

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**ANÁLISE DO USO DE BIOGÁS DA SUINOCULTURA COMO ENERGIA
TÉRMICA E ELÉTRICA EM UMA INDÚSTRIA CERÂMICA**

MARCO AURÉLIO CANDIA BRAGA

CAMPO GRANDE

2015

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**ANÁLISE DO USO DE BIOGÁS DA SUINOCULTURA COMO ENERGIA
TÉRMICA E ELÉTRICA EM UMA INDÚSTRIA CERÂMICA**

MARCO AURÉLIO CÂNDIA BRAGA

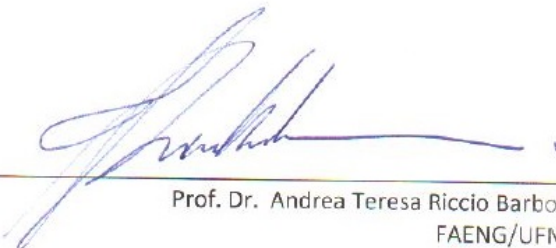
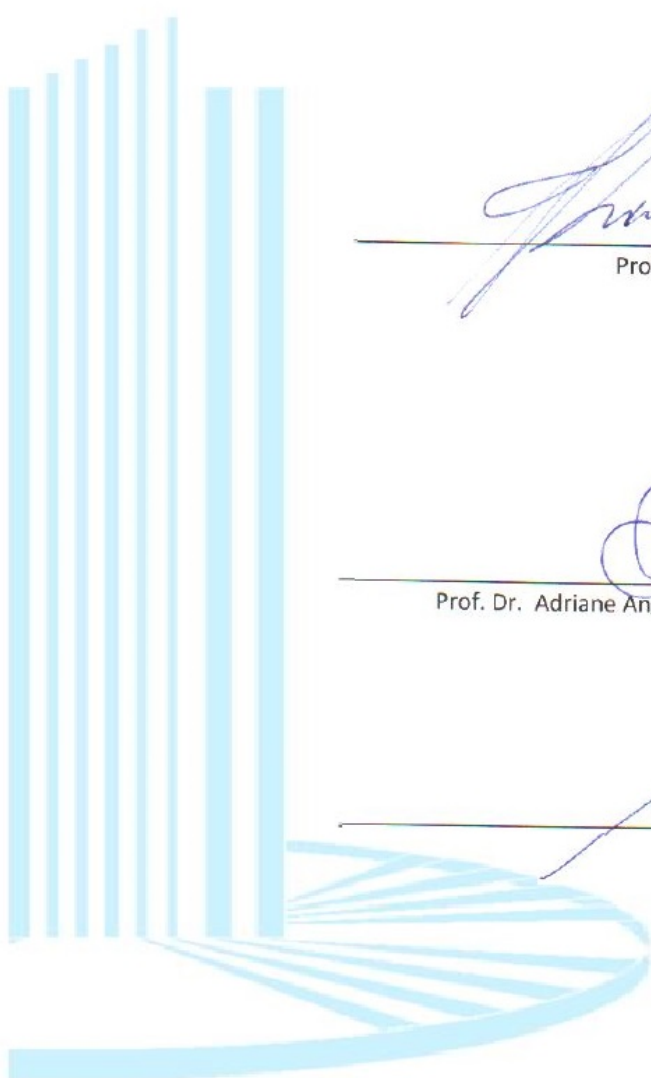
Defesa do Curso do Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Teresa Riccio Barbosa

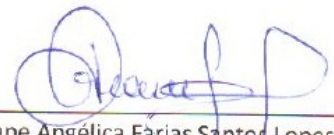
CAMPO GRANDE
SETEMBRO/2015

Fundação Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul
Programa De Pós-Graduação Em Eficiência Energética E Sustentabilidade
Curso de Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade

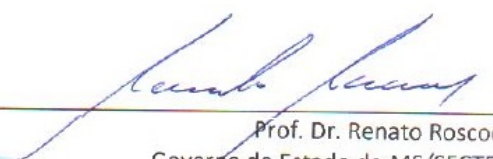
Redação final do Trabalho de Conclusão Final de Curso defendida por Marco Aurélio Candia Braga, aprovada pela comissão Julgadora em 03 de setembro de 2015, na Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.



Prof. Dr. Andrea Teresa Riccio Barbosa
FAENG/UFMS



Prof. Dr. Adriane Angélica Farias Santos Lopes de Queiroz
DEA/UFMS



Prof. Dr. Renato Roscoe
Governo do Estado do MS/SECTEI

DEDICATÓRIA

Aos meus pais (*in memoriam*), que foram os grandes incentivadores e patrocinadores dos meus estudos, aos meus dois irmãos que sempre andaram juntos comigo, aos meus filhos: o futuro e à minha esposa, esteio do meu viver.

AGRADECIMENTOS

Ao APL Terra Cozida do Pantanal por me fornecer informações importantes para a conclusão desta dissertação.

Ao Sr Luiz Carlos Fornari o “Seu Julião”, pelo apoio, disponibilidade e companheirismo nos momentos de dúvidas e seus grandes questionamentos.

A COOASGO Cooperativa Agropecuária de São Gabriel do Oeste por acreditar que pode ser criada uma alternativa viável na destinação dos dejetos em estudo.

A EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pelo apoio nas pesquisas agropecuárias e estudos regionais e o grande incentivo para a participação no Rio+20.

Ao CREA MS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia por me incentivar nos trabalhos e acreditar em novas fontes de energia renováveis.

