formas de atividades e manejos avícolas conforme a finalidade, dentre elas a criação de aves de postura para a produção de ovos e de criação de aves de corte na produção de carnes. A Ocepar et al. (2007) afirma que, a atividade avicultura de corte ou a de postura tem se constituído em importante opção de fonte de renda aos produtores, por alguns

fatores, por utilizar relativamente pouca mão-de-obra e que na maior parte das vezes é de origem familiar. Ocupa reduzida quantidade de área com as construções. Outra questão importante é a adaptação das instalações e a logística das mesmas que são geralmente simples e de baixo custo, fator importante, para a biodigestão pela facilidade no manejo da coleta dos resíduos produzidos para abastecer o (s) sistema (s).

É importante o estudo de mercado e das técnicas de produção, antes de iniciar as atividades. Como argumentem Carneiro et al. (2004), dizendo que é uma atividade que exige a disponibilidade de recursos financeiros no investimento inicial, conhecimento técnico nas etapas de elaborações dos projetos das instalações, no manejo das aves e de assistência técnica; o interesse de mercado na integração da atividade ao comércio; o acesso à propriedade em qualquer época do ano; mão-de-obra disponível e com dedicação permanente na propriedade; água de boa qualidade e energia elétrica. Observa-se a importância de um planejamento prévio da atividade, para sua implantação, atividade está indispensável na garantia da produção energética e do adubo orgânico a comunidade.

A produção de frango em sistemas alternativos vem crescendo em número de produtores em consequência das exigências de um mercado consumidor emergente, para um produto diferenciado daquele comercialmente encontrado em larga escala nas prateleiras dos supermercados logo, afirma Ávila (2003) ser um bom indicativo a atividade escolhida pela comunidade. A produção de aves com princípios agroecológico, busca o atendimento de um nicho de mercado que exige produtos de qualidade e segurança no que se refere à presença de resíduos químicos e de outras drogas que possam influenciar a saúde humana. A outra vantagem da atividade é a possibilidade do aproveitamento do resíduo além da produção de energia é a produção do adubo orgânica, ser utilizados na agricultura, aos produtores desta que buscam a certificação de produtor orgânica.

Com objetivo de dar importância atividade produtora do substrato da biodigestão anaeróbica foi feita a seguinte pesquisa quanto ao custo da produção avícola, que nos mostra que o nível de controle da atividade, observamos através dos estudos dos autores Carneiro et al. (2004), que analisam o custo da produção chegando aos seguintes resultados na construção de um galpão de 1.200 m<sup>2</sup>; com capacidade de produção de 6 lotes por ano, 80.000 aves; a análise econômica dos investimentos: fluxo de caixa com os seguinte valor investimento inicial R\$ 56.000,00,

período de análise 10 anos, valor residual do galpão R\$ 14.000,00 e zero para os equipamentos, a Taxa Interna de Retorno (TIR) foi de 16% e Tempo de Retorno (payback) de 6 ano.

Por fim, atividade avícola tanto, é atividade econômica que precisa ser bem estudada antes de sua implantação, do ponto de vista do sistema produtivo avaliando principalmente os impactos dos custos da mão-de-obra e o fluxo de caixa a curto, a médio e a longo prazo, antes de sua implantação. Como afirma os Carneiro et al. (2004), que a margem de lucro são pequenas, sendo assim, não tolera muitos erros na condução do aviário e imprevistos; e as recomendações técnicas dissociadas da análise econômica. Podemos afirmar a importância da atividade, no contexto da produção de energia elétrica ao assentamento, a tornando como fator limitante, necessário e de decisão na produção da energia e do adubo orgânico. Existe a possibilidade de redução dos custos da atividade, por meio do aproveitamento da mão-de-obra dos próprios assentados, que podem ser treinados. Independente da biodigestão, a atividade é autossuficiente, ou seja, ela se paga e dá lucro, aos produtores que realizam tal atividade. Logo, o sistema da biodigestão é redutor de custo de produção, através da possibilidade do aproveitamento do (biogás) na geração elétrica e por proporcionando melhores destinos ambientais, aos resíduos produzidos pela atividade, através da produção do adubo orgânico, que podem ser utilizados na produção orgânica agrícola.

Para que sejam instalados os biodigestores nos núcleos ou no assentamento, há a necessidade da atividade avícola. Sendo assim sem dúvida ela é uma atividade importante a viabilidade econômica da biodigestão. Para existir a autonomia e soberania na produção da energia elétrica e do adubo orgânico, tendo a necessidade de desenvolver a atividade da criação das aves, sendo considerado repetitivo, fator determinante, limitante e decisivo na produção de energia elétrica por meio da biodigestão anaeróbica.

**Tabela 13:** Aptidão produtiva de criação conforme pesquisa nas famílias, nos núcleos e no assentamento.

Famílias	Aptidão de Atividade produtiva animal	Núcleo	Atividade de aptidão	Assentamento	Aptidão do Assentamento de produção animal
A – 1	Avicultura				
A – 2	Ovino/Caprino	A	Avicultura		
A – 3	Avicultura				
A – 4	Avicultura				
B – 5	Bovino				
B – 6	Avicultura	B	Avicultura		
B – 7	Avicultura				
B – 8	Avicultura				
C – 9	Avicultura				
C – 10	Avicultura	C	Avicultura		
C – 11	Avicultura				
C – 12	Avicultura			Pequeno Willian	Avicultura
D – 13	Avicultura				
D – 14	Avicultura	D	Avicultura		
D – 15	Bovino				
D – 16	Avicultura				
D – 17	Avicultura				
D – 18	Avicultura	E	Avicultura		
E – 19	Avicultura				
E – 20	Avicultura				
E – 21	Avicultura				
E – 22	Ovino/Caprino				

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

#### 4.6. Determinação de demandas energéticas

Partimos do pressuposto da possibilidade de autossuficiência energética, por meio do uso da tecnologia da biodigestão anaeróbica, através da quantificação da necessidade de energia demandada pelas famílias, analisamos o custo do sistema e sua viabilidade econômica, em função do dimensionamento dos sistemas, sendo o custo da energia gasta atualmente pela comunidade, as receitas dos investimentos de instalações dos projetos de biodigestores.

Nossa hipótese inicial é a produção total de energia pelo sistema de biodigestão anaeróbica da demandada no período compreendido de estudo na comunidade, substituindo a energia convencional de energia fornecida pela companhia de energia de Brasília CEB, sendo algo vantajoso às famílias, pela possibilidade da autonomia e soberania dessa produção, dando maior segurança nos produtivo na ausência da energia da companhia e também pelos benefícios ambientais que a biodigestão oferece, também pela contribuição dessa tecnologia ao desenvolvimento rural. Os parâmetros para dimensionamento parte das necessidades de energia por parte das famílias, sendo então possíveis de serem ampliados.

A **tabela14** a seguir, apresenta o resultado da demanda de energia elétrica da comunidade, informações coletadas mediante consultas as contas de energia da comunidade emitidas pela companhia de energia da região. Por meio do consumo de energia foi possível determinar a demanda de energia elétrica no assentamento, através desses dados dimensiona-se os biodigestores.

**Tabela 14:** Demanda energética das famílias, dos núcleos e do assentamento.

U.A. <sup>72</sup>	Nº da parcela <sup>73</sup>	N.P <sup>74</sup>	C.E. M em kWh <sup>75</sup>										C./M <sup>76</sup>	C./F <sup>77</sup>	C./D. N. <sup>78</sup>	C./D. A <sup>79</sup>		
			M/13	J/13	J/13	A/13	S/13	O/13	N/13	D/13	J/14	F/14					M/14	A/14
A - 1	56633	4	79	90	85	96	108	105	123	110	110	133	125	105	106	3,5		
A - 2	57854	6	119	134	127	144	162	157	184	165	165	200	187	157	159	5,3	13,2	
A - 3	55146	4	79	90	85	96	108	105	123	110	110	133	125	105	106	3,5		
A - 4	56678	1	20	22	21	24	27	26	31	28	28	33	31	26	26	0,9		
B - 5	55235	3	59	67	64	72	81	78	92	83	83	100	94	79	79	2,6		
B - 6	55854	1	20	22	21	24	27	26	31	28	28	33	31	26	26	0,9	7,0	
B - 7	56315	2	40	45	42	48	54	52	61	55	55	67	62	52	53	1,8		
B - 8	56556	2	40	45	42	48	54	52	61	55	55	67	62	52	53	1,8		
C - 9	55232	4	79	90	85	96	108	105	123	110	110	133	125	105	106	3,5		
C - 10	56267	3	59	67	64	72	81	78	92	83	83	100	94	79	79	2,6		
C - 11	55766	5	99	112	106	120	135	131	154	138	138	166	156	131	132	4,4	15,0	
C - 12	55724	5	99	112	106	120	135	131	154	138	138	166	156	131	132	4,4		67,8
D - 13	55933	4	79	90	85	96	108	105	123	110	110	133	125	105	106	3,5		
D - 14	55910	1	20	22	21	24	27	26	31	28	28	33	31	26	26	0,9		
D - 15	55850	3	59	67	64	72	81	78	92	83	83	100	94	79	79	2,6		
D - 16	55444	4	79	90	85	96	108	105	123	110	110	133	125	105	106	3,5	21,1	
D - 17	56367	4	79	90	85	96	108	105	123	110	110	133	125	105	106	3,5		
D - 18	55286	8	158	179	170	193	215	209	246	220	220	266	250	209	211	7,0		
E - 19	56653	1	20	22	21	24	27	26	31	28	28	33	31	26	26	0,9		
E - 20	55721	5	99	112	106	120	135	131	154	138	138	166	156	131	132	4,4	11,4	
E - 21	56481	6	119	134	127	144	162	157	184	165	165	200	187	157	159	5,3		
E - 22	55846	1	20	22	21	24	27	26	31	28	28	33	31	26	26	0,9		
Total	-	77	1522	1723	1635	1853	2073	2012	2366	2122	2121	2563	2403	2016	2034			

**Fonte:** Elaborada pelo autor com base nas contas de consumo de energia, do assentamento.

<sup>72</sup>U.A - Unidades amostrais, ou seja, famílias nos seus respectivos núcleos.

<sup>73</sup>Nº da parcela – Código da parcela, conferir mapa APÊNDICE 2, que corresponde a unidade familiar.

<sup>74</sup>N.P - Número de pessoas moradoras por família.

<sup>75</sup>C.E. M em kWh - Consumo de energia por mês dentro do período de estudo compreendido, médio em kWh em cada família.

<sup>76</sup>C./M - Consumo médio em kWh, de maio/13 a abril/14.

<sup>77</sup>C./D.F- Consumo médio em kWh/dia em cada família

<sup>78</sup>C./D. N. - Consumo médio em kWh/dia, nos Núcleos

<sup>79</sup>C./D. A. - Consumo médio em kWh/dia do assentamento

#### 4.7. Dimensionamento dos biodigestores para o assentamento e núcleos A, B, C, D e E.

##### 4.7.1. Cálculo da necessidade de biogás, dejetos e das quantidades necessárias da produção.

Com base no resultado da pesquisa da aptidão produtiva para os núcleos e assentamento a atividade escolhida tanto pelos núcleos quanto pelo assentamento foi a atividade de “avicultura”, que se encontra na “**tabela 13**”; e da demanda média diária de energia coletada na pesquisa tanto do assentamento quanto dos núcleos, encontra-se na “**tabela 14**”, com essas informações prossegue, os cálculos da necessidade de biogás, dejetos e da quantidade necessária da produção; a quantidades necessária para que produza energia atenda a demanda dos núcleos ou de todo assentamento.

Calcula-se as quantidades necessárias de biogás usando a metodologia de Barancelli (2007) que diz na “**tabela 12**”, que é possível obter “1,428 kWh/m<sup>3</sup> de biogás”; logo, como resultada dos cálculos, as quantidades de biogás que será necessário para os núcleos ou assentamento encontra-se na “**tabela 15**” a seguir.

Calcula-se a quantidade necessária diária de dejetos, com base na quantidade necessária de biogás; de acordo com Teixeira (2003) e Santos e Junior (2013), eles dizem na “**tabela 5**”, a “produção média de biogás/kg de dejetos” na produção animal, a **avicultura** é de “0,06 m<sup>3</sup>/kg”, logo com base nesse dado, a quantidade necessária de dejetos para os núcleos e assentamento encontra-se também na “**tabela 15**” a seguir.

Calcula-se a quantidade de aves (frangos e galinhas) necessária para a produção, com base na necessidade de dejetos calculada; Teixeira (2003), diz na “**tabela 2**” a produção “média diária de dejetos/ave que é de 0,14 kg/dia”, logo com base nesse dado, os resultados calculados das quantidades de aves necessárias na produção se encontram também na “**tabela 15**” a seguir.

**Tabela 15:** Valores calculados de demanda de biogás, dejetos e quantidade de animais, para o assentamento para os núcleos.

	Biogás/dia em m <sup>380</sup>	Dejeto/dia em kg <sup>81</sup>	Frangos e Galinhas em unidades <sup>82</sup>
Assentamento	47,48	811,62	6.764
Núcleo A	9,24	154,06	1.284
Núcleo B	4,9	81,70	681
Núcleo C	21,42	367	2.975
Núcleo D	30,13	502,18	4.185
Núcleo E	7,98	133,05	1.109

**Fonte:** elaborada pelo autor.

#### 4.7.2. Dimensionamento dos biodigestores para os núcleos e assentamento

Com base nos dados contidos na “**tabela 15**”, calcula os dimensionamentos dos biodigestores. No cálculo dos dimensionamentos dos biodigestores usa-se a metodologia de Teixeira (2003) e Santos e Junior (2013), resultado do valor de “ $k = 0,9$ ”, “**equação 2**”, que depende do fator de rendimento “m<sup>3</sup> de biogás/m<sup>3</sup> de substrato”; “TRH = 12 dias”; da produção média de biogás “m<sup>3</sup> de biogás/kg de dejetos”, da densidade aparente média do dejetos da atividade em escolha que encontra-se na “**tabela 5**”, e da relação de mistura que se encontra na “**tabela 6**”; no dimensionamento do “biodigestor modelo chinês” se usa às “**equações de 3 a 20**”, no dimensionamento do “biodigestor indiano” se usa as “**equações 3 e de 21 a 36**”, no dimensionamento do “biodigestor tubular” se usa as “**equações 3 e de 37 a 40**”, no “**APÊNDICE 3**”, nas “**tabelas 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 35**” encontram-se os resultados das dimensões, dos projetos de biodigestores chinês, indiano e tubular para o assentamento, para os núcleos.

#### 4.8. Orçamento dos biodigestores do assentamento e dos núcleos

Com base nos dimensionamentos dos biodigestores calcula-se os orçamentos dos projetos dos biodigestores. Nos orçamentos, não se leva em consideração os valores de mão-de-obra das construções e das instalações dos biodigestores, ficando as construções e instalações a ser realizadas pela comunidade do assentamento e ou dos núcleos, como contrapartidas de participação em mutirão, coletivizando o trabalho, com objetivo que a tecnologia da biodigestão seja uma tecnologia apropriada a comunidade em todas as suas etapas; logo, no orçamento usamos

<sup>80</sup>Biogás/dia em m<sup>3</sup> - Valor obtido, através, da divisão da demanda de energia média diária pelo o valor em KW obtido de um m<sup>3</sup> de biogás em moto-gerador, Barancelli (2007), **tabela 13**.

<sup>81</sup>Dejeto/dia em kg - Valor, obtido através da divisão da necessidade de biogás pelo rendimento de biogás/kg de dejetos da atividade de criação escolhida.

<sup>82</sup>Frangos e Galinhas em unidades - Sendo o nível de produção, determinado pela divisão da necessidade de dejetos diária pela produção diária de dejetos, “0,12 kg/dia” segundo, Teixeira (2003), **tabela 2**.

as orientações recomendadas dos autores Silva e Gomes (1985), Teixeira (2003), Oliver, Neto e Valladares (2008) e Mattos e Júnior (2011), quando citam a respeito dos aspectos construtivos dos biodigestores chinês, indiano e tubular nós “**tópicos 2.7.2.1, 2.7.4.1 e 2.7.6.1**” respectivamente; no “APÊNDICE 4”, encontra-se as “**tabelas 36, 37, 38, 39, 40 e 41 e os gráficos 4, 5, 6, 7, 8 e 9**” com os resultados de orçamentos detalhado dos projetos de biodigestores aos núcleos e ao assentamento conforme pesquisa realizada na região de Planaltina – DF no período compreendido de dezembro de 2014 à janeiro de 2015 privilegiando menor preço; na “**tabela 16**” a seguir apresenta os resultados dos custos dos projetos de biodigestores.

**Tabela 16:** Orçamento dos biodigestores chinês, indiano e tubular do assentamento, e dos núcleos A, B, C, D e E.

	Biodigestor	Orçamento total em R\$
Assentamento	Chinês	9.076,12
	Indiano	13.641,61
	Tubular	11.912,85
Núcleo A	Chinês	4.271,77
	Indiano	5.830,01
	Tubular	5.220,36
Núcleo B	Chinês	3.277,85
	Indiano	4.897,07
	Tubular	4.529,42
Núcleo C	Chinês	4.673,79
	Indiano	5.764,15
	Tubular	5.913,13
Núcleo D	Chinês	5.553,64
	Indiano	7.186,19
	Tubular	7.199,67
Núcleo E	Chinês	4.529,51
	Indiano	6.059,86
	Tubular	5.869,24

**Fonte:** Elaborada pelo autor. Orçamento elabora no período de novembro e dezembro de 2014.

#### 4.9. Análise da viabilidade econômica dos projetos de biodigestores do assentamento e dos núcleos

Com base nos resultados de orçamentos dos projetos de biodigestores aos núcleos e ao assentamento. Calcula-se a viabilidade econômica dos projetos seguimos as orientações recomendadas por Noronha (1987) e Batalha (2001), usa se os parâmetros para análise payback simples e descontado, VPL e TIR, por meio das “**equações 40, 41 e 42**”, usa-se TMA ou “**TMAR de 7,16 % ao ano<sup>83</sup>**”, na determinação do tempo de retorno dos projetos usa se a estimativa de vida útil dos mesmos, conforme orientações dos autores Noronha e Batalha sendo 10 anos aos projetos de biodigestores chineses e indianos e de 7 anos ao projetos de biodigestores tubulares, sendo esse

<sup>83</sup>TMA – Taxa Mínima de Atratividade referente ao rendimento da poupança ano 2014: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/noticias/redacao/2015/01/12/poupanca-tem-boa-rentabilidade-em-2014-mas-inflacao-corroi-ganhos.htm>; último acesso em janeiro de 2015.

período influenciado por seus materiais construtivos; a economia de energia proporcionada pelos projetos de biodigestores, considerando uma tarifa de aproximadamente R\$ 0,23<sup>84</sup> por kWh conforme custo da energia durante período de estudo, é considerada como receita dos projetos de biodigestores, fazendo parte dos fluxos de caixa do projetos de biodigestores ao assentamento e aos núcleos, o cálculo da receita é a multiplicação dos valores das demandas de energia contidas na “**tabela 14**” pelo valor da tarifa.

Logo, como resultados os fluxos de caixas, fluxos de caixas acumulados, fluxos de caixas descontados e fluxos de caixas descontados acumulados serão em função dos orçamentos e das receitas dos projetos de biodigestores; através da definição dos fluxos de caixas calcula-se os *paybacks* usando a “**equação 41**”, os VPL usando a “**equação 42**” e as TIR usando a “**equação 43**”; com mais detalhes dos resultados das análises econômicas dos projetos de biodigestores chinês, indiano e tubular, para o assentamento e aos núcleos encontram-se no “APÊNDICE 5”, nas “**tabelas 42, 43, 44, 45, 46 e 47** e nos **gráficos 10, 11, 12, 13, 14 e 15**”.

A “**tabela 17**” a seguir, encontra-se os resultados das viabilidades econômicas dos projetos de biodigestores dos três modelos para os núcleos e o assentamento, e os “**gráficos 3**”, ajudam na visualização dos resultados.

---

<sup>84</sup> Tarifa – valor médio pago R\$ 0,2276872 no período correspondido de maio de 2013 a abril de 2014, compreendendo o período de estudo, pela tarifa de energia pela comunidade, conforme contas de energia, pesquisadas.

**Tabela 17:** Comparação a viabilidade econômica dos projetos de biodigestores no assentamento e nos núcleos.

	<b>Assentamento</b>			<b>Núcleo A</b>			<b>Núcleo B</b>		
	B.C <sup>85</sup>	B.I <sup>86</sup>	B.T. <sup>87</sup>	B.C	B.I	B.T.	B.C	B.I	B.T.
P.S. em dias <sup>88</sup>	611	921	806	1.486	2.026	1.811	2.146	3209	3209
P.D. em dias <sup>89</sup>	1.040	1.417	1.275	1.815	2.679	2.326	2.889	3650	2555
VPL em R\$ <sup>90</sup>	23.985,50	19.416,00	16.958,60	3.040,50	1.482,30	400,60	599,0	-1019,30	-1548,60
TIR em % <sup>91</sup>	58	37	41	21	12	9	11	2	-4
C.T. em R\$ <sup>92</sup>	9.076,12	13.641,61	11.912,85	4.271,77	5.830,01	5.220,36	3.277,85	4897,07	4529,42
	<b>Núcleo C</b>			<b>Núcleo D</b>			<b>Núcleo E</b>		
	B.C	B.I	B.T.	B.C	B.I	B.T.	B.C	B.I	B.T.
P.S. em dias	1.426	1.761	1.806	1.258	1.536	1.565	1.825	2438	2362
P.D. em dias	1.738	2.244	2.317	1.425	1.936	1.940	2.340	3442	2555
VPL em R\$	3.635,60	2.545,30	4.74,4	6.134,90	4.502,40	1.785,40	1.825	2438	2362
TIR em %	22	16	9	28	19	14	15	8	2
C.T. em R\$	4.673,79	5.764,15	5.913,13	5.553,64	7.186,19	7.199,67	4.529,51	6059,86	5869,24

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

<sup>85</sup> B.C. – Biodigestor Chinês.

<sup>86</sup> B.I. – Biodigestor Indiano.

<sup>87</sup> B.T. – Biodigestor Tubular.

<sup>88</sup> P.S em dias – payback simples em dias.

<sup>89</sup> P.D. em dias – payback descontado em dias.