A FAMASUL e SINDICATO RURAL DE CAMPO GRANDE no incentivo de novas experiências no segmento, e apoio nas viagens e seminários, que foram de grande valor para um entendimento mais sistêmico deste trabalho, compartilhando muitas informações.

A empresa SANSUY por contribuir e aprimorar meus conhecimentos práticos sobre biodigestores.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	IV
AGRADECIMENTOS	V
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS DE SIGLAS	XIV
RESUMO	XVI
ABSTRACT	XVII
1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Justificativa	22
1.2. Objetivo geral	24
1.3. Objetivos específicos	24
1.4. Divisão do trabalho	24
2. A INDÚSTRIA CERAMISTA	26
2.1. Argilas	26
2.1.1. Comportamento de secagem	29
2.1.2. Teoria geral da queima	30
2.2. Matérias primas da indústria cerâmica no Mato Grosso do Sul	32
2.2.1. Cerâmica vermelha	33
2.2.2. Cerâmica branca	35
2.3. Mercado de material cerâmico	36
2.3.1. Panorama internacional	36
2.3.2. Panorama nacional	39
2.3.3. Panorama estadual	41
2.3.4. Produtos substitutos	42
2.4. Custo energético de uma indústria cerâmica	43
2.5. Pesquisa da argila na região de São Gabriel do Oeste	46
2.5.1. Dados sobre a argila	52
3. SUINOCULTURA	54
3.1. Características dos dejetos de suínos	55
3.2. Aproveitamentos dos resíduos com a produção de biofertilizantes e biogás	57
3.3. Geração do biofertilizante nas propriedades rurais	59
4. BIOGÁS	60
4.1. Biomassa	62
4.1.1. Biogás	63

4.2 Tipos de biodigestores	65
4.2.1 Biodigestor tipo Indiano	65
4.2.2 Biodigestor tipo Chinês	66
4.2.3 Biodigestor tipo batelada	66
4.2.4 Biodigestor tipo lagoa coberta	67
4.3 Processo de geração do biogás e biofertilizante	69
4.4 Características do biogás como fonte energética	71
4.5 Biogás – gás impuro	72
4.6 Usos do biogás	73
4.7 Alternativa de geração de energia elétrica a partir do biogás	74
4.8 Energia elétrica	74
4.9 Energia térmica	75
4.9.1 Combustão completa	76
4.9.2 Combustão incompleta	76
4.10 Comparativo das características dos três gases mais usados no Brasil	77
4.10.1 Gás liquefeito de petróleo	77
4.10.2 Gás natural	78
4.10.3 Biogás	79
4.10.4 Diferenças de composição, poder calorífico	82
4.11 Biogás como fonte de energia renovável	85
5 METODOLOGIA	88
5.1 Estudo de Caso	88
5.2 Instalação de biodigestores e parcerias.	91
5.2.1 MDL e contratos em vigor	92
5.3 Otimização da captação do biogás e localização das granjas	92
5.4 Transporte do biometano	93
5.5 Tecnologias disponíveis no mercado	95
5.6 Experimento na Granja Bedim	95
5.7 Produção energética atual e futura	97
5.8 Análise de viabilidade técnica e econômica	100
5.8.1 ROTA I - Instalação de uma unidade de tratamento e compressão na COOASGO e biogasoduto virtual para uso do biometano no APL Terra Cozida do Pantanal	104
5.8.2 ROTA II - Instalação de uma Indústria Cerâmica no assentamento	108
5.8.3 ROTA III – Biogasoduto– São Gabriel do Oeste x Rio Verde (MT)	113
5.8.4 ROTA IV – Biogasoduto Virtual – São Gabriel do Oeste x Rio Verde (MT)	119
6 DISCUSSÕES	124
6.1 Região da implantação dos biodigestores	124
6.2 Consumo de energia no Brasil	127

6.3 Aproveitamento de uma energia desperdiçada _____	128
6.4 Viabilidade econômica _____	130
6.5 Dificuldades para se desenvolver o trabalho _____	132
6.6 Trabalhos futuros _____	134
7 CONCLUSÕES _____	135
REFERÊNCIAS bibliográficas _____	136

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do Mato Grosso do Sul. _____	18
Figura 2 - Localização das cidades de São Gabriel do Oeste (A) e Rio Verde do MT (B). Fonte: Google, 2015 _____	19
Figura 3 - Biodigestor em uma suinocultura em São Gabriel do Oeste. _____	20
Figura 4 - <i>Flare</i> localizado em São Gabriel do Oeste. _____	21
Figura 5 - Cerâmica NHF em Rio Verde de MT (MS). _____	21
Figura 6 - Jazida de argila em Rio Verde de MT (MS). Fonte: FUNDECT, RAHE, 2009. ____	27
Figura 7 - Jazida de argila em Rio Verde de MT (MS). Fonte: FUNDECT, RAHE, 2009. ____	28
Figura 8 - Principais Produtores de Cerâmica de Revestimento - 2009. Fonte: (GIACOMINI, 2010). _____	37
Figura 9 - Principais Países Exportadores - 2009. _____	38
Figura 10 - Venda Brasileira de Revestimentos Cerâmicos, valores em milhões por m ² . ____	40
Figura 11 - Produção brasileira de revestimentos cerâmicos, valores em milhões por m ² . ____	41
Figura 12 - Comparação entre os revestimentos cerâmicos e seus substitutos. _____	43
Figura 13 - Fluxograma do processo industrial da cerâmica vermelha tradicional e seu consumo energético. _____	44
Figura 14 - Média percentual dos custos na indústria cerâmica. _____	45
Figura 15- Fluxograma do processo industrial da cerâmica branca e seu consumo energético. _____	46
Figura 16 - Organograma mostrando as etapas da metodologia da pesquisa. Fonte: SENAI-MS, 2014. _____	48
Figura 17 - Mapa com a área demarcada para pesquisa. Fonte SENAI-MS, 2014. _____	49
Figura 18 - Prospecção superficial na região da Fazenda Taboca (Giroto). _____	50
Figura 19 - Pontos de coletas profundas com retroescavadeiras. _____	51
Figura 20 - Imagem ilustrativa da tendência à formação de coração negro das amostras. ____	52
Figura 21 - Efeitos da temperatura de queima sobre a absorção de água das amostras de argila. _____	52
Figura 22 - Volumes de dejetos produzidos por suínos. Fonte: Oliveira, (1993). _____	56
Figura 23 - Principais problemas a serem resolvidos no manejo dos dejetos de suínos. [Oliveira, 1993]. _____	56
Figura 24 - Biodigestor Tipo Lagoa Coberta. _____	58
Figura 25 - Produção intensiva de gado de corte em piquetes de pastagem (Panicum/SP) fertilirrigada com efluente de biodigestores de suínos. _____	59
Figura 26 - Diagrama esquemático de funcionamento de uma granja tradicional, com biodigestores para a produção de biofertilizantes e o biogás para a geração de energia elétrica. _____	61
Figura 27 - Composição do biogás por fermentação [BLEY, 2010]. _____	62
Figura 28 - Biodigestor Modelo Indiano [FRANÇA Jr, 2008]. _____	65
Figura 29 - Biodigestor Modelo Chinês [FRANÇA Jr, 2008]. _____	66
Figura 30 - Biodigestor tipo Batelada [OLIVEIRA, 2009]. _____	67

Figura 31 - Biodigestor Tipo Lagoa Coberta juntamente com lagoa de estabilização [CAZARRÉ, 2008].	68
Figura 32 - Biodigestor modelo da Marinha Brasileira, ou Lagoa Coberta que está aberto em manutenção.	68
Figura 33 - Lagoa de decantação.	69
Figura 34 - Biodigestor com membrana.	70
Figura 35 - Fases da produção de biogás. Fonte: BLEY (2008).	71
Figura 36 - Modelo Comercial mais difundido do GLP Fonte: BRAGA, 2014.	78
Figura 37 - Caminhão com cilindros de Gás Natural - GNC Foto: Braga, 2014.	79
Figura 38 - Biodigestor de resíduos bovinos.	80
Figura 39 - Tabela de Purificação do Gás ANP.	83
Figura 40 - Poder Calorífico dos gases.	84
Figura 41 - Peso Específico.	84
Figura 42 - Fluxograma de uma propriedade com biodigestores, utilização do biogás como energia térmica, elétrica e créditos de carbono	87
Figura 43 - Localização da cidade de São Gabriel do Oeste (MS).	89
Figura 44 - Mapa Geológico do estado do Mato Grosso do Sul onde se encontra o município de São Gabriel do Oeste – MS.	90
Figura 45 - Biodigestor e <i>flare</i> da UPL COOASGO.	91
Figura 46 - Motor a biogás da UPL COOASGO.	92
Figura 47 - Mapa de atuação da COOASGO, com identificação das pocilgas.	93
Figura 48 - Escavação de Sulcos.	94
Figura 49- Instalação dos dutos	94
Figura 50 - Unidade de processamento de Biogás - UPB	96
Figura 51 - <i>Flare</i> para queima de biogás	99
Figura 52 - Estação homologada de medição de gás.	99
Figura 53- Decomposição do preço do Gás Natural – Consumidor Industrial.	103
Figura 54- Decomposição do preço do Gás Natural.	104
Figura 55- Imagem aérea <i>Google Eath</i> em 19/08/2015.	105
Figura 56 - Esquema demonstrativo da ROTA I.	105
Figura 57- Diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto - ROTA I.	107
Figura 58 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA I.	107
Figura 59- Gráfico do fluxo de caixa da ROTA I.	108
Figura 60- Imagem <i>Google Eath</i> em 19/08/2015 – Assentamento	109
Figura 61 - Esquema do biogasoduto na ROTA II.	109
Figura 62- Diagrama do fluxo de caixa da receita - ROTA II.	111
Figura 63 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA II.	111
Figura 64 - Gráfico do fluxo de caixa da ROTA II.	112
Figura 65- Esquema do biogasoduto na ROTA III.	113
Figura 66 - Diagrama do fluxo de caixa da receita - ROTA III A.	115
Figura 67 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA III A.	116
Figura 68- Gráfico do Fluxo de caixa da ROTA III A.	116
Figura 69- Diagrama do fluxo de caixa da receita - ROTA III B	117
Figura 70 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA III B	117
Figura 71 - Gráfico do Fluxo de caixa ROTA III B	118