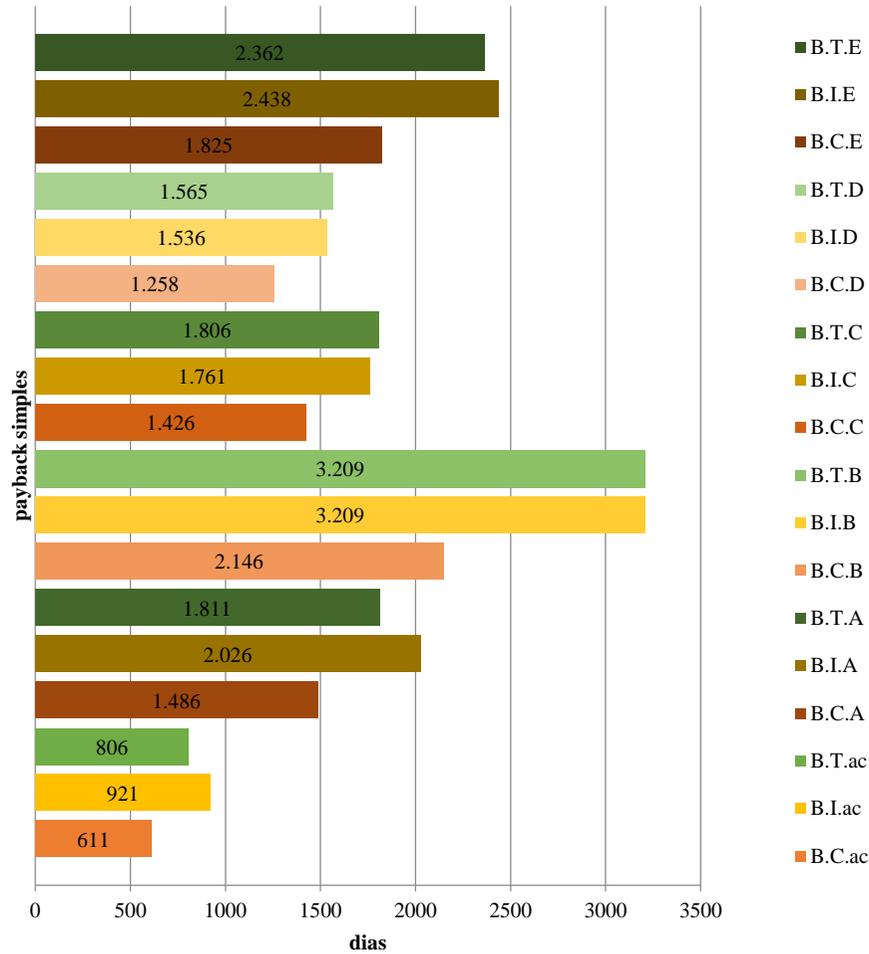
<sup>90</sup> VPL em R\$ - Valor Presente em Reais.

<sup>91</sup> TIR em % - Taxa Interna de Retorno em porcentagem.

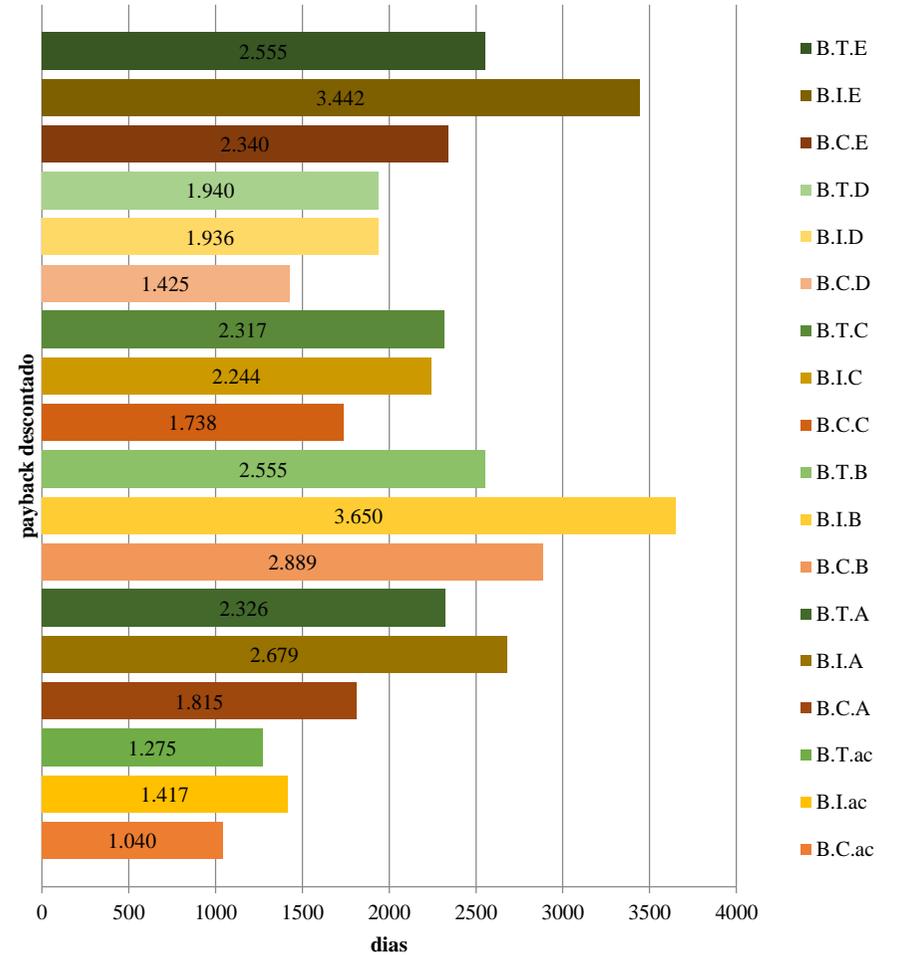
<sup>92</sup> C.T. em R\$ - Custo Total em Reais.

**Gráficos 3:** Viabilidade dos projetos de biodigestores através do, paybacks, VPL, TIR, entre a implantação no assentamento e nos núcleos.

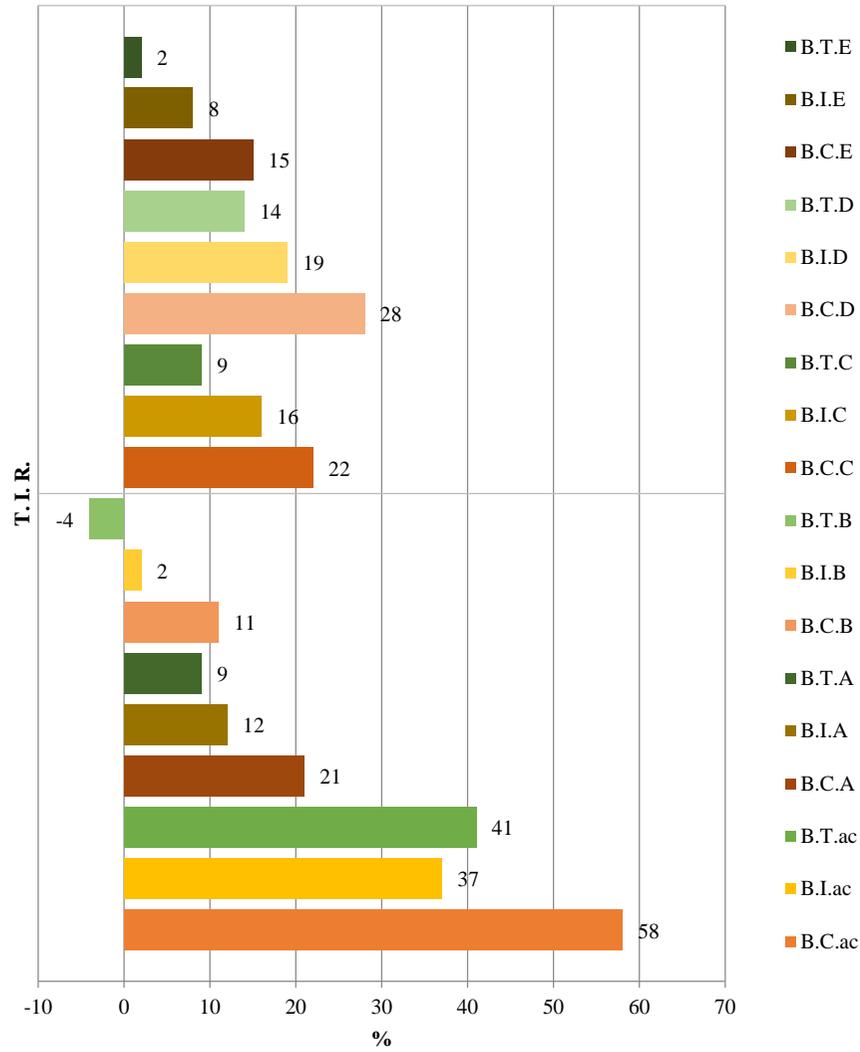
**Payback simples, dos projetos de biodigestores dos três modelos para os núcleos e o assentamento.**



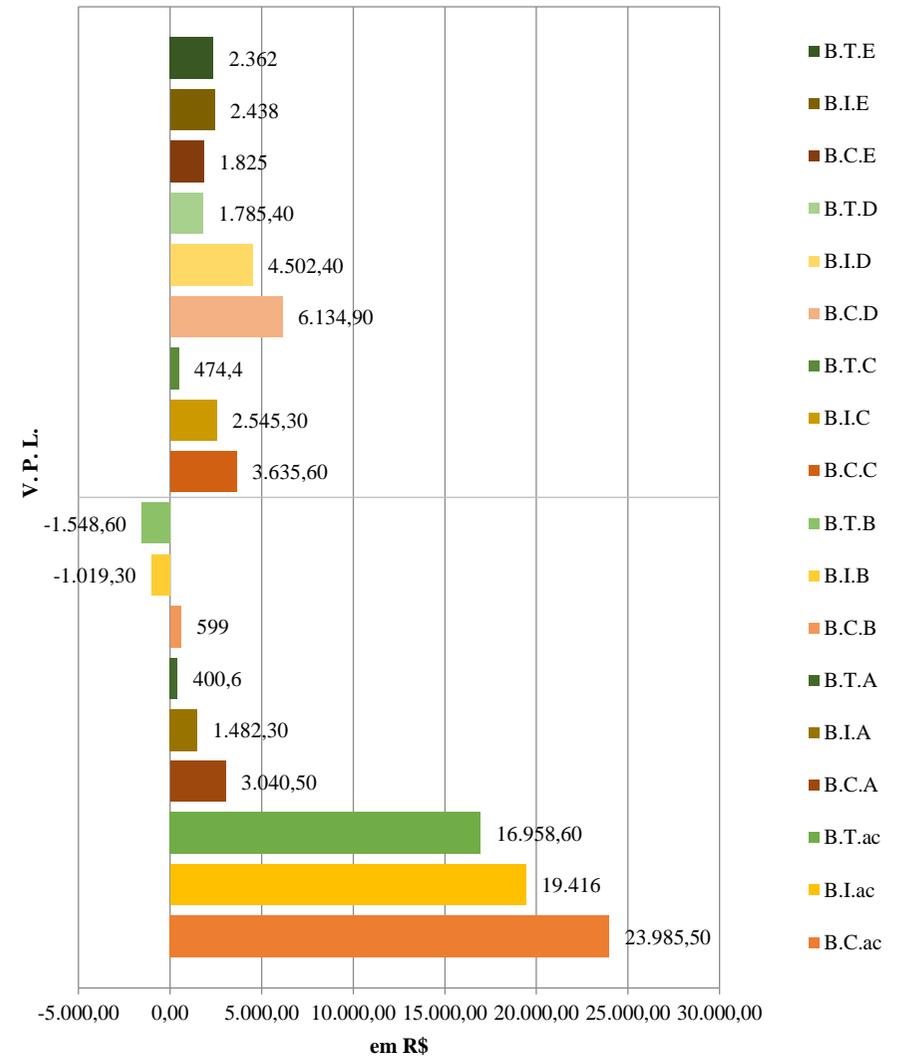
**Payback descontado, dos projetos de biodigestores dos três modelos para os núcleos e o assentamento.**



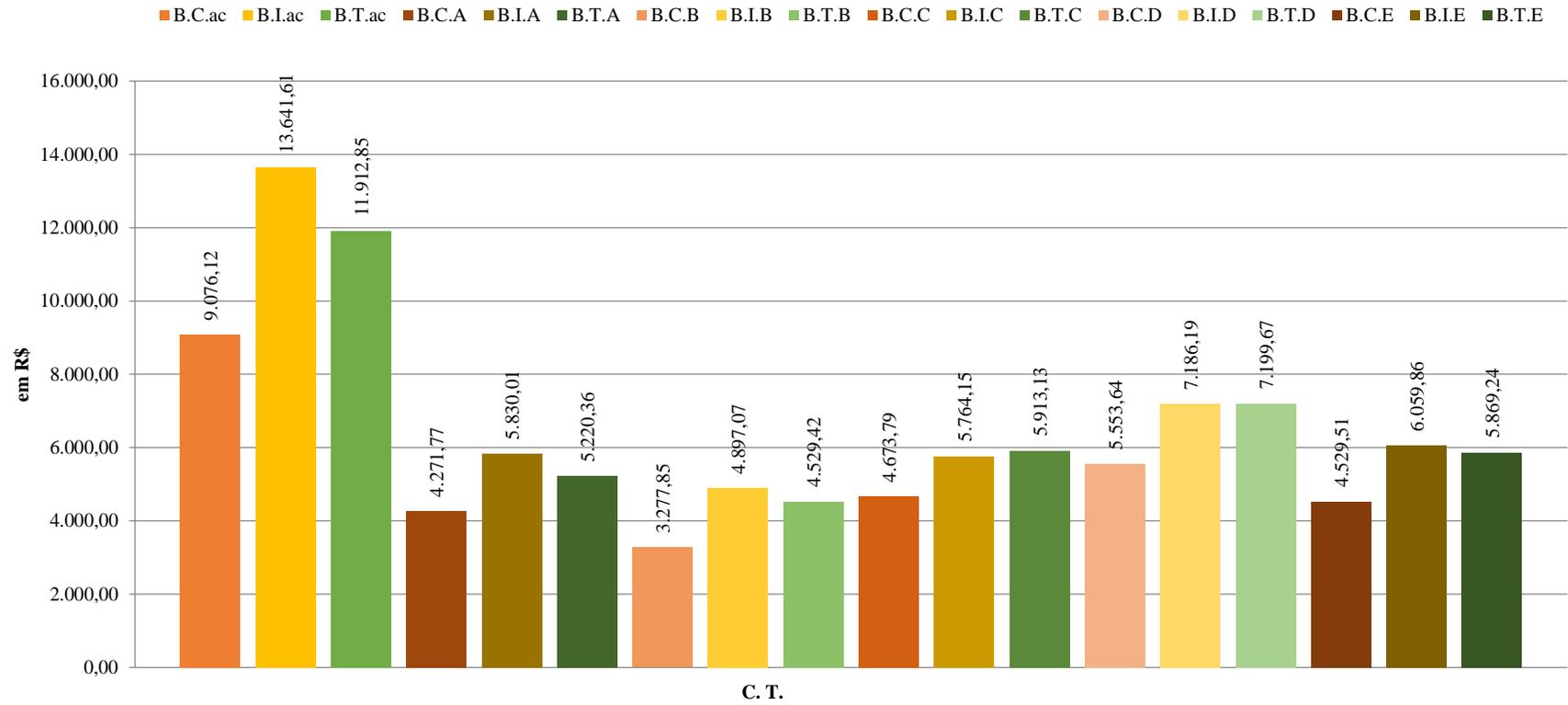
**T. I. R., dos projetos de biodigestores dos três modelos para os núcleos e o assentamento.**



**V. P. L., dos projetos de biodigestores dos três modelos para os núcleos e o assentamento.**



**Custo Total (C. T. ), dos projetos de biodigestores dos três modelos para os núcleos e o assentamento.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.10. Análise de resultados técnico dos projetos de biodigestores

A elaboração dos projetos dos biodigestores e as análises econômicas dos três modelos chinês, indiano e tubular para duas possibilidades a instalação de um central para o assentamento ou de um por núcleo, apresenta os seguintes resultados:

1. Na “**tabela 13**” a demanda produtiva da criação animal, tanto nos núcleos quanto no assentamento, atividade “avicultura”.
2. Demandas energéticas dos núcleos e do assentamento, na “**tabela 14**”, no período compreendido de maio de 2013 a abril de 2014, nota-se que: núcleo de maior demanda núcleo D, com 21,1 kW/dia e menor o B, com 7,0 kW/dia, de todo assentamento 67,8 kW/dia.
3. Dimensionamento dos biodigestores; com base nos referenciais teóricos e com os resultados obtidos nas “**tabelas 13 e 14**”. Tem-se:
  - a. Para o assentamento, de forma a atender a demanda de energia é necessário 47,48 m<sup>3</sup> de biogás/dia, 811,62 kg de dejetos/dia e 6.764 aves, como mostrado na “**tabela 15**”. Com os resultados do volume de biogás e de dejetos necessários por dia, determina as dimensões dos biodigestores, como mostra os resultados de dimensionamentos nas “**tabelas 18, 19 e 20**”, do “APÊNDICE 3”, dos três modelos.
  - b. Para o núcleo A, para abastecer o moto-gerador de forma a atender a demanda de energia é necessário 9,24 m<sup>3</sup> de biogás/dia, 154,06 kg de dejetos/dia e 1.284 aves, como mostrado na “**tabela 15**”. Com as informações do volume de biogás e de dejetos, determinou as dimensões dos biodigestores como mostra nas “**tabelas 21, 22 e 23**”, do “APÊNDICE 3”, dos três modelos.
  - c. Para o núcleo B, para abastecer o moto-gerador de forma a atender a demanda de energia é necessário 4,9 m<sup>3</sup> de biogás/dia, 81,7 kg de dejetos/dia e 681 aves, como mostrado na “**tabela 15**”. Com as informações do volume de biogás e de dejetos, determinou as dimensões dos biodigestores como mostra nas “**tabelas 24, 25 e 26**”, no “APÊNDICE 3”, dos três modelos.
  - d. Para o núcleo C, para abastecer o moto-gerador de forma a atender a demanda é necessário 21,42 m<sup>3</sup> de biogás/dia, 367 kg de dejetos/dia e 2.975 aves, como mostrado na “**tabela 15**”. Com as informações do volume de biogás e de dejetos,

- determinou as dimensões dos biodigestores como mostra nas “**tabelas 27, 28 e 29**”, no “APÊNDICE 3”, dos três modelos.
- e. Para o núcleo D, para abastecer o moto-gerador de forma a atender a demanda é necessário 30,16 m<sup>3</sup> de biogás/dia, 502,18 kg de dejetos/dia e 4.185 aves, como mostrado na “**tabela 15**”. Com as informações do volume de biogás e de dejetos, determinou as dimensões dos biodigestores como mostra as “**tabelas 30, 31 e 32**”, no “APÊNDICE 3”, dos três modelos.
  - f. Para o núcleo E, para abastecer o moto-gerador de forma a atender a demanda é necessário 7,98 m<sup>3</sup> de biogás/dia, 133.05 kg de dejetos/dia e 1.109 aves, como mostrado na “**tabela 15**”. Com as informações do volume de biogás e de dejetos, determinou as dimensões dos biodigestores como mostra nas “**tabelas 33, 34 e 35**” no “APÊNDICE 3”, no “APÊNDICE 3”, dos três modelos.
4. Dos orçamentos de cada projeto de biodigestor, com base nas pesquisas realizadas em bibliografias e dos resultados dos dimensionamentos dos biodigestores, chega-se aos seguintes valores:
- a. Para o assentamento, a “**tabela 36**”, do “APÊNDICE 4”, os resultados dos valores totais para a implantação dos biodigestores chinês R\$ 9.076,12, do indiano R\$ 13.641,61 e do tubular R\$ 11.912,85. Nos **gráficos 4**, também no “APÊNDICE 4”, mostram como resultado a participação dos custos dos materiais e equipamentos na confecção do orçamento total dos projetos; no biodigestor chinês o tijolo maciço foi responsável por 42% do custo total; no biodigestor indiano o gasômetro respondeu por 28% do custo total; no biodigestor tubular a manta de PVC de 1mm respondeu por 24% do preço total; também como resultado na “**tabela 16**” é possível observar a diferença dos orçamentos totais dos biodigestores, sendo o, biodigestor chinês o que apresenta menor custo.
  - b. Para o Núcleo A, a “**tabela 37**”, do “APÊNDICE 4”, os resultados dos valores totais para a implantação dos biodigestores chinês R\$ 4.271,77, do indiano R\$ 5.830,01 e do tubular R\$ 5.220,36. Nos “**gráficos 5**”, no “APÊNDICE 4”, mostram a participação dos custos dos materiais e equipamentos, no orçamento total do projeto; no biodigestor chinês o moto-gerador teve respondeu por 39% do total; no biodigestor indiano moto-gerador respondeu por 29% do total; no biodigestor tubular moto-gerador respondeu por 32% do total; também como resultado na

“**tabela 16**” é possível observar a diferença dos orçamentos totais dos biodigestores, sendo o, biodigestor chinês o que apresenta menor custo.

- c. Para o Núcleo B, a “**tabela 38**”, do “APÊNDICE 4”, teve como resultados os valores totais de implantação dos biodigestores o chinês de R\$ 3.277,85, o indiano de R\$ 4.897,07 e o tubular de R\$ 4.529,42. Nos “**gráficos 6**”, no “APÊNDICE 4”, mostram a participação dos custos dos materiais e equipamentos, no orçamento total do projeto; no biodigestor chinês o tijolo maciço respondeu por 36% do total; no biodigestor indiano o tijolo maciço respondeu por 31% do total; no biodigestor tubular o moto-gerador respondeu por 23% do total; também como resultado na “**tabela 16**” é possível observar a diferença dos orçamentos totais dos biodigestores, sendo o, biodigestor chinês o que apresenta menor custo.
- d. Para o Núcleo C, na “**tabela 39**”, no “APÊNDICE 4”, detalha os valores totais dos projetos dos biodigestores o chinês de R\$ 4.673,79, o indiano de R\$ 5.764,15 e o tubular de R\$ 5.913,13. Nos “**gráficos 7**”, no “APÊNDICE 4” mostram a participação dos custos dos materiais e equipamentos, no orçamento total do projeto, no biodigestor chinês o tijolo maciço respondeu por 42% do total; no biodigestor indiano tijolo maciço 34% do total; no biodigestor tubular a manta PVC 1mm respondeu por 22% do total; também como resultado na “**tabela 16**” é possível observar a diferença dos orçamentos totais dos biodigestores, sendo o, biodigestor chinês o que apresenta menor custo.
- e. Para o núcleo D, na “**tabela 40**”, no “APÊNDICE 4”, detalha os valores totais de implantação dos biodigestores o chinês de R\$ 5.553,64, o indiano de R\$ 7.186,19 e o tubular de R\$ 7.199,67. Nos “**gráficos 8**”, no “APÊNDICE 4”, mostram a participação dos custos dos materiais e equipamentos, no orçamento total dos projetos, o biodigestor chinês o tijolo maciço respondeu por 41% do total; o biodigestor indiano tijolo maciço respondeu por 36%; o biodigestor tubular a manta PVC 1mm respondeu por 23% do total; também como resultado na “**tabela 16**” é possível observar a diferença dos orçamentos totais dos biodigestores, sendo o, biodigestor chinês o que apresenta menor custo.
- f. Para o núcleo E, na “**tabela 41**”, no “APÊNDICE 4”, detalha os valores totais de implantação dos biodigestores o chinês de R\$ 4.529,51, o indiano de R\$ 6.059,86 e o tubular de R\$ 5.869,24. Nos “**gráficos 9**”, no “APÊNDICE 4”, mostram a participação dos custos dos materiais e equipamentos, no orçamento total dos

projetos o biodigestor chinês o moto-gerador responde por 37% do total; o biodigestor indiano o tijolo maciço responde por 30% do total; e o biodigestor tubular o moto-gerador responde por 29% do total; também como resultado na “**tabela 16**” é possível observar a diferença dos orçamentos totais dos biodigestores, sendo o, biodigestor chinês o que apresenta menor custo.