Figura 72 - Gráfico do Fluxo comparativo entre a ROTA III A e B	118
Figura 73 - Uma carreta de GNC e container para rebaixamento de pressão.	119
Figura 74 - Esquema da ROTA IV.	119
Figura 75- Diagrama do Fluxo de caixa para receita - ROTA IV A.	120
Figura 76 - Diagrama do Fluxo de caixa para o produtor - ROTA IV A.	121
Figura 77 - Gráfico do fluxo de caixa da ROTA IV A, do biogasoduto e do produtor rural.	121
Figura 78 - Fluxo de caixa do biogasoduto ROTA IV B	122
Figura 79 - Gráfico do fluxo de caixa da ROTA IV B, do biogasoduto e do produtor rural.	123
Figura 80 – Gráfico do fluxo comparativo entre a ROTA IV A e ROTA IV B	123
Figura 81 - Mapa Mato Grosso do Sul (MS Industrial – Revista Radar Industrial - FIEMS).	126
Figura 82 - Taxa de mortalidade de crianças menores de 5 anos. Mortes por 1.000 nascidos vivos – 2010. Fonte DATASUS – Sistema de Informações Sobre Mortalidade - SIM	127
Figura 83 - Consumo final de energia por fonte Eletrobrás (2011).	128
Figura 84- Indústrias cerâmicas da cidade de Rio Verde do MT.	129
Figura 85 - Planta biogasoduto em São Gabriel do Oeste.	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Os dez principais mercados de exportação do produto brasileiro de 2007 a 2009, valores em milhões por m ² . Fonte: (GIACOMINI, 2010).	39
Tabela 2 - Equivalência de 1 m ³ de biogás com outros energéticos. Fonte: Percora (2006).	72
Tabela 3 - Consumo de biogás de acordo com sua utilização. Fonte: NISHIMURA (2009).	73
Tabela 4 - Especificação proposta para o Biometano Fonte ANP 16,2008.	81
Tabela 5 - Composição química do biogás, de acordo com o tipo de substrato.	82
Tabela 6 - Resultado do relatório de ensaio emitido pelo Centro de Tecnologia do Gás e Energia Renováveis CTGÁS – ER, onde o gás purificado na pesquisa se equivale ao GN. Adaptado pelo autor.	97
Tabela 7 - Cálculo de conversão de dejetos em biogás produzido por dia.	98
Tabela 8 - Produção das rotas	100
Tabela 9 - Custo por porcentagem de Kcal.	103
Tabela 10 - Diâmetro dos biogasodutos em relação a distâncias – ROTA I.	106
Tabela 11 - Implantação do biogasoduto na ROTA I.	106
Tabela 12 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA I.	107
Tabela 13 - Diâmetro do biogasoduto em relação a distância - ROTA II.	110
Tabela 14 - Implantação do biogasoduto na ROTA II.	110
Tabela 15 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA II.	111
Tabela 16 - Custo da Indústria cerâmica ROTA II.	112
Tabela 17 - Distâncias da ROTA III.	114
Tabela 18 - Implantação do biogasoduto na ROTA III.	114
Tabela 19 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA III A.	115
Tabela 20 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA III B.	117
Tabela 21 - Investimento total do biogasoduto na ROTA IV.	120
Tabela 22 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA IV A.	120
Tabela 23 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA IV B.	122
Tabela 24 - Comparativo das 4 ROTAS	131

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Combustão completa	76
Equação 2 - Combustão incompleta	77
Equação 3 - Valor presente líquido (VPL)	101
Equação 4 - Taxa interna de retorno (TIR)	101
Equação 5 - <i>playback</i> descontado	102

LISTA DE ABREVIATURAS DE SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
ANFACER	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento
APL	Arranjo Produtivo Local
APP	Área de Preservação Permanente
ASPACER	Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento
CNIR	Cadastro Nacional de Imóveis Rurais
CO ₂	Dióxido de Carbono
COOASGO	Cooperativa Agrícola de São Gabriel Do Oeste
CTM	Cadastro Técnico Multifinalitário
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária
FAMASUL	Federação de Agricultura do Estado do Mato Grosso do Sul
FIEMS	Federação das Indústrias do Estado do Mato Grosso do Sul
FPTI	Fundação Parque Tecnológico Itaipu
GD	Geração Distribuída de Energia
GEE	Gases do Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GN	Gás Natural
GWP	<i>Global Warming Potencial</i>
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Chang</i>
ITAIPU	Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geociências
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
RCE	Reduções Certificadas de Emissões
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMA	Secretária Estadual do Meio Ambiente/PR
SIG	Sistema de Informações Geográficas

ST	Sólidos Totais
SV	Sólidos Voláteis
UPL	Unidade Produtora de Leitões
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UTM	<i>Universal Transversor de Mercator</i>
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico

RESUMO

A maior parte da energia elétrica consumida no Brasil tem procedência de empreendimentos hidrelétricos, que respondem a 70% de toda a capacidade instalada no País (ANEEL, 2013). Desta forma, outras fontes de energia são importantes e, neste estudo, destaca-se a dos biodigestores provenientes da suinocultura que, por sua via, diferencia da hídrica, por ser produzida e consumida na mesma localidade, o que representa redução de preço e perdas no sistema. Com essa proposta do uso de outras fontes de energia, o objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura em São Gabriel do Oeste como uma das fontes energéticas na produção de cerâmica no APL Terra Cozida do Pantanal, na Região Norte do Estado do Mato Grosso do Sul. Desta forma, para avaliar tecnicamente foram estudadas quatro rotas diferentes de condução de biometano até o centro consumidor. Dentre estas, a Rota I com 10.000 m³/dia, foi a mais viável economicamente com VPL de R\$ 1.234314,80, TIR de 14% e *payback* de 8 anos. Recomenda-se também a implementação de um biogasoduto virtual, e em sequência a sua substituição por dutos para aproveitamento de todo o biogás (80.000 m³/dia) que está sendo queimado em *flare*. Verificou-se, portanto, que há viabilidade tanto técnica quanto econômica em se usar o biometano na indústria de cerâmica branca e na substituição da lenha ou cavaco na indústria de cerâmica vermelha. Essa substituição de matriz energética trará uma mudança considerável ao setor ceramista, criando um aumento significativo no mercado de trabalho, na pesquisa e inovação e, caberá aos produtores rurais a sua reestruturação tecnológica, operacional e gerencial para dar suporte a essa evolução.