5. Análise de viabilidade econômica dos projetos, com base nas pesquisas realizadas em bibliografias e com os orçamentos dos projetos dos biodigestores, resultados.

a. A “**tabela 42**” e o “**gráfico 10**”, do “APÊNDICE 5”, encontra-se para o assentamento os valores das análises econômicas, que leva ao projeto de biodigestor chinês como mais viável economicamente veja: payback simples: 1 ano 8 meses e 6 dias; o payback descontado: 2 anos 10 meses e 10 dias; VPL de R\$ 23.985,5 e TIR de 58%. Com esses resultados econômicos o projeto de biodigestor chinês é o mais viável que os demais projetos para o assentamento.

b. Analisando os projetos para implantação nos núcleos temos:

i. A “**tabela 43**” e o “**gráfico 11**”, do “APÊNDICE 5”, encontra-se para o núcleo A os valores das análises econômicas, que leva ao projeto de biodigestor chinês como mais viável economicamente veja: o payback simples: 4 anos 0 meses e 26 dias; o payback descontado: 4 anos 11 meses e 25 dias; o VPL de R\$ 3.040,5 e a TIR de 21%. Com esses resultados econômicos o projeto de biodigestor chinês é o mais viável que os demais projetos para o assentamento.

ii. A “**tabela 44**” e o “**gráfico 12**”, do “APÊNDICE 5”, encontra-se para o núcleo B os valores das análises econômicas, que leva ao projeto de biodigestor chinês como mais viável economicamente veja: payback simples: 5 anos 10 meses e 21 dias; o payback descontado: 7 anos 11 meses e 4 dias; o VPL de R\$ 599,9 e a TIR de 11%. Com esses resultados econômicos o projeto de biodigestor chinês é o mais viável que os demais projetos para o assentamento. Os demais projetos são inviáveis economicamente como mostra os resultados paybacks superiores ao período de retorno, VPL negativos e TIR menor que a TMA.

iii. A “**tabela 45**” e o “**gráfico 13**”, do “APÊNDICE 5”, encontra-se para o núcleo C os valores das análises econômicas, que leva ao projeto de biodigestor chinês como mais viável economicamente veja: o payback

simples: 3 anos 11 meses e 1 dias, o payback descontado: 4 anos 9 meses e 8 dias; o VPL de R\$ 3.635,6 e a TIR de 22%. Com esses resultados econômicos o projeto de biodigestor chinês é o mais viável que os demais projetos para o assentamento.

iv. A “**tabela 46**” e o “**gráfico 14**”, do “APÊNDICE 5”, encontra-se para o núcleo D os valores das análises econômicas, que leva ao projeto de biodigestor chinês como mais viável economicamente veja: o payback simples: 3 anos 5 meses e 13 dias; o payback descontado: 3 anos 11 meses e 0 dias; o VPL de R\$ 6.134,9 e a TIR de 28%. Com esses resultados econômicos o projeto de biodigestor chinês é o mais viável que os demais projetos para o assentamento.

v. A “**tabela 47**” e o “**gráfico 15**”, do “APÊNDICE 5”, encontra-se para o núcleo D os valores das análises econômicas, que leva ao projeto de biodigestor chinês como mais viável economicamente veja: o payback simples: 3 anos 5 meses e 13 dias; o payback descontado: 3 anos 11 meses e 0 dias; o VPL de R\$ 6.134,9 e a TIR de 28%. Com esses resultados econômicos o projeto de biodigestor chinês é o mais viável que os demais projetos para o assentamento.

vi. A “**tabela 48**” e o “**gráfico 16**”, do “APÊNDICE 5” encontra-se para o núcleo E os valores das análises econômicas, que leva ao projeto de biodigestor chinês como mais viável economicamente veja: o payback simples: 5 anos 0 meses e 0 dias; o payback descontado: 6 anos 5 meses e 0 dias; o VPL de R\$ 1.785,6 e a TIR de 15%. Com esses resultados econômicos o projeto de biodigestor chinês é o mais viável que os demais projetos para o assentamento.

6. Da viabilidade dos projetos implantando no assentamento ou nos núcleos, chega aos seguintes resultados técnicos apresentados na “**tabela 17**” e nos “**gráficos 3**”, que:

a. O menor payback simples e descontado foi de 611 e 1040 dias respectivamente; a maior TIR foi de 58% e o maior VPL foi de R\$ 23.985,50 todos esses resultados apontam para o biodigestor chinês quando implantado um central para atender todo assentamento, como mais viável economicamente.

b. Pode extrair mais resultados desse estudo, observa-se que dentre os projetos de biodigestor, mais viável economicamente para atender os núcleos também o

biodigestor chinês apresenta com melhor resultado econômico; entre os projetos de biodigestor mais inviáveis o projeto de biodigestor tubular apresentou menor resultado econômico; o núcleo D foi o que apresentou maior vantagem na implantação do sistema, e o núcleo B não apresentou viabilidade econômica nos projetos de biodigestor indiano e tubular, apresentando pequena viabilidade para o biodigestor chinês.

## **5. DISCUSSÕES FINAIS**

### **5.1. Abordagem sobre a reforma agrária**

Quando se fala de um P. A. de Reforma agrária não poderia deixar de referir um pouco a respeito das lutas dos movimentos sociais, pela reforma agrária no Brasil, sobre as legislações relacionadas a reforma agrária, das políticas públicas e da história dos movimentos. Pode observar que o processo de luta pela reforma agrária no Brasil, já é bastante antigo, data os primeiros movimentos organizados a partir de 1945 como cita Sabourin (2013), em seus estudos.

Percebemos que a legislação Brasileira pouco favoreceu aos movimentos sociais de reforma agrária como a Lei de Terras, de 1850, que foi promulgada, por um Parlamento constituído de grandes fazendeiros e senhores de escravos; sem haver participação de nenhum grupo popular do regime fundiário; que pela lei, dois distintos institutos foram unificados num só: o domínio, que pertencia ao Estado, e a posse útil, que era do particular; antes da Lei, por ter o domínio da terra, o Estado preservava o direito de desapropriar as terras dos particulares; a Lei de Terras, porém, transferiu ao particular domínio e posse, criando uma espécie de direito absoluto que é a principal causa do latifúndio brasileiro e das dificuldades para dar a terra, plenamente, a uma função social, como descrito por Martins (2000).

De lá para cá pouco se tem feito pelos anseios sociais que lutam pela reforma agrária. Após o ocorrido, só em 1985, com a volta da democracia, foi definido o primeiro Plano Nacional de Reforma Agrária. No entanto, foi combatido pela classe patronal ruralista, não chegando a ter aplicação relevante como afirma Sabourin (2013). Ainda no Brasil tende a concentração de terras mostrando no período de 2004 a 2013, que ainda não houve uma evolução significativa de ocupação de terras por famílias por projetos de reforma agrária.

Enquanto que em muitos países o processo de desconcentração de terra se deteve as necessidades e anseios sociais, como cita em seus trabalhos os autores Leite e Ávila (2007), que afirma que o Japão, desapropriou por volta de 1/3 da área agrícola em 21 meses, beneficiando quatro milhões de famílias. Logo, pode-se perceber a relação direta das políticas públicas desses países com a desconcentração de terra e o desenvolvimento da agricultura que valoriza o emprego; diferenciando do que se tem observado o que ocorre nos Brasil.

## 5.2. **Energia renovável, fontes alternativas e sustentabilidade ambiental**

Vimos à importância da biodigestão anaeróbica por meio do levantamento histórico de sua utilização, como tecnologia de produção de energia renovável através do uso do biogás e também observamos seus benefícios ao meio ambiente, pelo fato de reduzir a carga poluente dos resíduos orgânicos, através do processo de biodigestão anaeróbica.

Outra questão que encontra-se em evidencia tem sido a questão da sustentabilidade ambiental, como citado por Silva e Pfitscher (2012) que dizem que, o sistema sócio econômico vigente, cria necessidades artificiosas para se satisfazer, tudo com objetivo do lucrativo a qualquer custo, fazendo com que crie paradigmas de pensamentos, hábitos, costumes e culturas que apresentam consequências mortais e coloca à sobrevivência da sociedade contemporânea e do planeta em perigo. Os autores ainda afirmam que as alterações e mudanças ambientais estão diretamente relacionadas a essas ações, e que as preocupações com o esgotamento dos recursos naturais surgiram com a percepção de que a capacidade do ser humano de alterar o meio ambiente aumentou significativamente.

Uma das consequência dessas ações antrópicas tem sido as mudança climáticas sendo considerado uma dos mais graves problemas ambientais deste século, como cita Barancelli (2007), que diz que neste período foi registrado um aumento de 1°C na temperatura média da Terra. E os principais responsáveis por este aumento, tem sido as emissões de gases de efeito estufa GEE, e o gás metano (CH<sub>4</sub>) está entre os principais, esse gás é produzido principalmente por matéria orgânica em ambiente confinado na ausência do oxigênio livre. As fontes de águas é outro recurso natural, que vem sofrendo por causa dos excessos dos lançamentos de resíduos orgânicos nos cursos d'água e lagos, que estão levando ao desequilíbrio ecológico e a poluição. Essa a carga orgânica excessiva quando lançada ao solo, também pode provocar a impossibilidade de utilizar essa área por agricultura, provocando efeitos indesejados, como a contaminação por patógenos, quando usados como fertilizante no solo, esses efeitos podem ser reduzidos ou mitigados

quando usado um sistema de tratamento desses resíduos que possibilita a redução dessa carga orgânica complexa principalmente de dejetos animais.

A razão da intensificação por fontes alternativas e renováveis, segundo os autores Coldebella et al. (2006), Diaz (2006), Santos e JR (2008) foram provocadas por causa do advento da redução dos recursos não renováveis, principalmente os derivados do petróleo, que levou a desencadear no mundo inteiro uma crise, de ordem econômica e ambiental pelo fato do aquecimento global; e a necessidade de atender a demanda energética nas diversas áreas, causando o mínimo de impacto, seja ele social ou ambiental, surgiu à busca e conseqüentemente a exploração das novas fontes; interessante é que, o aumento da produção de alimentos se torna a cada instante condicionado diretamente à energia, as conquistas tecnológicas relacionadas ao setor estão diretamente relacionadas a alguma forma a energia, dentre elas, as principais são: energia elétrica e as derivadas do petróleo; as fontes alternativas mais promissoras são as que aproveitam a biomassa, o vento, o sol e os pequenos potenciais hidráulico, com a crise do petróleo e pelo alto valor das transmissões e distribuições elétricas e as dificuldades territoriais, as comunidades rurais geralmente são as mais atingidas pela falta de energia.

A produção de energia elétrica a partir da biomassa, atualmente, é muito defendida como uma alternativa importante para países em desenvolvimento como cita Coldebella et al. (2006) e Silva e Pfitscher (2012). A saída encontrada por países em desenvolvimento, está sendo de criar programas de disseminação de tecnologia da biodigestão anaeróbica como escreve em seus trabalhos Diaz (2006), procurando diversificar a matriz energética e melhorar as condições de vida das áreas rurais, como tem já acontecido em países asiáticos com China e Índia. Coldebella et al. (2006) e Silva e Pfitscher (2012) em seus estudo dizem que se a produção elétrica a partir de fontes renováveis fossem generalizadas, os sistemas de distribuição e transformação não seriam tão grandes distribuidores de eletricidade, mas funcionariam localmente, a fim de equilibrar as necessidades das pequenas comunidades.

Logo, a importância das fontes alternativas é uma realidade cada vez mais comum no mundo, em virtude da crise do petróleo, descentralização e por busca de fontes renováveis, através de suas vantagens ao meio ambiente e ao meio rural, através da possibilita da autonomia e da soberania energética, mediante o seu controle na produção da propriedade, a biodigestão anaeróbica tem mostrado uma importante fonte alternativa; ao longo do estudo apresentamos o assentamento de reforma agrária, população rural essa que lida com as dificuldades da falta de

infraestrutura, e uma delas é a de energia elétrica, a qual é importante para a maioria dos sistemas produtivos. O P. A. Pequeno Willian, é um exemplo da realidade que se encontra a maioria dos pequenos produtores das regiões brasileiras.

### 5.3. A biodigestão e os biodigestores

A biodigestão é um processo explicado por Possa et al. (2010), Silva e Pfitscher (2012), Deganutti et al. (2002) e Barancelli (2007), quando dizem que na prática, a produção de biogás é possível com a utilização de um equipamento denominado de biodigestor. Logo, o biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico, em solução aquosa, onde sofre decomposição, gerando o biogás e a produção do adubo orgânico biofertilizante, como resultado desta fermentação. Apesar de serem usados principalmente como fonte de produção de energia e biofertilizantes para produtores rurais, os biodigestores também podem ser usados como sistema de tratamento dos resíduos orgânicos, considerados poluidores. O processo de biodigestão é definido por Monteiro (2005) quando ele diz que, ela consiste em um processo bioquímico complexo que degrada a matéria orgânica na ausência do oxigênio livre, favorecendo o desenvolvimento de organismos anaeróbios, que assimilam e destroem simultaneamente a matéria orgânica complexa reduzindo a composto mais simples. A evolução do processo necessita apenas de seu confinamento em um espaço com condições favoráveis às reações bioquímicas inerentes da fermentação natural. E para bom funcionamento do biodigestor, deve controlar alguns fatores, que são importantes para que ocorra a biodigestão, responsáveis pelo aumentar da eficiência são eles a temperatura, a acidez e a alcalinidade, e o tempo de retenção.

Existem diversos tipos de biodigestores, mas os mais utilizados no meio rural são o biodigestor chinês, o biodigestor indiano e o biodigestor tubular. Diferenciando entre eles por seus funcionamentos e por materiais utilizados em suas construções. Em geral, todos são compostos, basicamente, de duas partes: um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da biomassa, e o gasômetro (campânula), para armazenar o biogás como diz Monteiro (2005), Deganutti et al. (2002) e Barancelli (2007). Ainda diferenciam no abastecimento da biomassa, como dizem Monteiro (2005), Deganutti et al. (2002) e Barancelli (2007), que o biodigestor pode ser classificado como contínuo, com abastecimento diário de biomassa e descarga proporcional à entrada e não contínuo, quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, retendo-a até a completa biodigestão, ou seja, completar o tempo de retenção conhecido também como de batelada ou intermitente.

No dimensionamento dos biodigestores dois critérios podem ser adotados segundo Teixeira (2003) critérios esses relacionados à finalidade do projeto conforme, que pode ser, quando pretende utilizar o projeto, na função de atender as necessidades energéticas básicas por meio do uso do biogás, o dimensionamento é em função da demanda específica, de casa família e/ou atividade, servindo mais as pequenas propriedades rurais, onde o objetivo principal é a produção energética. Quando se pretende usar o projeto na possibilidade e necessidade de reduzir a carga orgânica poluente de resíduos ou dejetos de atividades agropecuárias ou industriais, comumente utilizado nas atividades intensivas de confinamentos, onde a finalidade principal é o tratamento dos resíduos, geralmente empregado quando em grandes unidades produtoras de resíduos orgânicos. Em nosso trabalho usamos o primeiro critério de dimensionamento.

No cálculo de dimensionamento do biodigestor temos que calcular o fator  $k$ , que é fator de rendimento  $m^3/m^3$ , isto é,  $m^3$  de biogás produzido/ $m^3$  de substrato, que depende dos dejetos (resíduos), da proporção recomendada de água e do tempo de retenção. Para o dimensionamento de cada biodigestor e os aspectos construtivos de cada um estão foi usado como referência as orientações de Teixeira (2003), Barancelli (2007) e Oliver, Neto e Valladares (2008) levando em considerações suas particularidades. Com as orientações construtivas dos biodigestores pelos autores anteriores, foi possível elaborar orçamentos quantitativo de materiais para a construção dos biodigestores, através de pesquisa em comércio local de materiais, quantificamos em moeda corrente os custos de construção, aquisição de moto-gerador e instalação gerais a rede elétrica da comunidade, e chegamos aos resultados dos tamanhos e dos custos dos sistemas, analisando três modelos, sendo instalados em duas situações, um para todo assentamento ou um por núcleo.

#### **5.4. A influência da participação coletiva nos projetos sociais para o assentamento**

Mediante o estudo, analisamos o quanto é importante a organização social, seja qual seja o modelo “associação”, “cooperativas”, ou outras formas e meios de organização, a influência destas em todos os desenvolvimentos da comunidade, considerando as elaborações, execuções e manutenções dos projetos com características coletivas. O assentamento em estudo, apresenta vários exemplos da força da união, começando em sua história de luta pela conquista pela terra juntamente ao MST, até aos dias atuais.

O assentamento tem a “associação esperança” pela qual responde por toda comunidade, e por meio dessa organização, o assentamento teve e tem força de representação, para buscar benfeitorias e projetos a realizar na comunidade, como a implantação das cinco unidades do PAIS,

que desenvolve a criação de galinhas integradas a hortaliças com a comercialização do excedente ao PAA; a participação no PAA, que tornou a principal alternativa de renda as famílias e a comunidade tem procurado também a comercialização dos seus produtos no comércio local. Participou da chamada pública do GDF, onde a comunidade foi contemplada pela com a Patrulha Mecanizada (trator, carreta, arado, grade e encanteirador), ainda a comunidade aguarda a liberação do FDR social para ser contemplada com um micro trator, um caminhão baú e poços artesianos; conseguiram por meio da ajuda da EMATER – DF, kits de irrigação por gotejamento; o comunidade organiza um grupo de mulheres que desenvolvem artesanato como trabalho e renda; já estão planejando o trabalho com SAF, que são os sistemas agroflorestais; Por meio de reivindicações, luta as famílias já possuem sistemas de saneamento básico completo, por meio de busca de parceiros de extensão e assistência técnica a comunidade construiu reservatórios de ferro-cimento, para a criação de peixes; conseguiu a implantação por meio da CEB a rede geral de energia elétrica e as redes de ligações domésticas; a comunidade já está consolidando o PDA, onde estão elaborados os planos de desenvolvimento da comunidade.

A respeito da organização social os autores Cerioli (1993) e Cattani et al. (2009) dizem que, a primeira motivação da organização social das comunidades de assentamento de reforma agrária, ou seja, seu objetivo, deve ser o incentivo a produção de comida em vista da segurança e da soberania alimentar, por meio da organização coletiva. A organização social desde seus primórdios, foram para unir forças de grupos pessoas que lutam pelos mesmos objetivos, com intuito de alcançá-lo um objetivo comum esse é o princípio do cooperativismo e do associativismo.

Os movimentos Sem Terra, lutam pela conquista da terra para seus membros, após a conquista como é caso do assentamento Pequeno Willian, a necessidade de uma nova organização que é para sua manutenção e permanência da comunidade, logo, o assentamento já tem essa organização social, que é associação esperança que responde pela comunidade, percebe-se o quando de realizações já foram feitas após a criação da associação, em seus relatos, logo, a comunidade está indo na direção certa, do fortalecimento da associação. A autonomia e soberania na produção de energia e adubo orgânico só é possível mediante o consenso de toda comunidade, os primeiros passos já foram dados, quando a comunidade se interessou pelo projeto e na escolhida atividade produtiva de criação animal, agora devem desenvolver essa atividade, para que haja resíduos para o funcionamento da biodigestão.

### **5.5. Atividade de produção no funcionamento do sistema de biodigestão**

Mesmo não sendo objeto de estudo a produção avícola, podemos observar a importância do seu funcionamento, para a autonomia e soberania energética por parte do assentamento. Da mesma forma que a organização social do assentamento tem sua importância a produção avícola também tem, pelo fato de ser a responsável pela produção da matéria prima para o funcionamento do sistema de biodigestão que alimenta a produção de energia elétrica através do biogás e produz o biofertilizante que é o adubo orgânico, conforme os autores Ocepar et al. (2007), Carneiro et al. (2004) e Ávila (2003) podemos observar que, a atividade de criação de aves tem que ter certo nível de controle técnico, de treinamento no seu manejo e assistência técnica e outra coisa importante é um canal definido de comercialização de seus produtos, sendo considerada atividade de risco aos seus produtores. Mas que tem mostrado interesse por muitos pequenos produtores rurais, por sua simplicidade e baixo custo de implantação e manejo, principalmente quando utilizado mão-de-obra familiar.

O assentamento, mostrou interesse pela atividade de avicultura em detrimento das outras na escola desta, em função das características mencionadas anteriormente baixos custos de implantação, fácil e baixo custo de manejo quando usado mão de obra própria da comunidade, por já apresentar experiência na criação dos animais. Tanto os biodigestores quanto a atividade de criação de aves, podem utilizar materiais alternativos e apropriados em suas instalações, e que os produtores, no caso as famílias, podem apropriar das técnicas de construção, manutenção e manejos das construções das instalações das aves e do (s) biodigestor (es), e de seus funcionamentos.

### **5.6. Análise de investimentos dos projetos de biodigestores**

As receitas provenientes dos projetos de biodigestor para o caso de atender as necessidades dos moradores da comunidade são a economia de energia convencional e a produção do biofertilizante, além dos outros benefícios como ambientais, e da autonomia e soberania em produção energética. A economia de energia é mediante o uso do biogás em conjunto motor-geradores que converte através da combustão o biogás em energia elétrica, que é ligada a rede local da comunidade, a receita com o biofertilizante e a economia que a comunidade em quando deixa de adquirir esse produto em mercado externo, a aproveitando nas atividades de agricultura na comunidade como adubo orgânico. Vimos que atividade geradora de resíduo será a de aves, atividade qual escolhida pela comunidade e pelos núcleos por meio da pesquisa realizada junto ao

assentamento, por meio de pesquisa realizadas em publicações vimos que atividade necessita de algumas exigências como comercialização dos produtos oriundos da atividade com o carnes e ovos, e de um sistema organizado para o seu funcionamento. Logo a atividade geradora do resíduo é um fator determinante nessa autonomia e soberania energética juntamente com a organização social no conduzir a produção de aves como no gerenciamento do sistema de produção de energia e adubo orgânico (biofertilizante), sendo que há necessidades de continuidade dos estudos, a respeito da gestão da produção e sobre processos de organização social. Observamos que os custos de investimento por morador em razão aos benefícios gerados tanto econômicos quanto ambientais e sociais, são relativamente baixos.

Diante desses fatos importantes prosseguimos nosso trabalho, o processo de escolha da atividade produtiva de criação animal, diante as opções colocadas para escolha pela comunidade, foram a criação de suínos, caprinos/ovinos, bovino, equino e de avicultura conforme encontra-se no formulário “APÊNDICE 1”, ouve um consentimento da comunidade em participar do processo, o processo de escolha partiu da individualidade de cada família, depois por um processo democrático no âmbito dos núcleos e por último por toda comunidade o assentamento, as decisões foram colocadas em, votação.

As informações de demanda de energia por parte das famílias, ou seja, o consumo, foram coletadas, mediante a consulta em talões de energia elétrica, emitidos pela CEB, o período de analisado de consumo de energia foi de maio/2013 a agosto/2014, ao longo desse período extraímos a média de consumo em kW de energia elétrica. Para calcular o custo médio do kWh de energia, realizamos mesmo procedimento do consumo, pegando os custos do kWh de energia cobrados pela CEB ao longo do período de estudo e calculando o seu valor médio. Logo tanto o consumo de energia quanto o custo do kwh podem variar ao longo do tempo, a **tabela 14** encontra-se o consumo de energia no assentamento, no período de estudo, e o custo médio fico em por volta de R\$ 0,23 por kWh. O custo anual de energia elétrica pelo assentamento, sérvio como, valores de receita anual, ou seja, como retorno de investimento, dos projetos de biodigestores.

No dimensionamento dos biodigestores o critério foi, atender a demanda de energia pelas famílias, como referência para o dimensionamento dos biodigestores modelo chinês, indiano e tubular, usamos os autores Barancelli (2007)”, Santos e Junior (2013) e Teixeira (2003). No “APÊNDICE 3”, encontra os valores de dimensionamento dos biodigestores em estudo.

Na elaboração do orçamento seguimos as orientações dos materiais utilizados para construção e quantificação de materiais utilizados na construção dos biodigestores os autores Oliver, Neto e Valladares (2008), Teixeira (2003), Mattos e Júnior (2011), Silva e Gomes (1985) e Teixeira (2003). Na “**tabela 16**”, encontra os custos dos orçamentos dos biodigestores, os preços dos materiais e serviços, foram utilizados por meio de consulta a cidade local de Planaltina – DF.