ABSTRACT

Most of the electricity consumed in Brazil has merits of hydroelectric projects that respond to 70% of all installed capacity in the country (ANEEL, 2013). Thus, other energy sources are important and, in this study, there is that of biodigesters from swine which in its way, apart from water, to be produced and consumed in the same location, which is price reduction and loss in the system. With this proposal the use of other energy sources, the aim of this study was to evaluate the technical and economic feasibility of using from the swine biogas in Sao Gabriel do Oeste as one of the energy sources in pottery production in APL Terra Cozida do Pantanal, in the north of Mato Grosso do Sul region. Thus, to evaluate technically were studied four different routes biomethane driving to the consumer center. Among these, the route I with 10,000 m³/ day, economically was the most feasible with NPV of R \$ 1.234314,80, IRR of 14% and payback of 8 years. It is also recommended the implementation of a virtual biogasoduto, and in sequence to be replaced by pipelines for use of all biogas (80,000 m³ / day) that is being flared. It was found, therefore, that there are technical and economic viability both in using biomethane in white ceramic industry and the replacement of firewood or chips in the clay industry. This replacement energy sources will bring a considerable change to the industry potter, creating a significant increase in employment, research and innovation and it is up to farmers to their technological restructuring, operational and management to support this evolution.

1. INTRODUÇÃO

A região Norte do estado de Mato Grosso do Sul sempre foi conhecida por ser uma rota de passagem e de ligação com o norte do país. Quando do descobrimento do Brasil, pela região passavam os bandeirantes e comitivas, sempre tendo o objetivo de alcançar o filão de ouro que era na região de Cuiabá [REVISTA ELETRÔNICA DOCUMENTO MONUMENTO, 2009].

Além desta rota de passagem, o estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1) é conhecido por possuir uma região alagadiça, com um biossistema muito rico, denominado Pantanal, que é a maior planície alagável do mundo, e o elo entre as duas maiores bacias da América do Sul: a do Prata e a Amazônica. O que lhe confere a função de corredor biogeográfico, ou seja, permite a dispersão e troca de espécies de fauna e flora entre essas bacias.



Figura 1 - Mapa do Mato Grosso do Sul.

A região Norte do estado sobrevive, portanto, pela forte vocação agropecuária, e as indústrias em seu entorno, pois a industrialização é incipiente.

Observa-se ainda que o Estado possui na região um pólo muito forte e organizado, produtor de carne suína e grãos que está regido pelas fortes oscilações de mercado, na cidade de São Gabriel do Oeste MS. Devido a sua grande organização, a maior quantidade de sua produção vai para o mercado externo, tendo de atender assim as mais rigorosas normas

internacionais de produção sustentável, pois se vende *commodities*. Próximo, encontra-se a cidade de Rio Verde de MT (MS), onde tem se outro pólo com características distintas, produtor de cerâmica vermelha, grande consumidor de energia térmica e elétrica e está em forte expansão, devido ao atual movimento de crescimento do país na construção civil. (Figura 2).

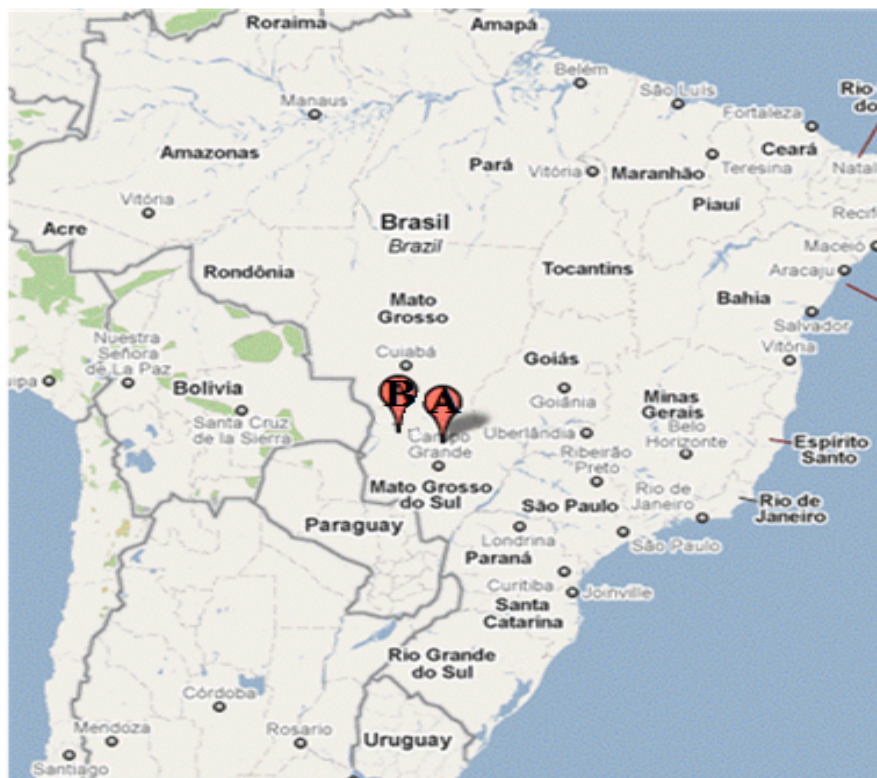


Figura 2 - Localização das cidades de São Gabriel do Oeste (A) e Rio Verde do MT (B). Fonte: Google, 2015

Na necessidade de se atender a esses problemas ambientais, a legislação e as mais modernas regras da sustentabilidade, na cidade de São Gabriel do Oeste MS e região, os produtores de suínos que fornecem para um frigorífico foram obrigados a se adequar às práticas mundiais de produção, garantindo desde modo, o fornecimento ao mercado externo [ANGONESE *et al.* 2006].