Para a análise econômica usamos como referência para os cálculos dos parâmetros econômicos os autores Noronha (1987) e Batalha (2001). Diante dos resultados encontrados dos custos dos investimentos, por meio dos orçamentos dos biodigestores, analisamos a viabilidade econômica dos projetos, comparando os três modelos de biodigestores chinês, indiano e tubular, nas duas hipóteses propostas instalando um biodigestor para atender toda comunidade ou um por núcleo, os parâmetros de análise econômica usados foram payback, VPL e TIR, a TMA ou TMAR.

Os resultados das análises econômicas dos projetos de biodigestor chinês, indiano e tubular, para o assentamento e para os núcleos encontra-se no “**APÊNDICE 5**”, observando os resultados da análise econômica, chegamos à conclusão de o que é mais viável economicamente a construção de um biodigestor par o assentamento e um por núcleo e o resultado é a construção de um para o assentamento, analisando dentre os modelos o mais viáveis economicamente o biodigestor chinês demonstrou mais vantagens em detrimento aos outros. Mas deve continuar os estudos a respeito da influência da organização social e da atividade de produção de frangos, que são fatores decisivos e limitantes na viabilidade da instalação do projeto de biodigestão.

Outra questão importante e que é de vantagem, na instalação de um projeto central é facilidade na logística do carregamento e descarregamento do sistema e com isso maiores facilidades na gestão do funcionamento, más ao mesmo tempo tem maior risco, correndo risco de falta total na produção de energia, no não funcionamento do sistema, com isso deixando de atender todo assentamento, tornando mais vantagem a descentralização da produção através da instalação dos sistemas nos núcleos. O biofertilizante é outro fator que não entra na alise econômica, e que tem participação na redução de custos do sistema da biodigestão, pelo fato do produtor deixar de compra esse produto no mercado externo, passando a produzi-lo na própria unidade de produção.

## 6. REFERÊNCIAS

ALVES, Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves; PAULO, Belli Filho; PHILIPPI, Luiz Sérgio; *et al.* Digestores anaeróbios para tratamento de dejetos suínos - Avaliação de partida para diferentes configurações de reatores. **ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, n. 1, p. 1–7, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-037.pdf>>. Acesso em: jun. 2014.

ANDION, Carolina. A gestão no Campo da Economia Solidária : Particularidades e Desafios. **RAC**, v. 9, p. 79–101, 2005.

ANGONESE, André Ricardo; CAMPOS, Alessandro Torres; PALACIO, Soraya Moreno; *et al.* Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na redução da carga orgânica e produção de biogás a partir de dejetos de suínos. **AGRENER: Energia e Meio Rural**, n. June, p. 7, 2006. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100022&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100022&script=sci_arttext)>. Acesso em: jun. 2014.

ASSIS, Fabiola Oro. Bacia hidrográfica do rio Quilombo: Dejetos de suínos e impactos ambientais. *In*: UFPR (Org.). **R. RA 'E GA**. [s.l.: s.n.], 2004, p. 107–122. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/viewFile/3386/2715>>. Acesso em: jun. 2014.

ÁVILA, Valdir Silveira de. Fundamentos básicos de manejo na produção de frangos de corte no sistema agroecológico. **I Curso Virtual sobre Produção Agroecológica de Frango de Corte**, p. 9–20, 2003. Acesso em: jun. 2014.

BARANCELLI, Gustavo Trentini. **Estudo da implantação de um biodigestor para produção de biogás e biofertilizante a partir de rejeitos da suinocultura**. UFRGS, 2007.

BARTHOLOMEU, Marcelo Bacchi; RANIERO, Luiza Montoya; BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; *et al.* Certificação ambiental no sistema agroindustrial da carne suína e potencial para participação no mercado de carbono. **CEPEA - ESALQ - USP, PIRACICABA, SP, BRASIL. Sober - XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, p. 20, 2007. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/657.pdf>>. Acesso em: jun. 2014.

BATALHA, Mario Otávio. **Gestão agroindustrial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CAMPOS, Alessandro Torres; CAMPOS, Aloísio Torres; SANTOS, Elenara Pinto dos; *et al.* Análise energética de biodigestores tubulares usando dejetos de suínos. **ageitec: Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, p. 1–6, 2011. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/biotubular1\\_000g76rpuch02wx5ok0wtedt39alarg9.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/biotubular1_000g76rpuch02wx5ok0wtedt39alarg9.pdf)>. Acesso em: jun. 2014.

CARNEIRO, Sérgio Luiz; ULBRICH, Antônio Carlos; FALKOWSKI, Tomás; *et al.* Frango de corte - Integração Produtor/ Indústria. p. 13, 2004.

CATTANI, antonio david; LAVILLE, Jean-louis; GAIGER, luiz inácio; *et al.* **Dicionário internacional da outra economia**. 1<sup>a</sup>. ed. São Paulo: [s.n.], 2009.

CERIOLI, Paulo. **Uma concepção de desenvolvimento rural**. São Paulo: [s.n.], 1993.

CHIAVON, Francisco Dal; FERREIRA, Elenar; FRANZ, Amélia; *et al.* **A evolução da concepção de cooperação agrícola do MST (1989 a 1999)**. São Paulo: CONCRAB, 1999.

COLDEBELLA, Anderson; SOUZA, Samuel Nelson Melegaria de; SOUZA, Juliano de; *et al.* Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite. **AGRENER**, p. 9, 2006.

CORREIA, Afonso Correia Gomes de; GIMENES, Régio Marcio Toesca. Mensuração dos custos de implantação de biodigestores na suinocultura. Gestão econômica e social de cooperativas. **V Encontro de pesquisadores Latino-americanos de Cooperativismo**, p. 16, 2008.

DEGANUTTI, Roberto; PALHACI, Maria do Carmo Jampaulo; ROSSI, Marco; *et al.* Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **Encontro de energia no meio rural**, v. 4, n. Campinas, p. 1–5, 2002. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: jun. 2014.

DIAZ, Giancarlo Obando. **Análise de sistemas para o resfriamento de leite em fazendas leiteiras com uso do Biogás**. 2006.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. Política energética no Brasil. v. 19, n. 55, p. 215–228, 2005.

KREUTZ, Ineida T. **Cooperativismo passo a passo**. 7<sup>a</sup>. ed. Goiânia-Go: [s.n.], 2004.

LEITE, Sérgio Pereira; ÁVILA, Rodrigo Vieira de. Reforma agrária e desenvolvimento na América Latina: rompendo com o reducionismo das abordagens economicistas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 3, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032007000300010&lng=pt&nrm=iso&fng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032007000300010&lng=pt&nrm=iso&fng=pt)>. Acesso em: 9 jul. 2014. Acesso em: jun. 2014.

LIMA, Paulo César Ribeiro. Biogás da suinocultura: uma importante fonte de geração de energia. **Consultori**. p. 26, 2007.

LOPES, Eliano Sérgio Azevedo. Comentário sobre o “Novo Mundo Rural” ou a “Nova Reforma Agrária” do Governo FHC. **Geonordeste, Ano IX nº01**, p. 9, 1999.

LUIZ, Fabricio; PUCPR, Bronzatti. Matrizes energéticas no BRASIL: cenário 2010-2030. **Energep XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2010.

MARTINS, Gilberto Andrade. Estudo de caso: Uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. **RCO - Revista de Contabilidade e Organizações - FEARP/USP**, v. 2, n. 2, p. 8–18, 2008.

MARTINS, Jose de souza. Reforma agrária - o impossível diálogo sobre a História possível. **Tempo Social; Rev. Social. USP, S. Paulo, 11(2): out. 1999**, p. 97–128, 2000.

MATTOS, Luis Cláudio; JÚNIOR, Mario Farias Júnior. **Manual do Biodigestor Sertanejo**. Recife: [s.n.], 2011.

MONTEIRO, Luiz Walter da Silva. **Avaliação do desempenho de dois sistemas em escala real para o manejo dos dejetos suínos: Lagoa armazenamento comparada com biodigestor seguido de lagoa de armazenamento**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

NORONHA, José F. **Projeto agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2. ed. São Paulo: [s.n.], 1987.

NOVAES, Henrique T.; DAGNINO, Renato; FILHO, Paulo Lima; *et al.* **A alienação em cooperativas e associações de trabalhadores: uma introdução**. [s.l.: s.n.], 2009.

OCEPAR, Sistema; FECOOPAR; OCEPAR; *et al.* **Custos de produção de Frangos e suínos Paraná**. Curitiba: [s.n.], 2007.

OLIVER, Andre de Paula Moniz; NETO, Aurélio de Andrade Souza Neto; VALLADARES, Renata Everett. Manual de treinamento em Biodigestão. p. 23, 2008.

PEREIRA, Milton Fischer. **Construções rurais**. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: [s.n.], 1986.

POSSA, Rosangela Dala; MOREJON, Camilo Freddy Mendoza; BARICCATTI, Reinaldo; *et al.* **Análise do desempenho de um sistema alternativo de purificação do biogás obtido pela digestão de dejetos de suínos**. SENAMA 2010 - I Seminário Nacional de Meio Ambiente e Extensão Universitária. Disponível em: <[http://cac.php.unioeste.br/eventos/senama/anais/PDF/ARTIGOS/353\\_1270472561\\_ARTIGO.pdf](http://cac.php.unioeste.br/eventos/senama/anais/PDF/ARTIGOS/353_1270472561_ARTIGO.pdf)>. Acesso em: jun. 2014.

POZZEBON, Marlei; FREITAS, Henrique M R De. Pela aplicabilidade - com um maior rigor científico- dos Estudos de caso em sistemas de informação. **RAC**, v. 2, n. 2, p. 143–170, 1998.

SABOURIN, Eric. **Associativismo, Cooperativismo e Economia Solidária no meio rural**. Brasília: [s.n.], 2006.

SABOURIN, Eric. Reforma agrária no Brasil: considerações sobre os debates atuais. **Estudos Sociais e Agricultura, Rio de Janeiro, vol. 16 nº 2, 2008**, v. 2, p. 151–184, 2013.

SANTOS, Andreia da Silva. **Estudo de viabilidade de aplicação do biogás no ambiente urbano**. Univesidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, Edval Luiz Batista dos; JUNIOR, Geraldo de Nardi. Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal. n. 14, p. 90, 2013. Disponível em: <[file:///C:/Users/EFG/Downloads/216-709-1-PB \(2\).pdf](file:///C:/Users/EFG/Downloads/216-709-1-PB%20(2).pdf)>. Acesso em: jun. 2014.

SANTOS, Weder Ferreira dos; JR, Joel Carlos Zukowski; NOBREGA, Silvestre Lopes da; *et al.* Análise da viabilidade econômica em um sistema híbrido solar-eólico na geração de energia elétrica para uma comunidade isolada e quilombola do Jalapão-To. p. 1–6, 2008.

SILVA, Jean Alex Ferreira da; PFITSCHER, Elisete Dahmer. Sustentabilidade econômica e ambiental: Estudo de uma propriedade rural do sulmatogrossense. **DELLOS: Desenvolvementos Locais Sustentáveis**, v. 05, p. 1–23, 2012. Disponível em: <[www.eumed.net/rev/dellos/15](http://www.eumed.net/rev/dellos/15)>. Acesso em: jun. 2014.

SILVA, Nazareno Ferreira da; GOMES, Francisco Plínio Barrôzo. **Biodigestor**. 1. ed. Goiânia-Go: [s.n.], 1985.

STEDILE, João Pedro. **Perspectivas da cooperação agrícola nos assentamentos**. São Paulo: CONCRAB, 1995.

TAVARES, Flavio de Almeida. **Eficiência da Lemna sp no tratamento de efluentes líquidos de suinocultura e sua utilização como fonte alternativa de alimento para tilápias**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86825/210460.pdf?sequence=1>>. Acesso em: jun. 2014.

TEIXEIRA, Vitor Hugo. **Biogás**. 1ª. ed. Lavras: [s.n.], 2003.

ULIANA, S.; SPECK, V.; ÁVILA, A.F.A.; *et al.* Isolamento e caracterização morfológica de microrganismos de sistemas de tratamentos de dejetos suínos. **Sigera - I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Tratamento de Desejetos de Animais**, p. 507–511, 2009.

VARANDA, Ana Paula de Moura; BOCAJUVA, Pedro Cláudio Cunha. **Tecnologia Social, Autogestão e Economia Solidária**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2009.

## APÊNDICE1 – Questionário de Pesquisa, aptidão produtiva de criação da comunidade

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
 FACULDADE UnB Planaltina – FUP  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL – PPG – MADER  
 Mestrado Acadêmico

Questionário de Pesquisa Participativo de Aptidão Produtiva de Criações – PPAPC, levando em consideração a intenção para: a família, ao Núcleo, e ao assentamento; comunidade em estudo P.A Pequeno Willian.  
 Como requisito para dimensionamento de sistema autossuficiente e autônomo de produção energética e adubo orgânico.  
 Marque com "X", a atividade ou as atividades que gostaria desenvolver.

Famílias	Na família	No núcleo	No assentamento
A - 1 Antônio Dias	<input type="checkbox"/> Suíno	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura
	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
	<input type="checkbox"/> Bovino		
	<input type="checkbox"/> Equino		
A - 2 Acácio	<input type="checkbox"/> Avicultura		
	<input type="checkbox"/> Suíno		
	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
	<input type="checkbox"/> Bovino		
A - 3 Zuleide	<input type="checkbox"/> Equino		
	<input type="checkbox"/> Avicultura		
	<input type="checkbox"/> Suíno		
	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
A - 4 Francisco	<input type="checkbox"/> Bovino		
	<input type="checkbox"/> Equino		
	<input type="checkbox"/> Avicultura		
	<input type="checkbox"/> Suíno		
B - 5 Valdemir	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura
	<input type="checkbox"/> Bovino		
	<input type="checkbox"/> Equino		
	<input type="checkbox"/> Avicultura		
B - 6 Manú	<input type="checkbox"/> Suíno		
	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
	<input type="checkbox"/> Bovino		
	<input type="checkbox"/> Equino		
B - 7 Jorge Sabino	<input type="checkbox"/> Avicultura		
	<input type="checkbox"/> Suíno		
	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
	<input type="checkbox"/> Bovino		
B - 8 Wilson Machado	<input type="checkbox"/> Equino		
	<input type="checkbox"/> Avicultura		
	<input type="checkbox"/> Suíno		
	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
C - 9 Nalveci	<input type="checkbox"/> Bovino	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura
	<input type="checkbox"/> Equino		
	<input type="checkbox"/> Avicultura		
	<input type="checkbox"/> Suíno		
C - 10 Adriana (Drica)	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
	<input type="checkbox"/> Bovino		
	<input type="checkbox"/> Equino		
	<input type="checkbox"/> Avicultura		
C - 11 Américo	<input type="checkbox"/> Suíno		
	<input type="checkbox"/> Ovino/Caprino		
	<input type="checkbox"/> Bovino		
	<input type="checkbox"/> Equino		
	<input type="checkbox"/> Avicultura		

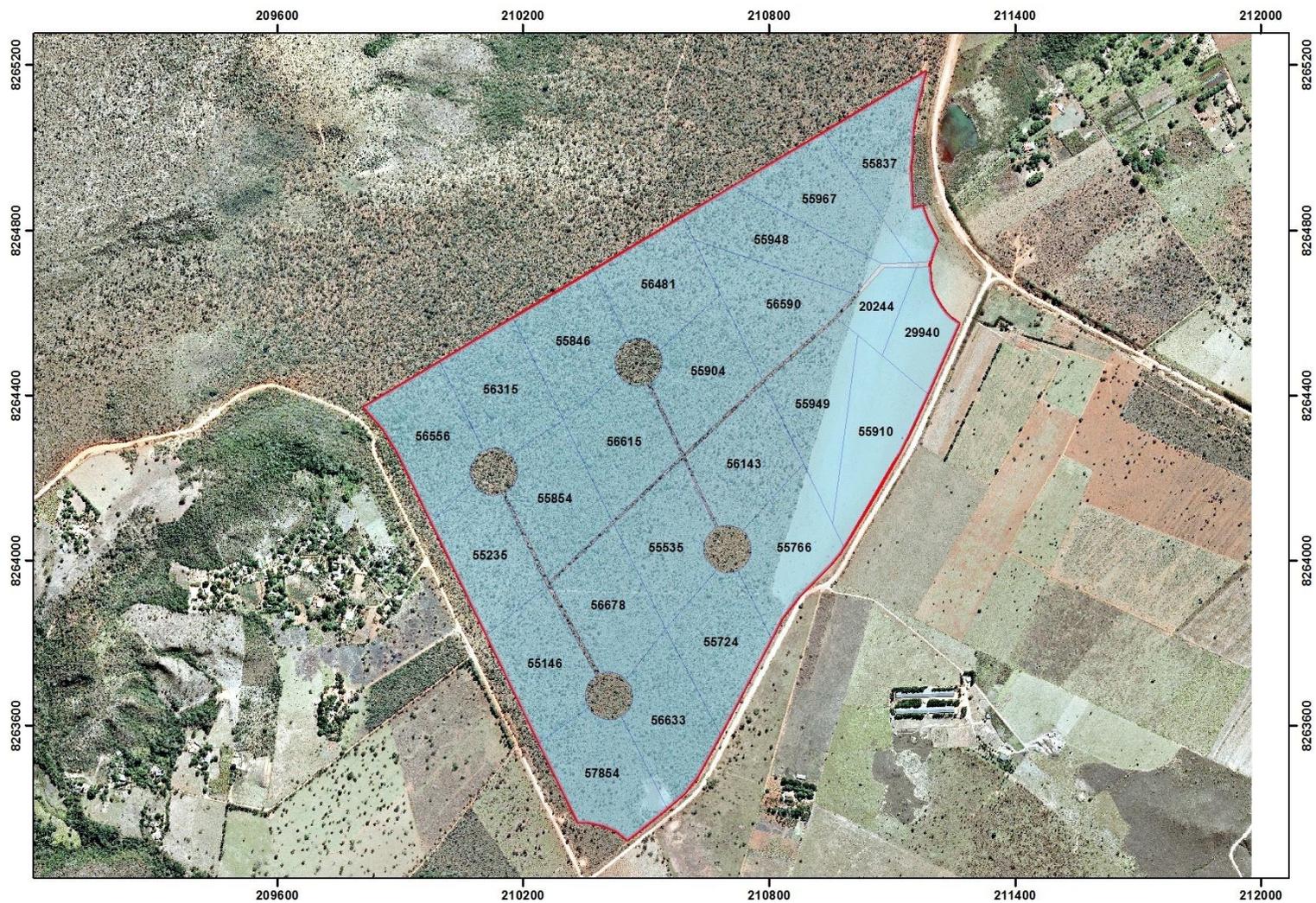
Aluno: Frederico Pinto da Silva  
 Colaborador: Acácio

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
 FACULDADE UnB Planaltina – FUP  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL – PPG – MADER  
 Mestrado Acadêmico

C - 12 Clementino	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
D - 13 Gaspar	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
D - 14 Antônio Martins	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
D - 15 Mycaele	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura	
D - 16 Diemano	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
D - 17 Rodrigo	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
D - 18 Astrogeclio	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
E - 19 Edite	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
E - 20 João Lopes	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura	
E - 21 Judinéia	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		
E - 22 Agostim	<input type="checkbox"/> Suíno <input type="checkbox"/> Ovino/Caprino <input type="checkbox"/> Bovino <input type="checkbox"/> Equino <input type="checkbox"/> Avicultura		

Aluno: Frederico Pinto da Silva  
 Colaborador: Acácio

## APÊNDICE 2 – Mapa de distribuição das parcelas e núcleos do P.A. Assentamento Pequeno Willian



### APÊNDICE 3 – Tabelas de dimensionamento dos biodigestores

**Tabela18:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo chinês, para o assentamento.

Descrição	Abreviação	Dimensões	Unid.
Altura caixa de saída	Hs	1,50	m
Altura da caixa de entrada	He	0,80	m
Altura da calota do fundo	hf	0,55	m
Altura da calota do gasômetro	hg	1,10	m
Altura do corpo cilíndrico	H	2,50	m
Diâmetro caixa de entrada	De	1,63	m
Diâmetro da caixa de saída	Ds	2,64	m
Diâmetro do corpo cilíndrico	D	4,41	m
Raio da calota do fundo	Rf	4,68	m
Raio da calota do gasômetro	Rg	2,76	m
Volume da caixa de entrada	Ve	1,47	m <sup>3</sup>
Volume da calota do fundo	Vf	4,29	m <sup>3</sup>
Volume da calota do gasômetro	Vg	9,11	m <sup>3</sup>
Volume do corpo cilíndrico	Vc	38,44	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	V	42,73	m <sup>3</sup>

**Fonte:** elaborada pelo autor.

**Tabela 19:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo indiano, para o assentamento.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura da caixa de carga	hc	0,80	m
Altura da parede divisória	h	4,17	m
Altura do biodigestor	H	5,20	m
Altura do gasômetro 1	h1	0,20	m
Altura do gasômetro 2	h2	1,03	m
Altura total do gasômetro	h1 + h2	1,23	m
Diâmetro da base de sustentação	Db	4,08	m
Diâmetro da caixa de carga	Dc	1,67	m
Diâmetro do gasômetro	Dg	3,50	m
Diâmetro externo do biodigestor	De	3,88	m
Diâmetro interno do biodigestor	Di	3,40	m
Peso do gasômetro + lastro	Pg	1.923,25	kg/cm <sup>2</sup>
Volume bruto	Vb	47,19	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de carga	Vc	1,75	m <sup>3</sup>
Volume da parede divisória	Vp	3,40	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	43,78	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 20:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor modelo tubular, para o assentamento.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Comprimento maior	C1	9,00	m
Comprimento menor	C2	6,20	m
Largura maior	L1	5,80	m
Largura menor	L2	3,00	m
Profundidade	H	1,40	m
Volume caixa de entrada	Ve	1,71	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de saída	Vc	5,13	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	47,58	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 21:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo chinês**, para o **núcleo A**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura caixa de entrada	He	0,80	m
Altura caixa de saída	Hs	1,04	m
Altura da calota do fundo	Hf	0,32	m
Altura da calota do gasômetro	Hg	0,64	m
Altura do corpo cilíndrico	H	1,50	m
Diâmetro caixa de entrada	De	0,72	m
Diâmetro da caixa de saída	Ds	1,33	m
Diâmetro do corpo cilíndrico	D	2,55	m
Raio da calota do fundo	Rf	2,71	m
Raio da calota do gasômetro	Rg	1,59	m
Volume da caixa de entrada	Ve	0,29	m <sup>3</sup>
Volume da calota do fundo	Vf	0,83	m <sup>3</sup>
Volume da calota do gasômetro	Vg	1,76	m <sup>3</sup>
Volume do corpo cilíndrico	Vc	7,49	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	V	8,32	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor

**Tabela 22:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo indiano** para o **núcleo A**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura do biodigestor	H	3,00	m
Altura da caixa de carga	HC	0,80	m
Altura da parede divisória	H	2,44	m
Altura do gasômetro 1	h1	0,20	m
Altura do gasômetro 2	h2	0,56	m
Altura total do gasômetro	h1 + h2	0,76	m
Diâmetro da base de sustentação	Db	2,68	m
Diâmetro da caixa de carga	Dc	0,72	m
Diâmetro do gasômetro	Dg	2,10	m
Diâmetro externo do biodigestor	De	2,48	m
Diâmetro interno do biodigestor	Di	2,00	m
Peso do gasômetro + lastro	Pg	692,37	kg/cm <sup>2</sup>
Volume bruto	Vb	9,42	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de carga	Vc	0,33	m <sup>3</sup>
Volume da parede divisória	Vp	1,17	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	8,25	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor

**Tabela 23:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo tubular**, para o **núcleo A**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Comprimento maior	C1	5,00	m
Comprimento menor	C2	3,00	m
Largura maior	L1	3,30	m
Largura menor	L2	1,30	m
Profundidade	H	1,00	m
Volume caixa de entrada	Ve	0,33	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de saída	Vc	1,00	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	9,47	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 24:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo chinês**, para o **núcleo B**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura caixa de entrada	he	0,80	m
Altura caixa de saída	hs	0,98	m
Altura da calota do fundo	hf	0,29	m
Altura da calota do gasômetro	hg	0,58	m
Altura do corpo cilíndrico	H	1,40	m
Diâmetro caixa de entrada	De	0,63	m
Diâmetro da caixa de saída	Ds	1,20	m
Diâmetro do corpo cilíndrico	D	2,30	m
Raio da calota do fundo	Rf	2,44	m
Raio da calota do gasômetro	Rg	1,44	m
Volume da caixa de entrada	Ve	0,22	m <sup>3</sup>
Volume da calota do fundo	Vf	0,61	m <sup>3</sup>
Volume da calota do gasômetro	Vg	1,29	m <sup>3</sup>
Volume do corpo cilíndrico	Vc	5,69	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	V	6,30	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 25:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo indiano**, para o **núcleo B**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura da caixa de carga	hc	0,80	m
Altura da parede divisória	h	2,04	m
Altura do biodigestor	H	2,50	m
Altura do gasômetro 1	h1	0,20	m
Altura do gasômetro 2	h2	0,46	m
Altura total do gasômetro	h1 + h2	0,66	m
Diâmetro da base de sustentação	Db	2,58	m
Diâmetro da caixa de carga	Dc	0,63	m
Diâmetro do gasômetro	Dg	2,00	m
Diâmetro externo do biodigestor	De	2,38	m
Diâmetro interno do biodigestor	Di	1,90	m
Peso do gasômetro + lastro	Pg	628,00	kg/cm <sup>2</sup>
Volume bruto	Vb	7,08	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de carga	Vc	0,25	m <sup>3</sup>
Volume da parede divisória	Vp	0,93	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	6,16	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 26:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo tubular**, para o **núcleo B**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Comprimento maior	C1	4,70	m
Comprimento menor	C2	3,10	m
Largura maior	L1	3,00	m
Largura menor	L2	1,40	m
Profundidade	H	0,80	m
Volume caixa de entrada	Ve	0,25	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de saída	Vc	0,76	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	7,00	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 27:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo chinês**, para o **núcleo C**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura caixa de entrada	he	0,80	m
Altura caixa de saída	hs	1,16	m
Altura da calota do fundo	hf	0,38	m
Altura da calota do gasômetro	hg	0,76	m
Altura do corpo cilíndrico	H	1,7	m
Diâmetro caixa de entrada	De	0,92	m
Diâmetro da caixa de saída	Ds	1,60	m
Diâmetro do corpo cilíndrico	D	3,04	m
Raio da calota do fundo	Rf	3,22	m
Raio da calota do gasômetro	Rg	1,90	m
Volume da caixa de entrada	Ve	0,46	m <sup>3</sup>
Volume da calota do fundo	Vf	1,40	m <sup>3</sup>
Volume da calota do gasômetro	Vg	2,97	m <sup>3</sup>
Volume do corpo cilíndrico	Vc	12,10	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	V	13,50	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 28:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo indiano** para o **núcleo C**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura da caixa de carga	hc	0,8	m
Altura da parede divisória	h	3,25	m
Altura do biodigestor	H	4	m
Altura do gasômetro 1	h1	0,2	m
Altura do gasômetro 2	h2	0,75	m
Altura total do gasômetro	h1 + h2	0,95	m
Diâmetro da base de sustentação	Db	2,88	m
Diâmetro da caixa de carga	Dc	0,93	m
Diâmetro do gasômetro	Dg	2,30	m
Diâmetro externo do biodigestor	De	2,68	m
Diâmetro interno do biodigestor	Di	2,2	m
Peso do gasômetro + lastro	Pg	830,53	kg/cm <sup>2</sup>
Volume bruto	Vb	15,20	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de carga	Vc	0,54	m <sup>3</sup>
Volume da parede divisória	Vp	1,71	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	13,48	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 29:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo tubular**, para o **núcleo C**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Comprimento maior	C1	5,9	m
Comprimento menor	C2	3,9	m
Largura maior	L1	4	m
Largura menor	L2	2	m
Profundidade	H	1	m
Volume caixa de entrada	Ve	0,54	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de saída	Vc	1,62	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	14,99	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 30:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo chinês**, para o **núcleo D**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura caixa de entrada	he	0,80	m
Altura caixa de saída	hs	1,25	m
Altura da calota do fundo	hf	0,42	m
Altura da calota do gasômetro	hg	0,85	m
Altura do corpo cilíndrico	H	1,90	m
Diâmetro caixa de entrada	De	1,09	m
Diâmetro da caixa de saída	Ds	1,86	m
Diâmetro do corpo cilíndrico	D	3,39	m
Raio da calota do fundo	Rf	3,61	m
Raio da calota do gasômetro	Rg	2,12	m
Volume da caixa de entrada	Ve	0,65	m <sup>3</sup>
Volume da calota do fundo	Vf	1,96	m <sup>3</sup>
Volume da calota do gasômetro	Vg	4,16	m <sup>3</sup>
Volume do corpo cilíndrico	Vc	17,03	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	V	18,99	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 31:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo indiano** para o **núcleo D**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura da caixa de carga	hc	0,8	m
Altura da parede divisória	h	3,23	m
Altura do biodigestor	H	4	m
Altura do gasômetro 1	h1	0,2	m
Altura do gasômetro 2	h2	0,77	m
Altura total do gasômetro	h1 + h2	0,97	m
Diâmetro da base de sustentação	Db	3,28	m
Diâmetro da caixa de carga	Dc	1,11	m
Diâmetro do gasômetro	Dg	2,70	m
Diâmetro externo do biodigestor	De	3,08	m
Diâmetro interno do biodigestor	Di	2,6	m
Peso do gasômetro + lastro	Pg	1144,53	kg/cm <sup>2</sup>
Volume bruto	Vb	21,23	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de carga	Vc	0,77	m <sup>3</sup>
Volume da parede divisória	Vp	2,02	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	19,21	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 32:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo tubular**, para o **núcleo D**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Comprimento maior	C1	6,4	m
Comprimento menor	C2	4	m
Largura maior	L1	4,5	m
Largura menor	L2	2,1	m
Profundidade	H	1,2	m
Volume caixa de entrada	Ve	0,76	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de saída	Vc	2,28	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	21,10	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 33:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo chinês**, para o **núcleo E**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura caixa de entrada	he	0,80	m
Altura caixa de saída	hs	1,08	m
Altura da calota do fundo	hf	0,34	m
Altura da calota do gasômetro	hg	0,68	m
Altura do corpo cilíndrico	H	1,6	m
Diâmetro caixa de entrada	De	0,80	m
Diâmetro da caixa de saída	Ds	1,46	m
Diâmetro do corpo cilíndrico	D	2,73	m
Raio da calota do fundo	Rf	2,90	m
Raio da calota do gasômetro	Rg	1,71	m
Volume da caixa de entrada	Ve	0,35	m <sup>3</sup>
Volume da calota do fundo	Vf	1,02	m <sup>3</sup>
Volume da calota do gasômetro	Vg	2,17	m <sup>3</sup>
Volume do corpo cilíndrico	Vc	9,24	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	V	10,26	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 34:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo indiano** para o **núcleo E**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Altura da caixa de carga	hc	0,8	m
Altura da parede divisória	h	2,67	m
Altura do biodigestor	H	3,3	m
Altura do gasômetro 1	h1	0,2	m
Altura do gasômetro 2	h2	0,63	m
Altura total do gasômetro	h1 + h2	0,83	m
Diâmetro da base de sustentação	Db	2,78	m
Diâmetro da caixa de carga	Dc	0,80	m
Diâmetro do gasômetro	Dg	2,20	m
Diâmetro externo do biodigestor	De	2,58	m
Diâmetro interno do biodigestor	Di	2,1	m
Peso do gasômetro + lastro	Pg	759,88	kg/cm <sup>2</sup>
Volume bruto	Vb	11,42	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de carga	Vc	0,40	m <sup>3</sup>
Volume da parede divisória	Vp	1,35	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	10,08	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor**Tabela 35:** Relação das principais dimensões, do projeto de biodigestor **modelo tubular**, para o **núcleo E**.

Descrição	Abreviação	Valor	Unid.
Comprimento maior	C1	5	m
Comprimento menor	C2	3	m
Largura maior	L1	3,8	m
Largura menor	L2	1,8	m
Profundidade	H	1	m
Volume caixa de entrada	Ve	0,41	m <sup>3</sup>
Volume da caixa de saída	Vc	1,23	m <sup>3</sup>
Volume útil do biodigestor	Vr	11,51	m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

## APÊNDICE 4 – Tabelas e gráficos dos orçamentos dos biodigestores

**Tabela 36:** Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para **assentamento**.

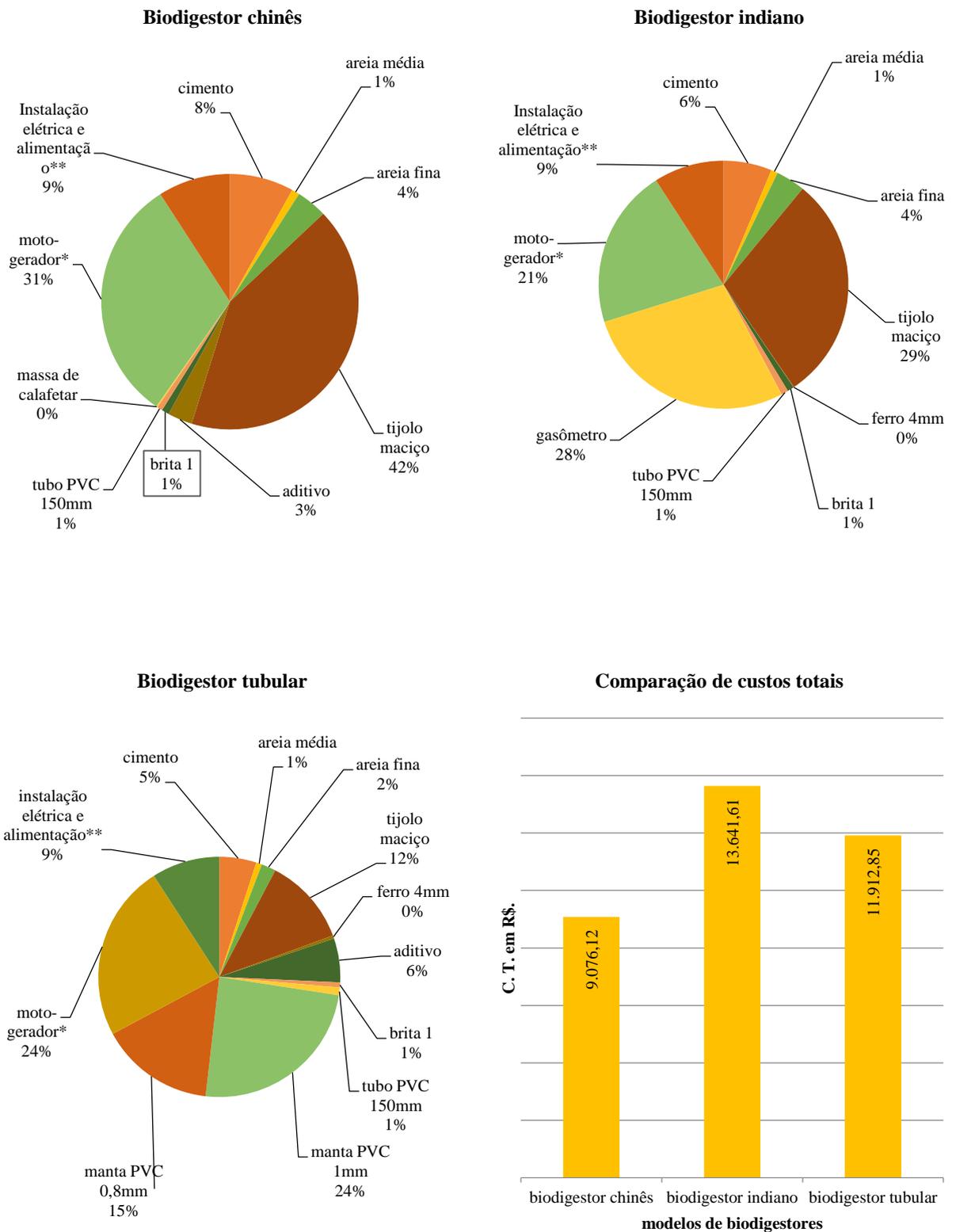
<b>Biodigestor chinês</b>					
Item	Descrição de itens	Unid.	Quantidade	Preço em R\$	Valor total em R\$
1	cimento	Kg	1.589,24	0,46	731,05
2	areia média	m <sup>3</sup>	1,04	85,26	88,93
3	areia fina	m <sup>3</sup>	3,27	107,73	352,62
4	tijolo maciço	unid.	6.670	0,57	3.801,96
5	aditivo	lit.	4,40	63,90	281,02
6	brita 1	m <sup>3</sup>	1,14	75,28	85,92
7	tubo PVC 150mm	m	6,00	10,33	61,95
8	massa de calafetar	und.	2,00	7,59	15,18
9	moto-gerador*	und.	1	2.832,39	2.832,39
10	instalação elétrica e alimentação**	%	10	825,10	825,10
<b>C. T.</b>					<b>9.076,12</b>
<b>Biodigestor indiano</b>					
1	cimento	kg	1.856,75	0,46	854,11
2	areia média	m <sup>3</sup>	1,38	85,26	118,01
3	areia fina	m <sup>3</sup>	4,80	107,73	517,20
4	tijolo maciço	unid.	7.070	0,57	4.030,15
5	ferro 4mm	m	13,80	0,55	7,59
6	brita 1	m <sup>3</sup>	1,57	75,28	118,11
7	tubo PVC 150mm	m	12,00	10,33	123,90
8	gasômetro	und.	1,00	3.800,00	3.800,00
9	moto-gerador*	und.	1	2.832,39	2.832,39
10	Instalação elétrica e alimentação**	%	10	1.240,15	1.240,15
<b>C. T.</b>					<b>13.641,61</b>
<b>Biodigestor tubular</b>					
1	cimento	kg	1.281,58	0,46	589,53
2	areia média	m <sup>3</sup>	1,07	85,26	91,65
3	areia fina	m <sup>3</sup>	2,14	107,73	230,67
4	tijolo maciço	unid.	2.456	0,57	1.399,74
5	ferro 4mm	m	93	0,55	51,15
6	aditivo	lit.	11	63,90	702,90
7	brita 1	m <sup>3</sup>	1,07	75,28	80,92
8	tubo PVC 150mm	m	12	10,33	123,90
9	manta PVC 1mm	m <sup>2</sup>	73	39,90	2.902,01
10	manta PVC 0,8mm	m <sup>2</sup>	73	25,00	1.825,00
11	moto-gerador*	und.	1	2.832,39	2.832,39
12	instalação elétrica e alimentação**	%	10	1.082,99	1.082,99
<b>C. T.</b>					<b>11.912,85</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

\*moto-gerador - Gerador de Energia Gasolina 15HP 7.0KVA com AVR Bivolt 110/220 V Partida Elétrica Toyama. <http://www.brasutil.com/produto/Gerador+de+Energia+Gasolina+15HP+7.0KVA+com+AVR+Bivolt+110220+V+Partida+El%C3%A9trica+-+Toyama/17040/TG8000CXE>, último acesso em dezembro de 2014.

\*\* instalação elétrica e alimentação 10% do valor do projeto– inclui toda ligação, da parte elétrica indo da geração a rede de energia convencional e toda a parte da instalação e adaptações necessárias a condução do biogás ao moto-gerador.

**Gráficos 4:** Participação em porcentagem dos **itens** no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os **custos totais (C. T.)**, para o **assentamento**.



Fonte: adaptada pelo autor.

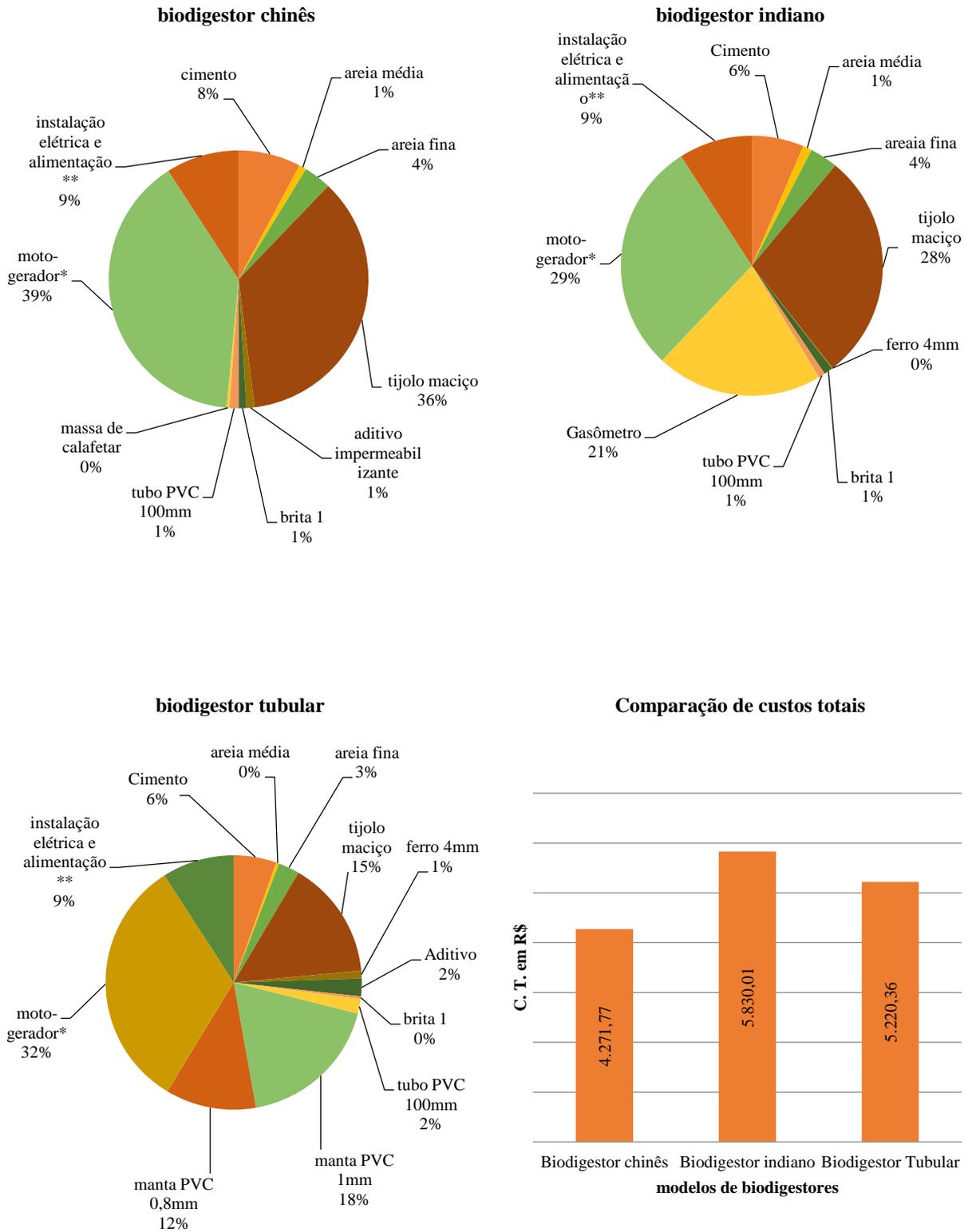
**Tabela 37:** Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo A.

<b>Biodigestor chinês</b>					
Item	Descrição dos materiais	Unid.	Quantidade	Preço unitário em R\$	Valor em R\$
1	cimento	kg	720,95	0,46	331,64
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,46	85,26	39,28
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,36	107,73	146,73
4	tijolo maciço	unid.	2.691	0,57	1.534,06
5	aditivo impermeabilizante	lit.	4,00	10,77	43,08
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,54	75,28	40,80
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
8	massa de calafetar	und.	2,00	7,59	15,18
9	moto-gerador*	und.	1	1.683,76	1.683,76
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	388,34	388,34
<b>C. T. =</b>					<b>4.271,77</b>
<b>Biodigestor indiano</b>					
1	Cimento	kg	814,04	0,46	374,46
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,76	85,26	64,81
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,87	107,73	201,21
4	tijolo maciço	unid.	2.907	0,57	1.656,99
5	ferro 4mm	m	11,00	0,55	6,05
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,85	75,28	63,83
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
8	gasômetro	und.	1,00	1.200,00	1.200,00
9	moto-gerador*	und.	1	1.683,76	1.683,76
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	530,00	530,00
<b>C. T. =</b>					<b>5.830,01</b>
<b>Biodigestor tubular</b>					
1	Cimento	kg	612,38	0,46	281,70
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,23	85,26	19,22
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,30	107,73	140,14
4	tijolo maciço	unid.	1379	0,57	786,05
5	ferro 4mm	m	93	0,55	51,15
6	Aditivo	lit.	11	10,77	118,47
7	brita 1	m <sup>3</sup>	0,23	75,28	16,97
8	tubo PVC 100mm	m	6	8,15	97,80
9	manta PVC 1mm	m <sup>2</sup>	24	39,90	953,25
10	manta PVC 0,8mm	m <sup>2</sup>	24	25,00	597,27
11	moto-gerador*	und.	1	1.683,76	1.683,76
12	instalação elétrica e alimentação	%	10	474,58	474,58
<b>C. T. =</b>					<b>5.220,36</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

\* moto-gerador - Gerador de Energia Gasolina 7 Hp 3100W Partida Manual Retrátíl GGV 3100 Vonder, <http://www.brasutil.com/produto/Gerador-de-Energia-Gasolina-7-Hp-3100W-Partida-Manual-Retratil-GGV-3100---Vonder/94720/6885310000>, último acesso em dezembro de 2014.

**Gráficos 5:** Participação em porcentagem dos **itens** no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os **custos totais (C. T.)**, para o **núcleo A**.



Fonte: adaptada pelo autor.

**Tabela 38** Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o **núcleo B**.

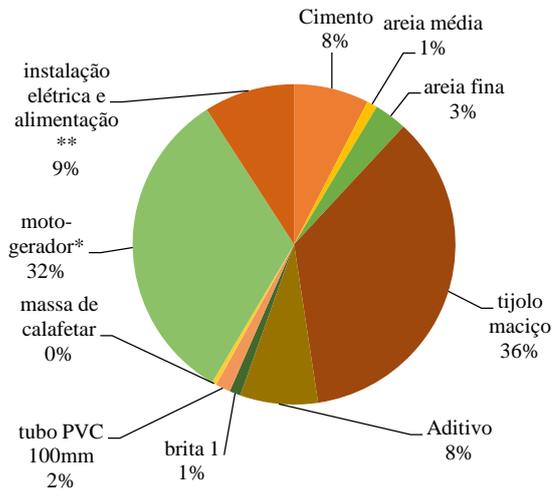
<b>Biodigestor chinês</b>					
Item	Descrição de material	Unid.	Quantidade	Preço	Valor
1	cimento	kg	535,70	0,46	246,42
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,40	85,26	34,42
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,00	107,73	107,75
4	tijolo maciço	unid.	2.056	0,57	1.172,24
5	aditivo	lit.	4,00	63,90	255,60
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,48	75,28	36,38
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
8	massa de calafetar	und.	2,00	7,59	15,18
9	moto-gerador*	und.	1	1.062,96	1.062,96
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	297,99	297,99
<b>C. T. =</b>					<b>3.277,85</b>
<b>Biodigestor indiano</b>					
1	cimento	kg	727,41	0,46	334,61
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,72	85,26	61,49
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,59	107,73	171,32
4	tijolo maciço	unid.	2.642	0,57	1.506,19
5	ferro 4mm	m	10,80	0,55	5,94
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,80	75,28	60,47
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
9	gasômetro	und.	1,00	1.200,00	1.200,00
10	moto-gerador*	und.	1	1.062,96	1.062,96
11	instalação elétrica e alimentação	%	10	445,19	445,19
<b>C. T. =</b>					<b>4.897,07</b>
<b>Biodigestor tubular</b>					
1	cimento	kg	610,17	0,46	280,68
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,25	85,26	21,39
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,27	107,73	136,46
4	tijolo maciço	unid.	1.324	0,57	754,73
5	ferro 4mm	m	93	0,55	51,15
6	aditivo	lit.	7	63,90	447,30
7	brita 1	m <sup>3</sup>	0,25	75,28	18,88
8	tubo PVC 100mm	m	6	8,15	48,90
9	manta PVC 1mm	m <sup>2</sup>	20	39,90	796,28
10	manta PVC 0,8mm	m <sup>2</sup>	20	25,00	498,92
11	moto-gerador*	und.	1	1.062,96	1.062,96
12	instalação elétrica e alimentação	%	10	411,77	411,77
<b>C. T. =</b>					<b>4.529,42</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

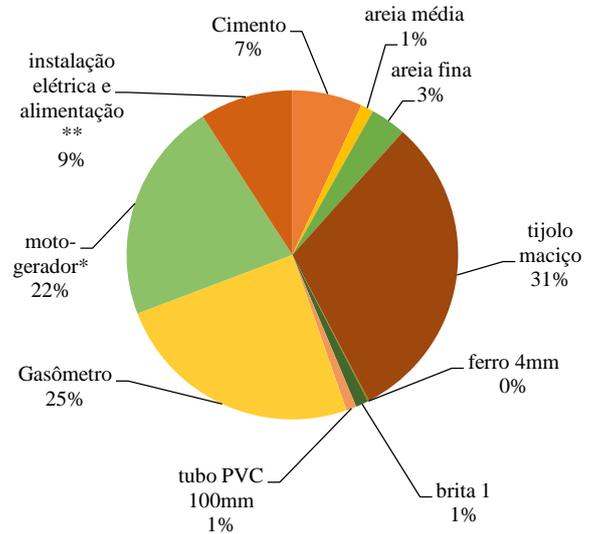
\* moto-gerador - Gerador de Energia Gasolina GG 1500 1,2KW Mono 120V/60HZ Kawashima, <http://www.brasutil.com/produto/Gerador+de+Energia+Gasolina+GG+1500+1,2KW+Mono+120V60HZ++Kawashima/12612/5600400>, último acesso em dezembro de 2014.

**Gráficos 6:** Participação em porcentagem dos **itens** no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os **custos totais (C. T.)**, para o **núcleo B**.

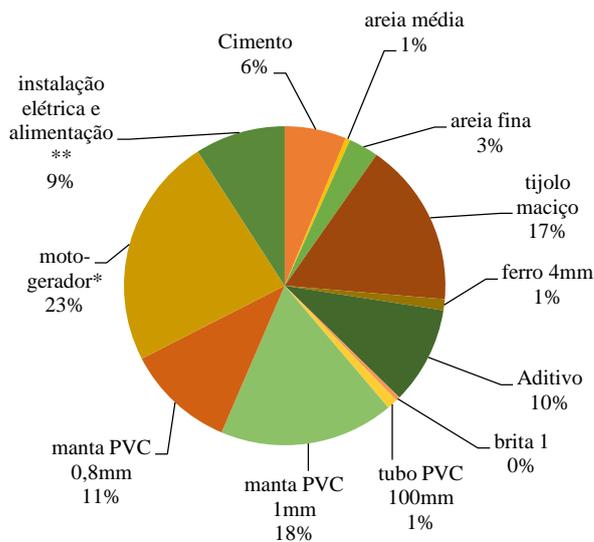
**Biodigestor chinês**



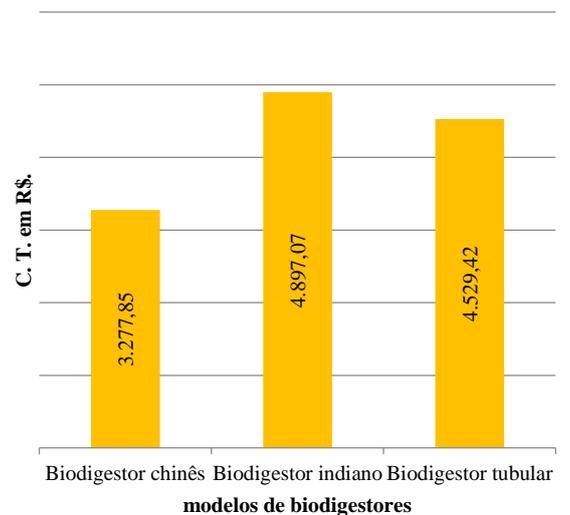
**Biodigestor indiano**



**Biodigestor tubular**



**Comparação de custos totais.**



Fonte: adaptada pelo autor.

**Tabela 39:** Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo C.

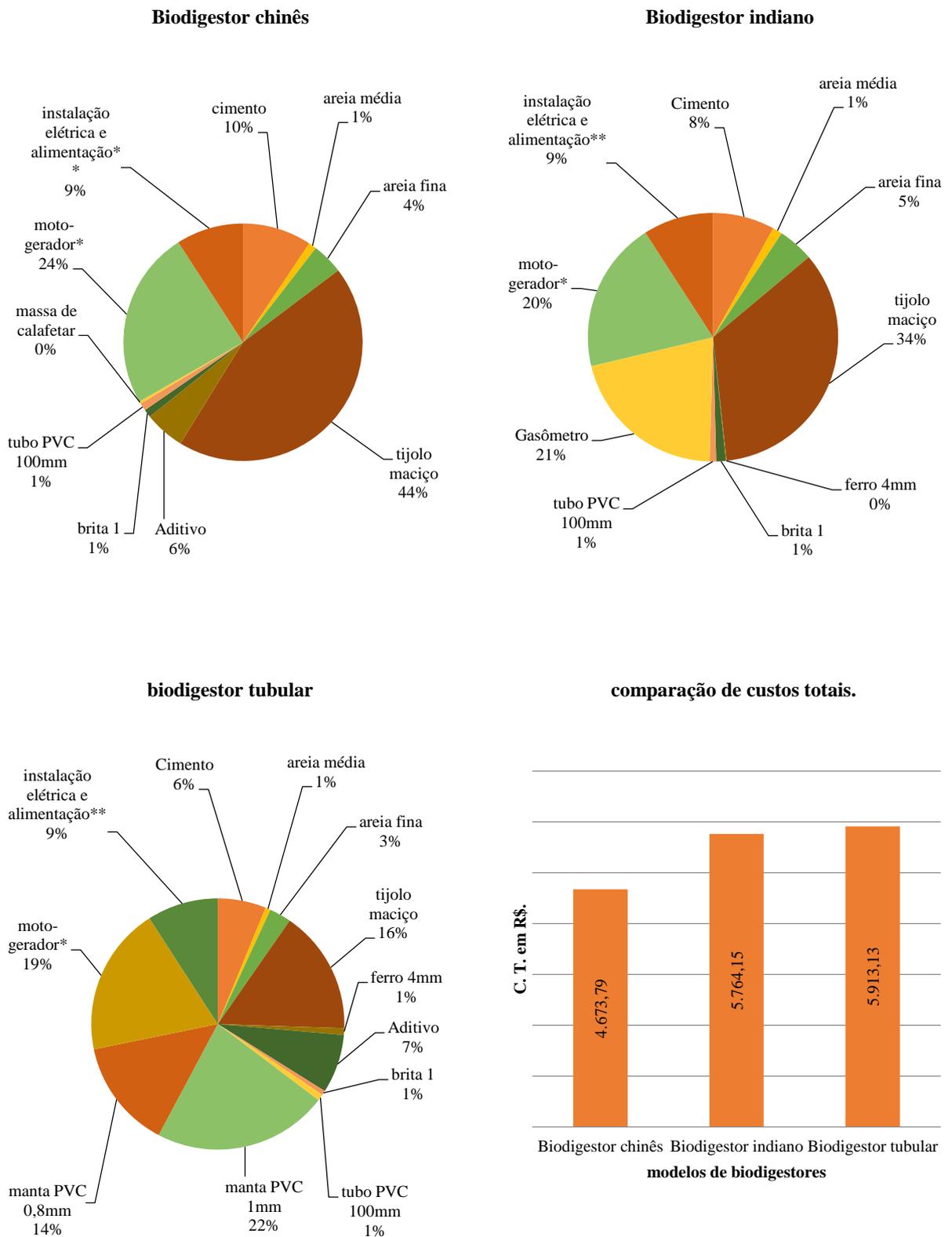
<b>Biodigestor chinês</b>					
Item	Descrição de materiais	Unid.	Quantidade	Preço em R\$	Valor em R\$
1	cimento	kg	950,07	0,46	437,03
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,59	85,26	50,05
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,84	107,73	198,16
4	tijolo maciço	unid.	3.615	0,57	2.061,00
5	aditivo	lit.	4,00	63,90	255,60
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,67	75,28	50,59
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
8	massa de calafetar	und.	2,00	7,59	15,18
9	moto-gerador*	und.	1	1.132,39	1.132,39
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	424,89	424,89
<b>C. T. =</b>					<b>4.673,79</b>
<b>Biodigestor indiano</b>					
1	cimento	kg	1.001,20	0,46	460,55
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,84	85,26	71,64
3	areia fina	m <sup>3</sup>	2,47	107,73	266,60
4	tijolo maciço	unid.	3.479	0,57	1.983,04
5	ferro 4mm	m	11,40	0,55	6,27
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,94	75,28	70,75
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
9	gasômetro	und.	1,00	1.200,00	1.200,00
10	moto-gerador*	und.	1	1.132,39	1.132,39
11	instalação elétrica e alimentação	%	10	524,01	524,01
<b>C. T. =</b>					<b>5.764,15</b>
<b>Biodigestor tubular</b>					
1	cimento	kg	793,33	0,46	R\$ 364,93
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,45	85,26	38,43
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,53	107,73	165,25
4	tijolo maciço	unid.	1.651	0,57	941,25
5	ferro 4mm	m	93	0,55	51,15
6	Aditivo	lit.	7	63,90	447,30
7	brita 1	m <sup>3</sup>	0,45	75,28	33,94
8	tubo PVC 100mm	m	6	8,15	48,90
9	manta PVC 1mm	m <sup>2</sup>	33	39,90	1.323,05
10	manta PVC 0,8mm	m <sup>2</sup>	33	25,00	828,98
11	moto-gerador*	und.	1	1.132,39	1.132,39
12	instalação elétrica e alimentação	%	10	537,56	537,56
<b>C. T. =</b>					<b>5.913,13</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

\* moto-gerador - Gerador de Energia Gasolina 5,5HP 2.5KVA 110V Com Carregador de Bateria Toyama

, <http://www.brasutil.com/produto/Gerador+de+Energia+Gasolina+5,5HP+2.5KVA+110V+Com+Carregador+de+Bateria+-+Toyama/17022/TG2500MX1>, último acesso em dezembro de 2014.

**Gráficos 7:** Participação em porcentagem dos **itens** no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os **custos totais (C. T.)**, para o **núcleo C.**



Fonte: adaptada pelo autor.

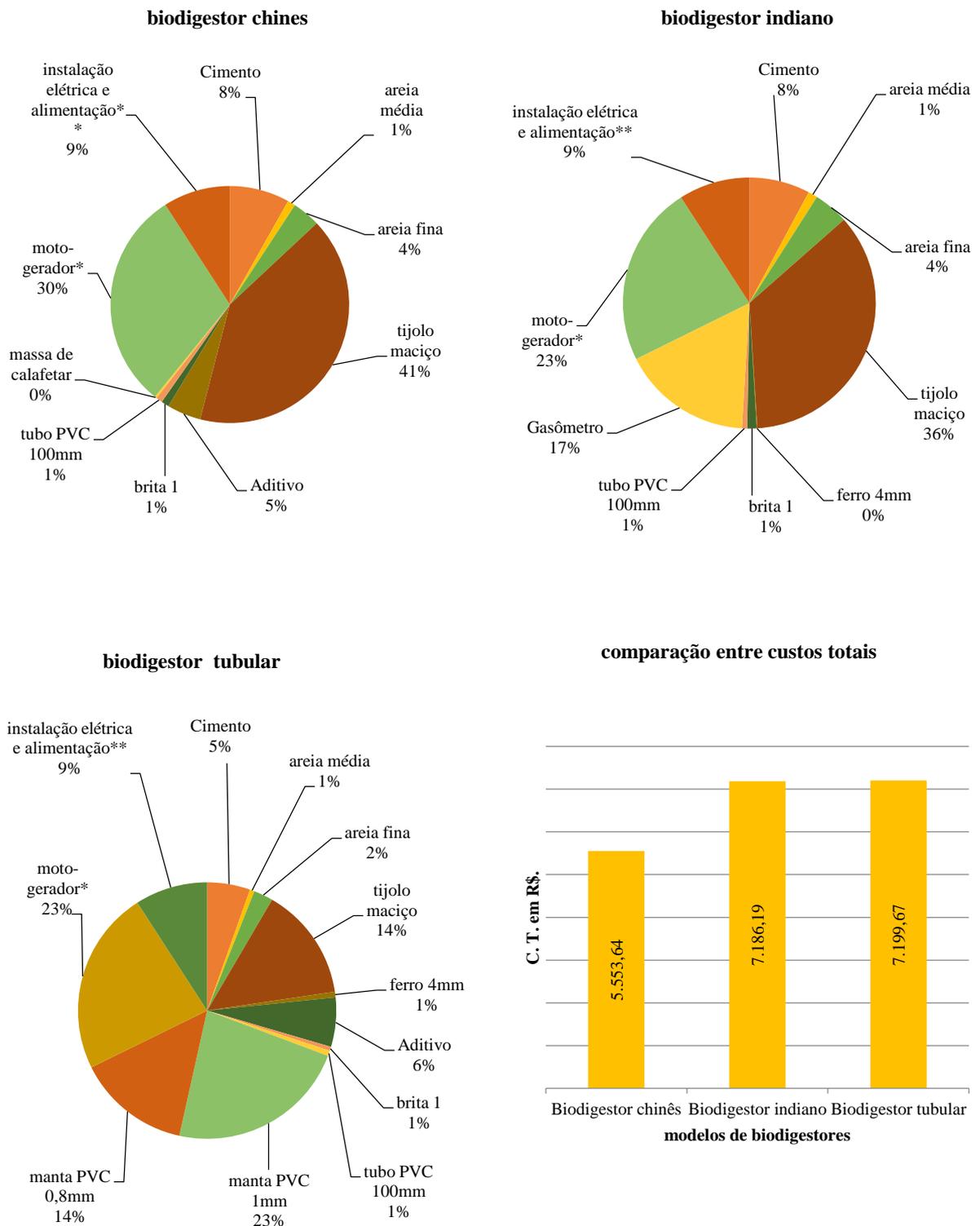
**Tabela 40:** Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo D.

<b>Biodigestor chinês</b>					
Item	Descrição dos materiais	Unid.	Quantidade	Preço em R\$	Valor em R\$
1	cimento	kg	980,83	0,46	451,18
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,69	85,26	58,76
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,96	107,73	211,00
4	tijolo maciço	unid.	3.996	0,57	2.278,10
5	aditivo	lit.	4,00	63,90	255,60
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,78	75,28	58,50
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
8	massa de calafetar	und.	2,00	7,59	15,18
9	moto-gerador*	und.	1	1.671,55	1.671,55
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	504,88	504,88
<b>C. T. =</b>					<b>5.553,64</b>
<b>Biodigestor indiano</b>					
1	cimento	kg	1.215,45	0,46	559,10
2	areia média	m <sup>3</sup>	1,01	85,26	86,08
3	areia fina	m <sup>3</sup>	2,99	107,73	321,66
4	tijolo maciço	unid.	4.479	0,57	2.553,47
5	ferro 4mm	m	12,20	0,55	6,71
6	brita 1	m <sup>3</sup>	1,13	75,28	85,42
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
8	gasômetro	und.	1,00	1.200,00	1.200,00
9	moto-gerador*	und.	1	1.671,55	1.671,55
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	653,29	653,29
<b>C. T. =</b>					<b>7.186,19</b>
<b>Biodigestor tubular</b>					
1	cimento	kg	842,38	0,46	387,49
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,49	85,26	41,39
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,63	107,73	175,21
4	tijolo maciço	unid.	1.800	0,57	1.026,34
5	ferro 4mm	m	93	0,55	51,15
6	aditivo	lit.	7	63,90	447,30
7	brita 1	m <sup>3</sup>	0,49	75,28	36,55
8	tubo PVC 100mm	m	6	8,15	48,90
11	manta PVC 1mm	m <sup>2</sup>	41	39,90	1.634,90
12	manta PVC 0,8mm	m <sup>2</sup>	41	25,00	1.024,37
9	moto-gerador*	und.	1	1.671,55	1.671,55
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	654,52	654,52
<b>C. T. =</b>					<b>7.199,67</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

\* moto-gerador - Gerador de Energia Gasolina 6,5HP 2.7KVA Bivolt 110/220 V Sensor de óleo Partida Elétrica Toyama, <http://www.brasutil.com/produto/Gerador+de+Energia+Gasolina+6,5HP+2.7KVA+Bivolt+110220+V+Sensor+de+%C3%B3leo+Partida+El%C3%A9trica++Toyama/17026/TG2800CXE>, último acesso em dezembro de 2014.

**Gráficos 8:** Participação em porcentagem dos **itens** no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os **custos totais (C. T.)**, para o **núcleo D.**



Fonte: adaptada pelo autor.

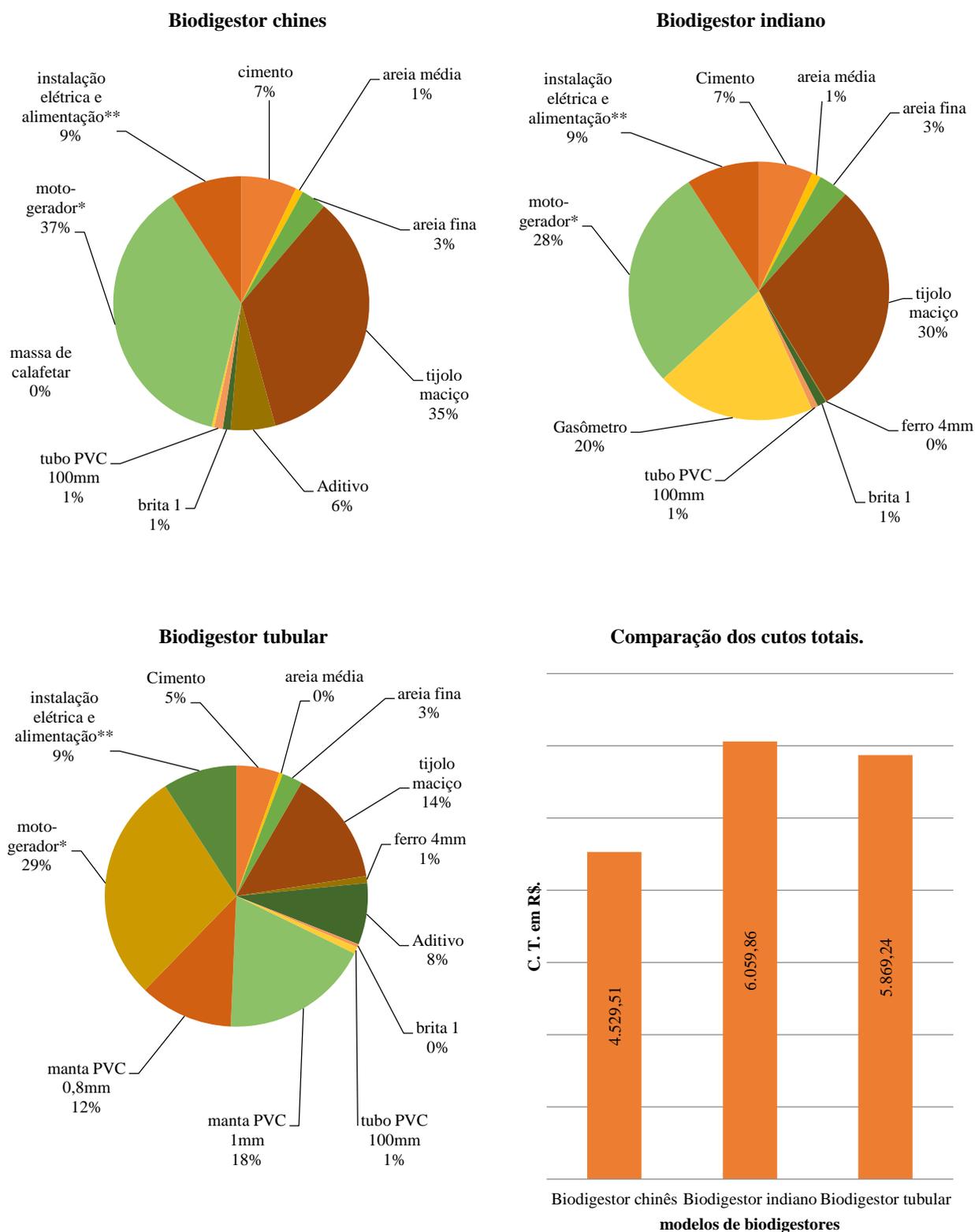
**Tabela 41:** Orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular para o núcleo E.

<b>Biodigestor chinês</b>					
Item	Descrição de materiais	Unid.	Quantidade	Preço em R\$	Valor em R\$
1	cimento	kg	692,63	0,46	318,61
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,50	85,26	43,05
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,34	107,73	144,23
4	tijolo maciço	unid.	2.744	0,57	1.564,19
5	aditivo	lit.	4,00	63,90	255,60
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,59	75,28	44,22
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
8	massa de calafetar	und.	2,00	7,59	15,18
9	moto-gerador*	und.	1	1.683,76	1.683,76
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	411,77	411,77
<b>C. T. =</b>					<b>4.529,51</b>
<b>Biodigestor indiano</b>					
1	cimento	kg	887,29	0,46	408,15
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,80	85,26	68,19
3	areia fina	m <sup>3</sup>	2,09	107,73	224,77
4	tijolo maciço	unid.	3.160	0,57	1.801,76
5	ferro 4mm	m	11,20	0,55	6,16
6	brita 1	m <sup>3</sup>	0,89	75,28	67,25
7	tubo PVC 100mm	m	6,00	8,15	48,90
9	gasômetro	und.	1,00	1.200,00	1.200,00
9	moto-gerador*	und.	1	1.683,76	1.683,76
10	instalação elétrica e alimentação	%	10	550,90	550,90
<b>C. T. =</b>					<b>6.059,86</b>
<b>Biodigestor tubular</b>					
1	cimento	kg	675,84	0,46	310,89
2	areia média	m <sup>3</sup>	0,31	85,26	26,61
3	areia fina	m <sup>3</sup>	1,37	107,73	147,99
4	tijolo maciço	unid.	1.468	0,57	837,01
5	ferro 4mm	m	93	0,55	51,15
6	aditivo	lit.	7	63,90	447,30
7	brita 1	m <sup>3</sup>	0,31	75,28	23,49
8	tubo PVC 100mm	m	6	8,15	48,90
9	manta PVC 1mm	m <sup>2</sup>	27	39,90	1.081,16
10	manta PVC 0,8mm	m <sup>2</sup>	27	25,00	677,42
11	moto-gerador*	und.	1	1.683,76	1.683,76
12	instalação elétrica e alimentação	%	10	533,57	533,57
<b>C. T. =</b>					<b>5.869,24</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

\* moto-gerador - Gerador de Energia Gasolina 7 Hp 3100W Partida Manual Retrátíl GGV 3100 Vonder, <http://www.brasutil.com/produto/Gerador-de-Energia-Gasolina-7-Hp-3100W-Partida-Manual-Retratil-GGV-3100---Vonder/94720/6885310000>, último acesso em dezembro de 2014.