Em consequência, foram implantados vários biodigestores na região em parcerias com empresas multinacionais que ficavam com o crédito de carbono e repassavam 10% dos contratos para a COOASGO – Cooperativa Agrícola de São Gabriel do Oeste, a cooperativa da região.

Para Andrade *et al.* (2002), os biodigestores (Figura 3) são importantes para o saneamento da propriedade, pois o processo de digestão anaeróbia promove a redução da carga

orgânica convertendo o carbono presente na matéria orgânica em metano (combustível), reduzindo os sólidos e também os microrganismos patogênicos presentes nos efluentes. Além de promoverem a reciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes, possibilitam a higienização das instalações para criação de animais bem como o tratamento de seus dejetos.



Figura 3 - Biodigestor em uma suinocultura em São Gabriel do Oeste.

Atualmente todo esse gás produzido está sendo queimado em *Flare*¹ (Figura 4), de modo que o metano produzido nos biodigestores seja transformado em CO₂, não poluindo o meio ambiente e remunerando os investimentos feitos nos biodigestores e pocilgas. Nota-se, entretanto que, quando se iniciaram os projetos na região, a tonelada de CO₂ era vendida em 2005, por US\$ 37,00, atualmente é pago para os criadores de suínos US\$ 5,50, o que vem dificultando a manutenção dos investimentos em todo o Brasil.

¹*FLARE* torre com queimador que eleva a temperatura realizando a queima do metano a mais de 500°C, por exigência da ONU (Organização das Nações Unidas) para MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo).



Figura 4 - *Flare* localizado em São Gabriel do Oeste.

Observa-se ainda que na região de Rio Verde de MT (MS), distante 60 km de São Gabriel do Oeste, o pólo produtor de cerâmica vermelha também enfrenta problemas de meio-ambiente. Isto ocorre porque se desenvolveu utilizando lenha do Pantanal, além disso houve uma modernização no processo produtivo incentivando a criação de um Arranjo Produtivo Local (APL).

No processo de produção de peças cerâmicas, a secagem refere-se à eliminação da água das peças provenientes do processo de prensagem. A secagem do material cerâmico se efetua mediante a circulação de ar quente dentro do secador (Figura 5), que encontra a peça úmida e arrasta a umidade (SANTOS, 1989), etapa de alto consumo energético na forma térmica. Para minimizar o problema ambiental atualmente nas maiores cerâmicas do estado utiliza-se madeira de reflorestamento em forma de cavaco, vindo da região de Ribas do Rio Pardo que fica a mais de 350 km de distância.



Figura 5 - Cerâmica NHF em Rio Verde de MT (MS).

Salienta-se que através de análises de mapas, cartas cartográficas, estudos e pesquisas com peões da região, boiadeiros, garimpeiros, entre outros, verificou-se a presença no município de São Gabriel do Oeste, de argilas em abundância e qualidade para erigir naquela localidade outro pólo produtor de cerâmica no estado. Além disso, neste local, devido à qualidade desta matéria-prima, há a possibilidade de se produzir a denominada cerâmica branca que apresenta, no mercado brasileiro, um valor agregado maior.

Pretende-se através desta pesquisa fazer uma análise do uso da energia proveniente dos subprodutos do setor suíno neste possível novo polo produtor de cerâmica. Aproveitando desta forma, a vocação da região para a produção de energia renovável.

A energia térmica que é desperdiçada hoje poderá vir a adicionar aos produtores de suínos, uma nova renda que transformará a sua propriedade em níveis tecnológicos e financeiros, e também possibilitará que sua família se fixe no campo e fará o retorno daqueles que saíram para outras regiões à procura de melhor qualidade de vida.

Para o setor cerâmico, será a possibilidade de ter uma energia renovável, de modo a produzir na região um produto com qualidade internacional e condições únicas de sustentabilidade. Aproveitando, portanto, um resíduo e transformando uma simples argila em produtos que possam ser utilizados em qualquer lugar do mundo.

A região poderá, portanto, se tornar um forte polo gerador de energia elétrica e térmica a partir dos dejetos da suinocultura, através dos biodigestores, ao lado de uma alta fonte consumidora de energia térmica, que é a indústria cerâmica. Desta forma deve-se incentivar para que sejam intensificados estudos para que se elabore uma legislação estadual e se crie ali um novo modelo econômico de desenvolvimento, nesta época de crise de energia elétrica e hídrica.

1.1. Justificativa

O Brasil atualmente passa por uma fase deficitária de produção de energia elétrica proveniente da sua maior matriz atual, a hídrica. Desta forma, outras fontes de energia são importantes e, neste estudo, destaca-se a dos biodigestores provenientes da suinocultura.

Como já mencionado esta fonte de energia na região de São Gabriel do Oeste, é utilizada por ser, uma energia limpa, resultante de dejetos que, caso contrário, poderiam ser enviados para o lençol freático e seus gases para o meio ambiente. Isto ocorre porque atualmente os produtores de suínos possuem os biodigestores que conseguem transformar esses dejetos em gás metano e biofertilizante.

É importante salientar também que a energia obtida através deste processo se diferencia da hídrica, pois esta depende de algumas variáveis incontrolláveis, tais como a sazonalidade de chuvas. Além disso, tem-se a vantagem de poder ser produzida e consumida na mesma localidade, o que pode representar redução de preço e perdas no sistema [COLDEBELLA, 2006].