**Gráfico 9:** Participação em porcentagem dos **itens** no orçamento dos projetos de biodigestores dos modelos chinês indiano e tubular e comparação entres os **custos totais (C. T.)**, para o **núcleo E**.



Fonte: adaptada pelo autor.

## APÊNDICE5 – Tabelas e gráficos da análise de viabilidade econômica dos biodigestores

**Tabela 42:** Análise da viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores modelo chinês, indiano e tubular, para o assentamento, com TMA de 7,16% ao ano.

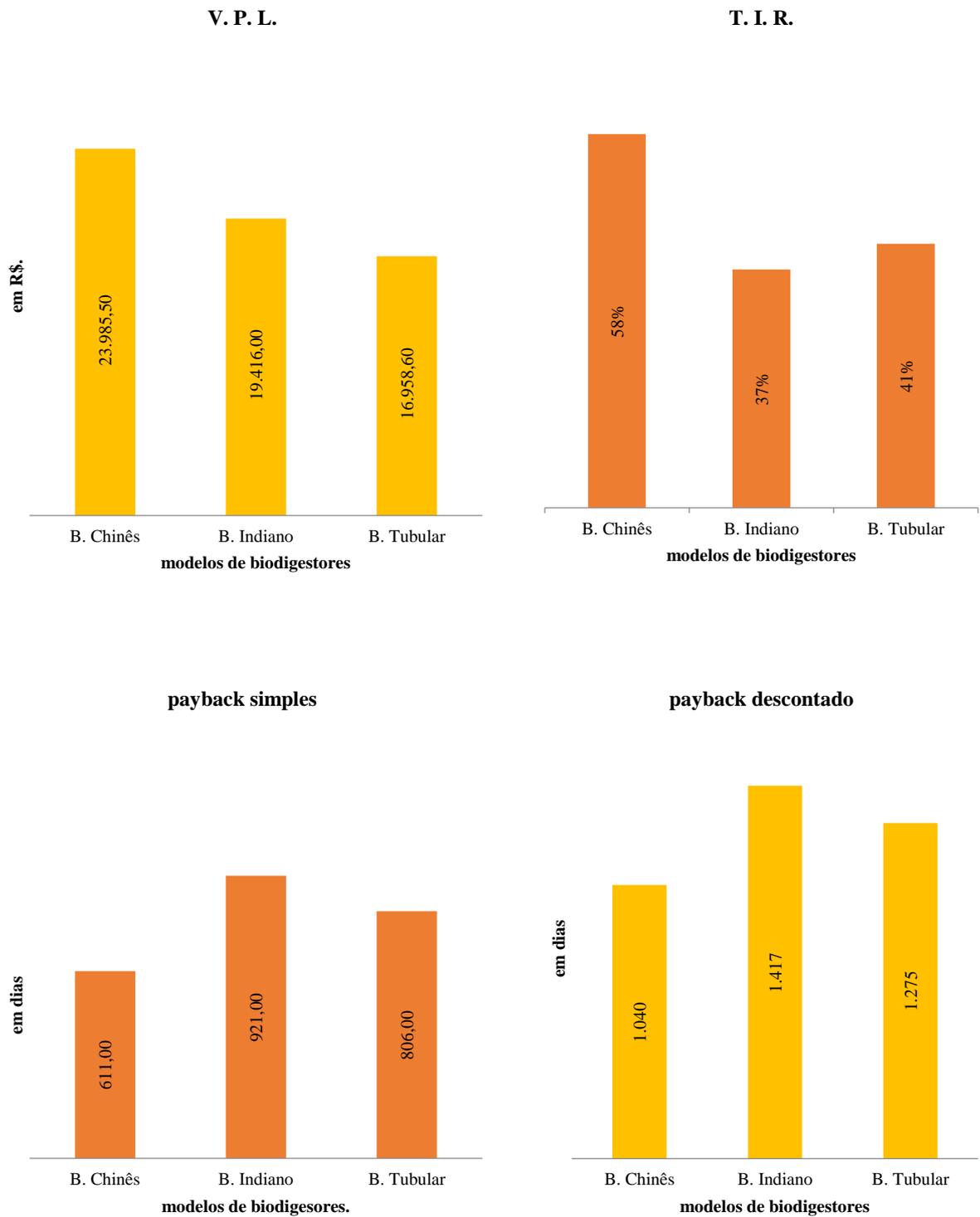
Anos		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FL. CX	B. C	-9.076,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1
FL. CX	B. I	-13.641,6	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1
FL. CX	B. T	-11.912,9	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1	5.387,1
FL. CX. AC	B. C	-9.076,1	-3.689,0	1.698,1	7.085,2	12.472,3	17.859,4	23.246,5	28.633,6	34.020,7	39.407,8	44.794,9
FL. CX. AC	B. I	-13.641,6	-8.254,5	-2.867,4	2.519,7	7.906,8	13.293,9	18.681,0	24.068,1	29.455,2	34.842,3	40.229,4
FL. CX. AC	B. T	-11.912,9	-6.525,7	-1.138,6	4.248,5	9.635,6	15.022,7	20.409,8	25.796,9			
FL. CX DSC	B. C	-9.076,1	5.027,2	4.691,3	4.377,8	4.085,3	3.812,3	3.557,6	3.319,9	3.098,1	2.891,1	2.697,9
FL. CX DSC	B. I	-13.641,6	5.027,2	4.691,3	4.377,8	4.085,3	3.812,3	3.557,6	3.319,9	3.098,1	2.891,1	2.697,9
FL. CX DSC	B. T	-11.912,9	5.027,2	4.691,3	4.377,8	4.085,3	3.812,3	3.557,6	3.319,9			
FL. CX DSC AC	B. C	-9.076,1	-4.049,0	642,3	5.020,1	9.105,4	12.917,8	16.475,4	19.795,3	22.893,4	25.784,5	28.482,4
FL. CX DSC AC	B. I	-13.641,6	-8.614,4	-3.923,2	454,6	4.539,9	8.352,3	11.909,9	15.229,8	18.327,9	21.219,0	23.916,9
FL. CX DSC AC	B. T	-11.912,9	-6.885,7	-2.194,4	2.183,4	6.268,7	10.081,0	13.638,7	16.958,6			
VPL	B. C	28.482,4										
VPL	B. I	23.916,9										
VPL	B. T	16.958,6										
TIR	B. C	59%										
TIR	B. I	37%										
TIR	B. T	41%										
PAYBACK S.	B. C	Ano: 1	Mês: 8	Dia: 6								
PAYBACK S.	B. I	Ano: 2	Mês: 6	Dia: 11								
PAYBACK S.	B. T	Ano: 2	Mês: 2	Dia: 16								
PAYBACK DSC	B. C	Ano: 2	Mês: 10	Dia: 10								
PAYBACK DSC	B. I	Ano: 3	Mês: 10	Dia: 22								
PAYBACK DSC	B. T	Ano: 3	Mês: 6	Dia: 0								

**Legenda:**

- FL. CX – Fluxo de caixa
- FL. CX. AC – Fluxo de caixa Acumulado
- FL. CX DSC – Fluxo de caixa Descontado
- FL. CX DSC AC – Fluxo de caixa Descontado Acumulado
- VPL – Valor Presente Líquido
- TIR – Taxa Interna de Retorno
- PAYBACK S – Payback Simples
- PAYBACK DSC – Payback Descontado

**Fonte:** Elaborada pelo autor

**Gráficos 10:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores modelos chinês, indiano e tubular, para o assentamento, com TMA de 7,16% ao ano.



Fonte: adaptada pelo autor.

**Tabela 43:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e payback, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo A, com TMA de 7,16% ao ano.

	Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FL. CX	B. C	-4.271,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8
FL. CX	B. I	-5.830,0	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8
FL. CX	B. T	-5.220,4	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8
FL. CX. AC	B. C	-4.271,8	-3.223,0	-2.174,1	-1.125,3	-76,5	972,3	2.021,1	3.069,9	4.118,8	5.167,6	6.216,4
FL. CX. AC	B. I	-5.830,0	-4.781,2	-3.732,4	-2.683,6	-1.634,7	-585,9	462,9	1.511,7	2.560,5	3.609,3	4.658,2
FL. CX. AC	B. T	-5.220,4	-4.171,5	-3.122,7	-2.073,9	-1.025,1	23,7	1.072,5	2.121,4	3.069,9	4.118,8	5.167,6
FL. CX DSC	B. C	-4.271,8	978,7	913,3	852,3	795,4	742,2	692,6	646,4	603,2	562,9	525,3
FL. CX DSC	B. I	-5.830,0	978,7	913,3	852,3	795,4	742,2	692,6	646,4	603,2	562,9	525,3
FL. CX DSC	B. T	-5.220,4	978,7	913,3	852,3	795,4	742,2	692,6	646,4	603,2	562,9	525,3
FL. CX DSC AC	B. C	-4.271,8	-3.293,0	-2.379,7	-1.527,4	-732,0	10,2	702,9	1.349,2	1.952,4	2.515,2	3.040,5
FL. CX DSC AC	B. I	-5.830,0	-4.851,3	-3.937,9	-3.085,6	-2.290,2	-1.548,0	-855,4	-209,0	394,1	957,0	1.482,3
FL. CX DSC AC	B. T	-5.220,4	-4.241,6	-3.328,3	-2.476,0	-1.680,6	-938,4	-245,7	400,6	1.349,2	1.952,4	2.515,2
VPL	B. C	3.040,5										
VPL	B. I	1.482,3										
VPL	B. T	400,6										
TIR	B. C	21%										
TIR	B. I	12%										
TIR	B. T	9%										
PAYBACK S.	B. C	Ano: 4	Mês: 0	Dia: 26								
PAYBACK S.	B. I	Ano: 5	Mês: 6	Dia: 21								
PAYBACK S.	B. T	Ano: 4	Mês: 11	Dia: 21								
PAYBACK DSC	B. C	Ano: 4	Mês: 11	Dia: 25								
PAYBACK DSC	B. I	Ano: 7	Mês: 4	Dia: 4								
PAYBACK DSC	B. T	Ano: 6	Mês: 4	Dia: 16								

**Legenda:**

FL. CX – Fluxo de caixa

FL. CX. AC – Fluxo de caixa Acumulado

FL. CX DSC – Fluxo de caixa Descontado

FL. CX DSC AC – Fluxo de caixa Descontado Acumulado

VPL – Valor Presente Líquido

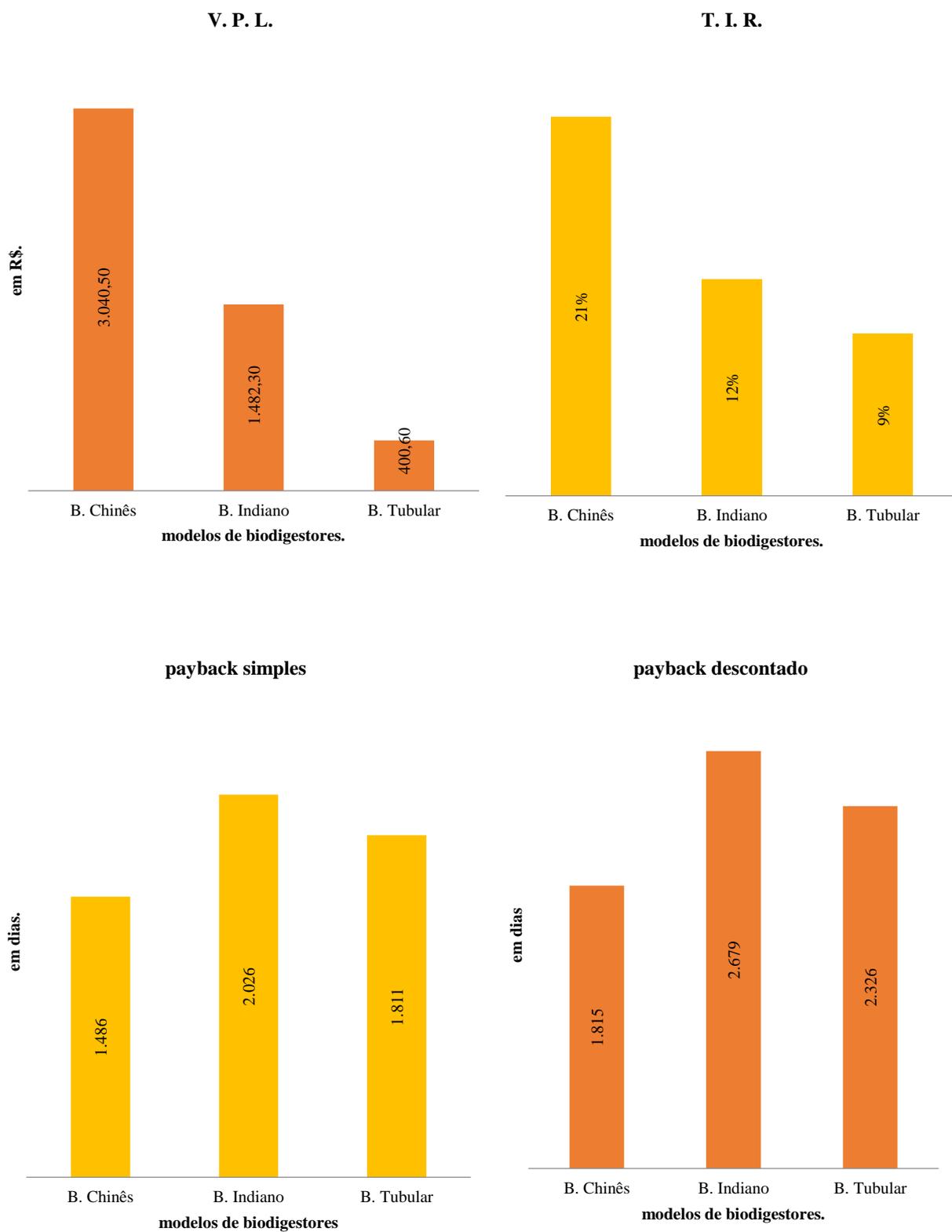
TIR – Taxa Interna de Retorno

PAYBACK S – Payback simples

PAYBACK DSC – Payback Descontado

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Gráficos 11:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e payback, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo A, com TMA de 7,16% ao ano.



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Tabela 44:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo B, com TMA de 7,16% ao ano.

	Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FL. CX	B. C	-3.277,9	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2
FL. CX	B. I	-4.897,1	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2
FL. CX	B. T	-4.529,4	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2	556,2
FL. CX. AC	B. C	-3.277,9	-2.721,7	-2.165,5	-1.609,3	-1.053,1	-496,9	59,3	615,5	1.171,7	1.727,9	2.284,1
FL. CX. AC	B. I	-4.897,1	-4.340,9	-3.784,7	-3.228,5	-2.672,3	-2.116,1	-1.559,9	-1.003,7	-447,5	108,6	664,8
FL. CX. AC	B. T	-4.529,4	-3.973,2	-3.417,0	-2.860,8	-2.304,7	-1.748,5	-1.192,3	-636,1			
FL. CX DSC	B. C	-3.277,9	519,0	484,3	452,0	421,8	393,6	367,3	342,8	319,9	298,5	278,5
FL. CX DSC	B. I	-4.897,1	519,0	484,3	452,0	421,8	393,6	367,3	342,8	319,9	298,5	278,5
FL. CX DSC	B. T	-4.529,4	519,0	484,3	452,0	421,8	393,6	367,3	342,8			
FL. CX DSC AC	B. C	-3.277,9	-2.758,8	-2.274,5	-1.822,5	-1.400,7	-1.007,1	-639,8	-297,0	22,8	321,3	599,9
FL. CX DSC AC	B. I	-4.897,1	-4.378,0	-3.893,7	-3.441,7	-3.019,9	-626,3	-2.259,0	-1.916,2	-1.596,4	-1.297,9	-1.019,3
FL. CX DSC AC	B. T	-4.529,4	-4.010,4	-3.526,0	-3.074,1	-2.652,3	-2.258,7	-1.891,4	-1.548,6			
VPL	B. C	599,9										
VPL	B. I	-1.019,3										
VPL	B. T	-1.548,6										
TIR	B. C	11%										
TIR	B. I	2%										
TIR	B. T	-4%										
PAYBACK S.	B. C	Ano: 5	Mês: 10	Dia: 21								
PAYBACK S.	B. I	Ano: 8	Mês: 9	Dia: 19								
PAYBACK S.	B. T	Ano: >7	Mês:	Dia:								
PAYBACK DSC	B. C	Ano: 7	Mês: 11	Dia: 4								
PAYBACK DSC	B. I	Ano: >10	Mês:	Dia:								
PAYBACK DSC	B. T	Ano: >7	Mês:	Dia:								

**Legenda:**

FL. CX – Fluxo de caixa

FL. CX. AC – Fluxo de caixa Acumulado

FL. CX DSC – Fluxo de caixa Descontado

FL. CX DSC AC – Fluxo de caixa Descontado Acumulado

VPL – Valor Presente Líquido

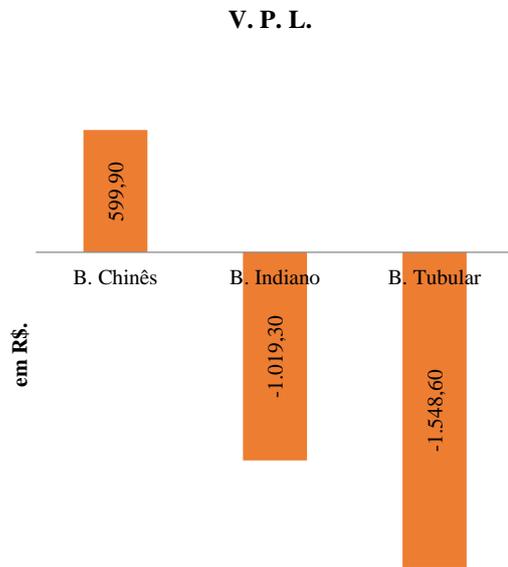
TIR – Taxa Interna de Retorno

PAYBACK S – Payback Simples

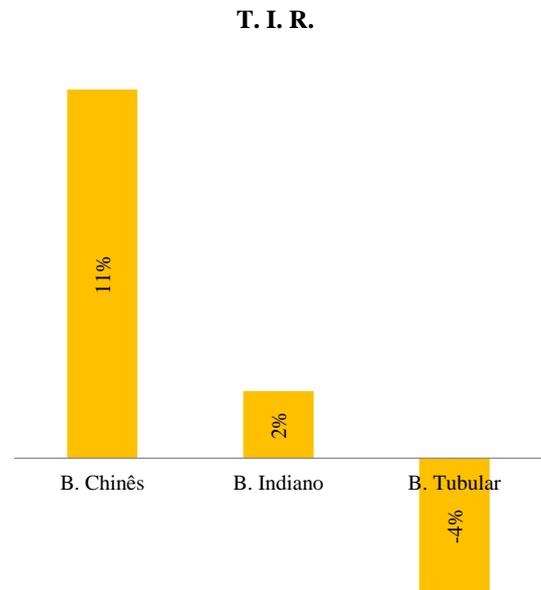
PAYBACK DSC – Payback Descontado

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

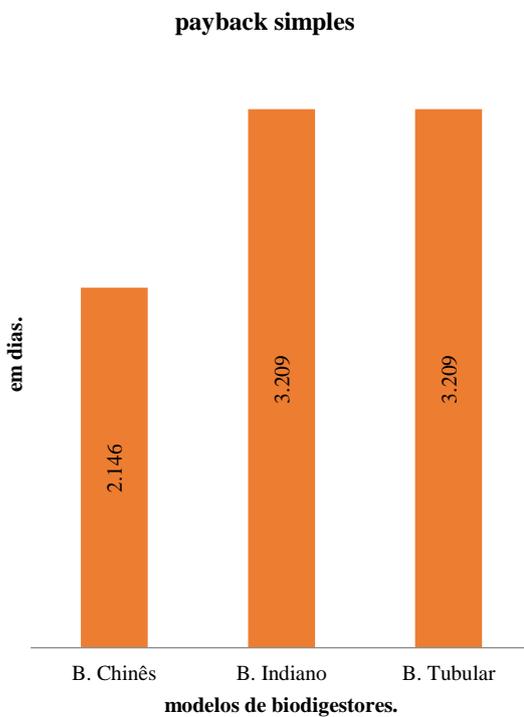
**Gráficos 12:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo B, com TMA de 7,16% ao ano.



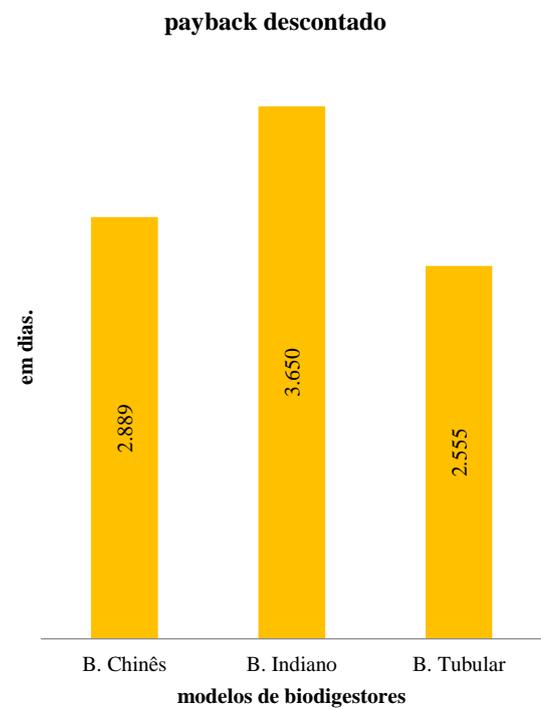
modelos de biodigestores.



modelos de biodigestores.



modelos de biodigestores.



modelos de biodigestores

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 45:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo C, com TMA de 7,16% ao ano.

	Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FL. CX	B. C	-4.673,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8
FL. CX	B. I	-5.764,2	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8
FL. CX	B. T	-5.913,1	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8	1.191,8
FL. CX. AC	B. C	-4.673,8	-3.482,0	-2.290,1	-1.098,3	93,6	1.285,4	2.477,2	3.669,1	4.860,9	6.052,7	7.244,6
FL. CX. AC	B. I	-5.764,2	-4.572,3	-3.380,5	-2.188,6	-996,8	195,0	1.386,9	2.578,7	3.770,5	4.962,4	6.154,2
FL. CX. AC	B. T	-5.913,1	-4.721,3	-3.529,5	-2.337,6	-1.145,8	46,1	1.237,9	2.429,7			
FL. CX DSC	B. C	-4.673,8	1.112,2	1.037,9	968,5	903,8	843,4	787,1	734,5	685,4	639,6	596,9
FL. CX DSC	B. I	-5.764,2	1.112,2	1.037,9	968,5	903,8	843,4	787,1	734,5	685,4	639,6	596,9
FL. CX DSC	B. T	-5.913,1	1.112,2	1.037,9	968,5	903,8	843,4	787,1	734,5			
FL. CX DSC AC	B. C	-4.673,8	-3.561,6	-2.523,7	-1.555,2	-651,3	192,1	979,2	1.713,7	2.399,1	3.038,7	3.635,6
FL. CX DSC AC	B. I	-5.764,2	-4.651,9	-3.614,1	-2.645,5	-1.741,7	-898,2	-111,2	623,3	1.308,7	1.948,4	2.545,3
FL. CX DSC AC	B. T	-5.913,1	-4.800,9	-3.763,0	-2.794,5	-1.890,7	-1.047,2	-260,1	474,4			
VPL	B. C	3.635,6										
VPL	B. I	2.545,3										
VPL	B. T	474,4										
TIR	B. C	22%										
TIR	B. I	16%										
TIR	B. T	9%										
PAYBACK S.	B. C	Ano: 3	Mês: 11	Dia: 1								
PAYBACK S.	B. I	Ano: 4	Mês: 10	Dia: 1								
PAYBACK S.	B. T	Ano: 4	Mês: 11	Dia: 16								
PAYBACK DSC	B. C	Ano: 4	Mês: 9	Dia: 8								
PAYBACK DSC	B. I	Ano: 6	Mês: 1	Dia: 24								
PAYBACK DSC	B. T	Ano: 6	Mês: 4	Dia: 7								

**Legenda:**

FL. CX – Fluxo de caixa

FL. CX. AC – Fluxo de caixa Acumulado

FL. CX DSC – Fluxo de caixa Descontado

FL. CX DSC AC – Fluxo de caixa Descontado Acumulado

VPL – Valor Presente Líquido

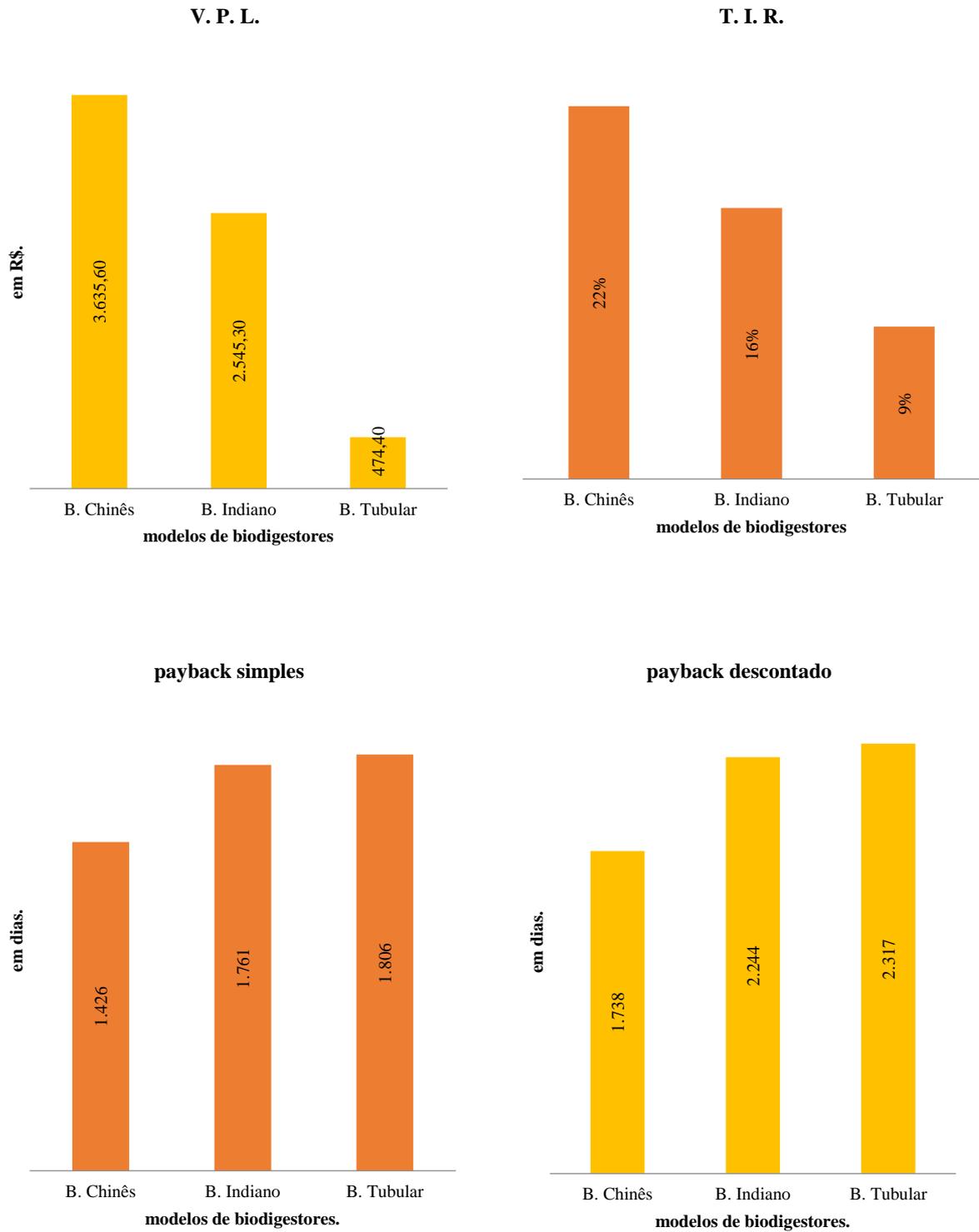
TIR – Taxa Interna de Retorno

PAYBACK S – Payback Simples

PAYBACK DSC – Payback Descontado

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Gráficos 13:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo C, com TMA de 7,16% ao ano.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 46:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo D, com TMA de 7,16% ao ano.

	Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FL. CX	B. C	-5.553,6	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5
FL. CX	B. I	-7.186,2	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5
FL. CX	B. T	-7.199,7	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5	1.676,5
FL. CX. AC	B. C	-5.553,6	-877,1	-2.200,6	-524,1	1.152,4	2.828,9	4.505,5	6.182,0	7.858,5	9.535,0	11.211,5
FL. CX. AC	B. I	-7.186,2	-5.509,7	-3.833,2	-2.156,6	-480,1	1.196,4	2.872,9	4.549,4	6.226,0	7.902,5	9.579,0
FL. CX. AC	B. T	-7.199,7	-5.523,2	-3.846,6	-2.170,1	-493,6	1.182,9	2.859,4	4.536,0			
FL. CX DSC	B. C	-5.553,6	1.564,5	1.460,0	1.362,4	1.271,4	1.186,4	1.107,2	1.033,2	964,2	899,7	839,6
FL. CX DSC	B. I	-7.186,2	1.564,5	1.460,0	1.362,4	1.271,4	1.186,4	1.107,2	1.033,2	964,2	899,7	839,6
FL. CX DSC	B. T	-7.199,7	1.564,5	1.460,0	1.362,4	1.271,4	1.186,4	1.107,2	1.033,2			
FL. CX DSC AC	B. C	-5.553,6	-3.989,1	-2.529,2	-1.166,8	104,6	1.291,1	2.398,2	3.431,4	4.395,6	5.295,3	6.134,9
FL. CX DSC AC	B. I	-7.186,2	-5.621,7	-4.161,7	-2.799,3	-1.527,9	-341,5	765,7	1.798,9	2.763,0	3.662,8	4.502,4
FL. CX DSC AC	B. T	-7.199,7	-5.635,2	-4.175,2	-2.812,8	-1.541,4	-355,0	752,2	1.785,4			
VPL	B. C	6.134,9										
VPL	B. I	4.502,4										
VPL	B. T	1.785,4										
TIR	B. C	28%										
TIR	B. I	19%										
TIR	B. T	14%										
PAYBACK S.	B. C	Ano: 3	Mês: 5	Dia: 13								
PAYBACK S.	B. I	Ano: 4	Mês: 3	Dia: 13								
PAYBACK S.	B. T	Ano: 4	Mês: 3	Dia: 15								
PAYBACK DSC	B. C	Ano: 3	Mês: 11	Dia: 0								
PAYBACK DSC	B. I	Ano: 5	Mês: 3	Dia: 21								
PAYBACK DSC	B. T	Ano: 5	Mês: 3	Dia: 25								

**Legenda:**

FL. CX – Fluxo de caixa

FL. CX. AC – Fluxo de caixa Acumulado

FL. CX DSC – Fluxo de caixa Descontado

FL. CX DSC AC – Fluxo de caixa Descontado Acumulado

VPL – Valor Presente Líquido

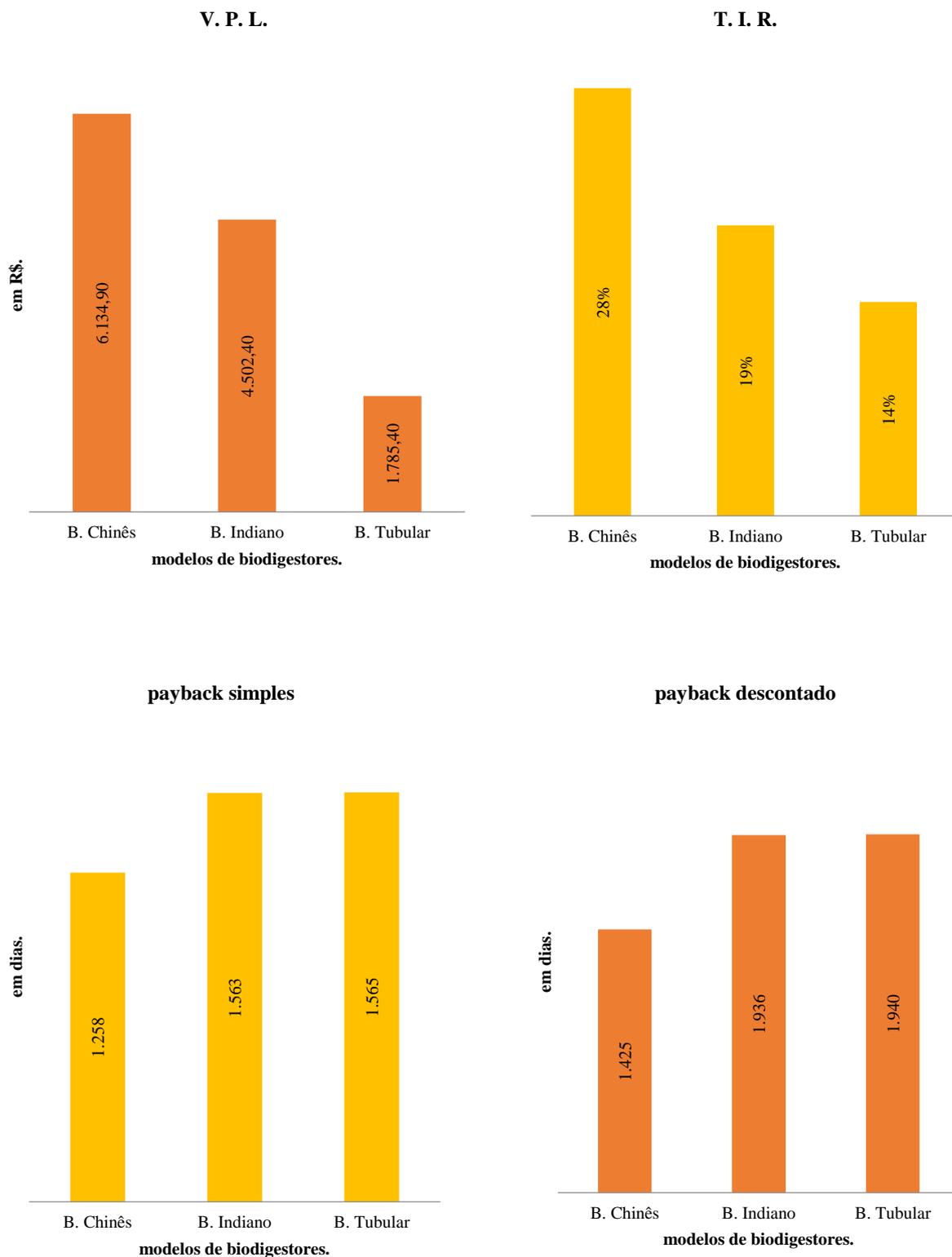
TIR – Taxa Interna de Retorno

PAYBACK S – Payback Simples

PAYBACK DSC – Payback Descontado

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Gráficos 14:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo D, com TMA de 7,16% ao ano.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Tabela 47:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo E, com TMA de 7,16% ao ano.

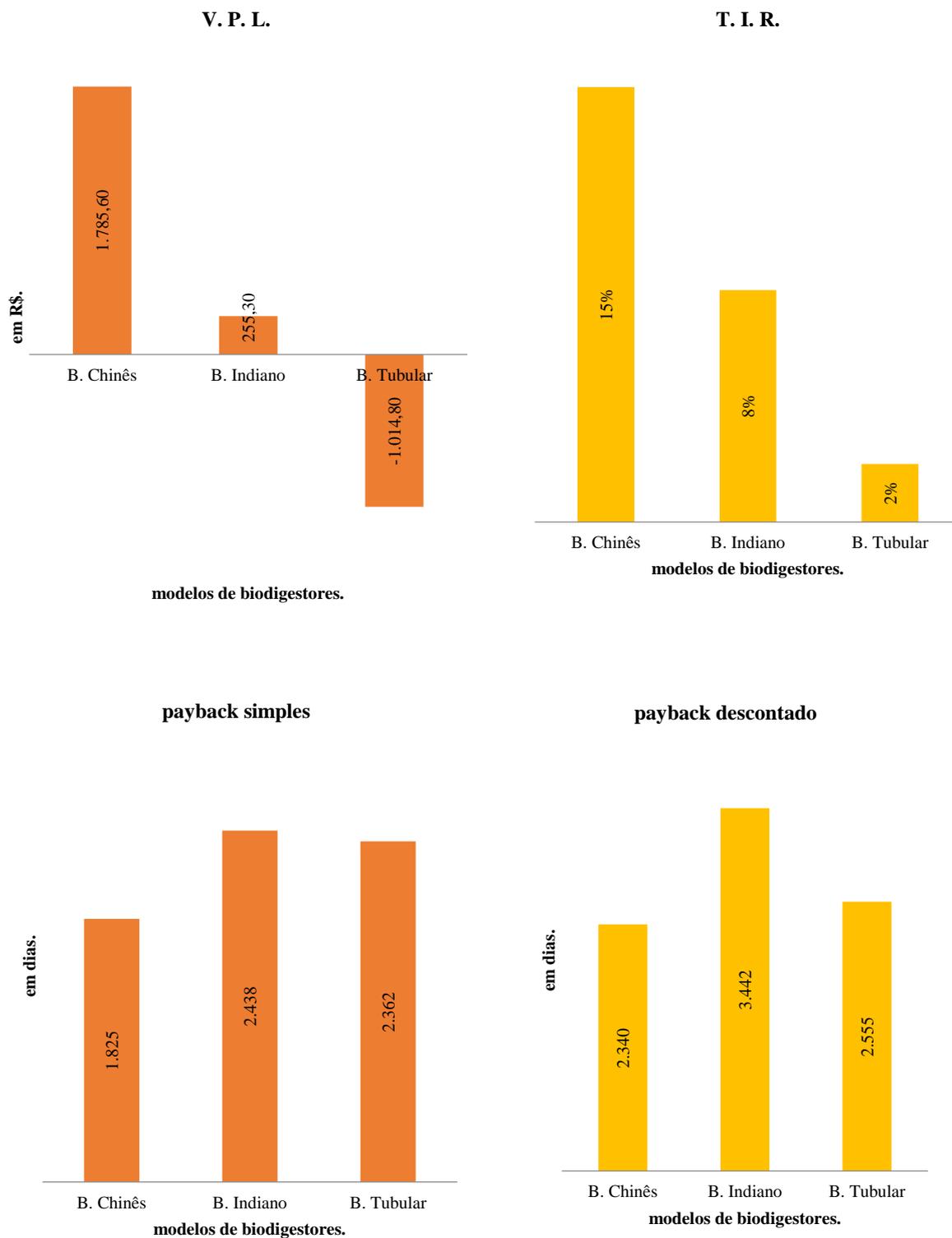
	Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FL. CX	B. C	-4.529,5	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8
FL. CX	B. I	-6.059,9	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8
FL. CX	B. T	-5.869,2	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8
FL. CX. AC	B. C	-4.529,5	-3.623,7	-2.717,9	-1.812,1	-906,3	-0,5	905,3	1.811,1	2.716,9	3.622,7	4.528,5
FL. CX. AC	B. I	-6.059,9	-5.154,1	-4.248,3	-3.342,5	-2.436,7	-1.530,9	-625,1	280,7	1.186,5	2.092,3	2.998,1
FL. CX. AC	B. T	-5.869,2	-4.963,4	-4.057,6	-3.151,9	-2.246,1	-1.340,3	-434,5	471,3			
FL. CX DSC	B. C	-4.529,5	845,3	788,8	736,1	686,9	641,0	598,2	558,2	520,9	486,1	453,6
FL. CX DSC	B. I	-6.059,9	845,3	788,8	736,1	686,9	641,0	598,2	558,2	520,9	486,1	453,6
FL. CX DSC	B. T	-5.869,2	845,3	788,8	736,1	686,9	641,0	598,2	558,2			
FL. CX DSC AC	B. C	-4.529,5	-3.684,2	-2.895,4	-2.159,3	-1.472,4	-831,4	-233,2	325,0	845,9	1.332,0	1.785,6
FL. CX DSC AC	B. I	-6.059,9	-5.214,6	-4.425,8	-3.689,7	-3.002,8	-2.361,8	-1.763,6	-1.205,4	-684,5	-198,3	255,3
FL. CX DSC AC	B. T	-5.869,2	-5.024,0	-4.235,2	-3.499,1	-2.812,2	-2.171,2	-.573,0	-1.014,8			
VPL	B. C	1.785,6										
VPL	B. I	255,3										
VPL	B. T	-1.014,8										
TIR	B. C	15%										
TIR	B. I	8%										
TIR	B. T	2%										
PAYBACK S.	B. C	Ano: 5	Mês: 0	Dia: 0								
PAYBACK S.	B. I	Ano: 6	Mês: 8	Dia: 8								
PAYBACK S.	B. T	Ano: 6	Mês: 5	Dia: 22								
PAYBACK DSC	B. C	Ano: 6	Mês: 5	Dia: 0								
PAYBACK DSC	B. I	Ano: 9	Mês: 5	Dia: 7								
PAYBACK DSC	B. T	Ano: 7	Mês:	Dia:								

**Legenda:**

FL. CX – Fluxo de caixa  
 FL. CX. AC – Fluxo de caixa Acumulado  
 FL. CX DSC – Fluxo de caixa Descontado  
 FL. CX DSC AC – Fluxo de caixa Descontado Acumulado  
 VPL – Valor Presente Líquido  
 TIR – Taxa Interna de Retorno  
 PAYBACK S – Payback Simples  
 PAYBACK DSC – Payback Descontado

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

**Gráficos 15:** Análise de viabilidade econômica VPL, TIR e paybacks, dos projetos de biodigestores dos modelos chinês, indiano e tubular, para o núcleo E, com TMA de 7,16% ao ano.



**Fonte:** Elaborada pelo autor.

## ANEXO 1 – Fluxograma da metodologia de estudo de caso

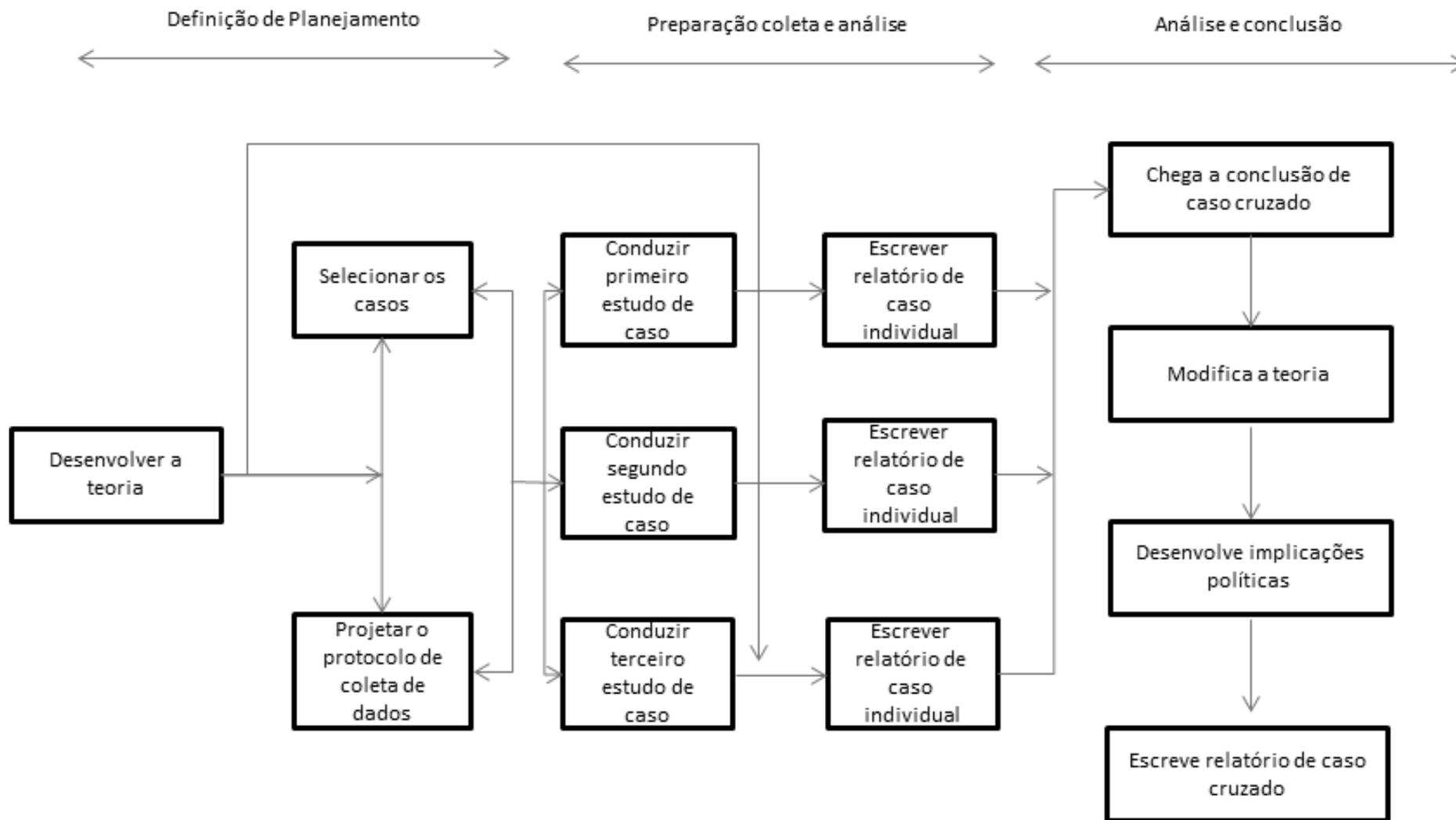


Figura 8: Fluxograma de metodologia de estudo de caso

Fonte: Pozzebon e Freitas (1998) e Martins (2008).

**ANEXO 2 – Imagem do local de estudo P. A. Pequeno Willian**



**Figura 10:** Imagem aérea do local de estudo PA Pequeno Willian

**Fonte:** Google Earth



**Figura 11:** Imagem da Entrada do P.A. Pequeno Willian  
**Fonte:** Google Earth.