Observa-se ainda que a indústria de cerâmica branca só consegue se instalar em região que tem fonte térmica e elétrica em abundância e com qualidade de fornecimento (probabilidade de atingir elevadas temperaturas). Devido ao seu processo de queima ser diferente da cerâmica vermelha, não é possível usar lenha, cavaco ou outro material em seu processo de queima dos produtos esmaltados, pois com estas fontes não se atinge as temperaturas e pureza desejados. Além disso, o consumo de uma energia local, provenientes dos dejetos dos suínos pode se caracterizar em uma forte fonte de renda para os produtores, promovendo, deste modo, um retorno financeiro que possibilitará sustentabilidade no processo, promovendo desenvolvimento técnico e econômico na região.

Ao consumir energia local, o produtor da cerâmica branca conseguirá desenvolver na região um produto de maior valor agregado, pois consegue uma energia confiável que hoje está sendo desperdiçada.

Outro fator relevante a ser considerado é que com a venda de gás para as cerâmicas, o suinocultor terá que aperfeiçoar seu sistema de manejo, passando a ser não somente um produtor de suínos, mais um produtor de energia independente.

Haverá em consequência o desenvolvimento em tecnologia e inovação na região, tanto em relação ao setor de cerâmica e energia como no setor de produção de suínos e biofertilizantes.

Salienta-se ainda que para possibilitar a implantação de um Pólo Cerâmico em uma região é de vital importância que esteja disponível uma energia constante e de baixo custo, além de mão de obra especializada. Desta forma, destaca-se a necessidade de profissionais, com maior conhecimento e domínio de novas matérias-primas e produtos. Entende-se também que haverá oportunidade de inovadoras frentes de trabalho.

Será necessário o desenvolvimento, assim como feito em Rio Verde com relação à Cerâmica Vermelha, de uma cultura de Cerâmica Branca, que será inédita no estado, pois não há nenhuma cerâmica semelhante em funcionamento.

1.2. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica e econômica do biogás proveniente da suinocultura e argila da região para a produção cerâmica.

1.3. Objetivos específicos

A seguir são citados os objetivos específicos a serem alcançados na pesquisa.

1. Calcular a quantidade de dejetos de suínos, e de metano produzido;
2. Identificar a região com a maior concentração de biodigestores em boas condições de funcionamento;
3. Realizar pesquisas em mapas e demais publicações sobre a argila da região;
4. Pesquisar se a argila da região pode ser usada na indústria cerâmica;
5. Verificar o melhor local geograficamente de utilização dessa energia do biogás;
6. Fazer o estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação do sistema.

1.4. Divisão do trabalho

O presente trabalho está dividido em 7 capítulos.

O capítulo 2 apresenta uma revisão de literatura sobre o tema Cerâmica, onde são descritas as características mais relevantes para a indústria cerâmica, branca e vermelha. Neste capítulo foram utilizadas teses, dissertações, pesquisas a campo e teve como referência quatro projetos CNPq/Fundect/Rahe desenvolvidos em Rio Verde de MT (MS).

O capítulo 3 apresenta revisão de literatura sobre suinocultura, seus aspectos ambientais e produtivos e utilizou teses e dissertações a respeito do assunto.

No capítulo 4, a revisão de literatura sobre os biodigestores aborda os conceitos sobre biodigestão, a definição de biogás, a nova Lei do Biometano, a conversão de biogás em energia elétrica e térmica e o comparativo entre os 3 tipos de gases mais utilizados no Brasil, trazendo uma visão do assunto biogás na suinocultura.

O capítulo 5 descreve a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 6 é destinado às discussões com a apresentação de mapas com a localização dos biodigestores, rotas de biogasoduto mais prováveis demonstrando a viabilidade técnica e econômica, apresentando sugestões para futuros trabalhos.

O capítulo 7 apresenta a conclusão dos resultados.

2. A INDÚSTRIA CERAMISTA

Segundo Modesto e Junior (2001), cerâmica é o produto obtido pela modelagem, secagem e queima de argilas ou de combinações contendo argilas. A cerâmica é o material artificial mais antigo produzido pelo homem: é produzido há cerca de 10-15 mil anos. A palavra cerâmica é originária do grego *keramos*, que significa “coisa queimada”. Sendo um material de grande resistência, frequentemente encontrado em escavações arqueológicas.

Com a vinda de imigrantes europeus para o Brasil, também foi trazida a tecnologia da produção de tijolos e telhas, que através de organizações familiares, contribuiu para o surgimento das pequenas olarias em diversas regiões do país.

Os materiais cerâmicos são fabricados a partir de matérias-primas que incluem: naturais, beneficiadas ou sintéticas. Através de um processamento adequado, as propriedades físico-químicas dessas matérias-primas são alteradas, desenvolvendo-se características requeridas para sua utilização e segundo o Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Branca e de Revestimentos as cerâmicas podem ser classificadas da seguinte forma [OLIVEIRA, 2006]:

- Branca;
- De revestimentos;
- Vermelha;
- De materiais refratários;
- De isolantes térmicos;
- De alta tecnologia/cerâmica avançada.

O objetivo deste capítulo é mostrar os conhecimentos básicos sobre a matéria-prima cerâmica através das suas características químicas, físicas e mineralógicas, que serão necessárias para a implantação de uma indústria cerâmica e sua incisão no mercado.

2.1. Argilas

A argila é um material natural, terroso, de granulação fina que pode ser aglomerado ou em pó que geralmente adquire plasticidade quando umedecido com água [SANTOS, 1989].

As argilas provêm do intemperismo de rochas primárias, tais como granito, pegmatitos e feldspatos. Esse intemperismo ocorre devido às ações químicas da água e agentes químicos,

relacionadas às variações provocadas pelas intempéries. Normalmente as jazidas são formadas pelo processo de depósito aluvial, ou seja, as partículas menores (e, portanto, mais leves), partículas inferiores a 2 micra (0.002mm), são levadas pela corrente de água e depositadas no lugar onde a força hidrodinâmica já não é suficiente para mantê-las em suspensão. Esses locais são os chamados depósitos argilíticos (Figura 6 e 7).

Uma das principais características da argila é quando pulverizada (em pó) e umedecida, apresenta plasticidade, demonstrando ser dura e rígida após secagem e adquire após queima à alta temperatura, dureza semelhante ao aço.

A plasticidade em argilas é essencialmente resultante das forças de atração entre partículas de argilominerais e a ação lubrificante da água entre as partículas. Pode-se admitir que a plasticidade desenvolve-se quando a argila tem água suficiente para cobrir toda a superfície acessível dos argilominerais com uma película de “água rígida”, isto é, não líquida mais um pouco de água “líquida”, isto é não orientada, que age como meio lubrificante, facilitando o deslizamento das placas umas sobre as outras quando uma tensão tangencial for aplicada. Diversos experimentos demonstraram que quanto maior a superfície específica do material, maior a sua plasticidade [SANTOS, 1989].



Figura 6 - Jazida de argila em Rio Verde de MT (MS). Fonte: FUNDECT, RAHE, 2009.



Figura 7 - Jazida de argila em Rio Verde de MT (MS). Fonte: FUNDECT, RAHE, 2009.

O quartzo é um dos minerais mais abundantes na natureza e está presente na maioria das massas empregadas em cerâmicas fabricadas a partir de argilas naturais ou como matéria-prima separada. Os materiais que possuem quartzo desempenham funções nas massas e nos produtos cerâmicos, como diminuição da plasticidade da mistura de matérias-primas e aumento da permeabilidade da peça crua e do coeficiente de expansão térmica linear da peça queimada, evitando assim que a peça se deforme ou se retraia demasiadamente, tanto a seco como durante a queima [FERNANDES, 2002].

A cor de um material queimado depende exclusivamente do conteúdo em óxidos corantes presentes na composição, principalmente de óxidos de ferro. Este fato condiciona o tipo de matéria-prima a ser empregada e, portanto, é responsável pela diferença existente entre as composições que se utiliza na fabricação dos materiais de queima vermelha e branca (CASAGRANDE, 2008). Os materiais com elevados teores de ferro resultam em uma cor vermelha após a queima.

O termo textura relaciona-se à distribuição de grão, das formas das partículas constituintes e da orientação dessas partículas.

A mais importante propriedade delas é a plasticidade, propriedade que o material possui de se deformar pela aplicação de uma força e manter essa deformação quando a força aplicada é retirada.

A plasticidade das argilas é que permite, por exemplo, que se façam peças moldadas por extrusão. Tecnicamente, conhecendo-se a plasticidade de uma argila pode-se prever a aplicação industrial adequada, assim como problemas que poderão ocorrer durante seu processamento.

Uma argila plástica possibilita a conformação de produtos com mais facilidade, devido a sua maior moldabilidade, porém um “excesso” de plasticidade indicará a ocorrência de cuidados mais expressivos necessários ao processamento deste material. Problemas com a secagem e queima dos produtos, tais como trincas, deformações (memória das argilas), níveis de retração elevadas, entre outros; serão possivelmente apresentados ao se utilizar argilas “gordas” (muito plástica). Por outro lado, um material não-plástico ou de baixa plasticidade, exigirá um esforço maior para se obter peças moldadas, além de apresentar propriedade físico-cerâmica em níveis inferiores ao exigido (menor resistência mecânica, padrão de acabamento inferior) [CESARINA *et al*, 2009].

A massa vermelha se apresenta normalmente como uma mistura equilibrada de argilas com conteúdo de óxidos de ferro que oscilam entre 4% e 9%. A massa branca é em geral uma mistura de argilas de baixa proporção de óxido de ferro e outros aditivos como feldspato, talco, carbonatos, etc.

2.1.1. Comportamento de secagem

A argila úmida é considerada constituída por partículas de argilas rodeadas de partículas de água. A medida de que avança o processo de secagem, e, portanto, vai se perdendo água, as partículas de argilas vão se juntando porque o corpo retrai. Contrações demasiadamente bruscas ou diferenças nas contrações em uma mesma peça podem dar lugar às tensões e como consequência o rompimento [BATISTA, 2008].

Os produtos obtidos por prensagem têm, em verde, uma umidade com no máximo 7%, para massa obtida pelo processo de atomização e entre 8 à 10 % para massas obtidas por moagem a seco, diferenciando muito dos produtos obtidos por extrusão, colagem ou moldagem, pois nestes os controles durante a secagem adquirem maior importância.

Por suposto todas as argilas não se comportam igual, influenciando bastante a composição da mineralogia, da granulometria, da porosidade, da forma e da espessura dos produtos a secar e da sua colocação no secador.

A secagem de uma massa cerâmica é influenciada por diversos fatores: a temperatura; a umidade relativa do ar; a velocidade e direção de aplicação do ar; a composição granulométrica da massa; a forma, a dimensão e o método de conformação das peças. A condição ideal de secagem seria aquela em que o centro da peça estivesse com a temperatura superior à da superfície. Dessa maneira a tensão de vapor forçaria a difusão da umidade até a superfície.

Para facilitar a secagem das massas argilosas muito finas é preciso colocar um material de granulação mais grossa (maior), como por exemplo, chamote moída ou um material não plástico. No início da secagem, deve-se aquecer a peça cerâmica com calor úmido, isto é, 30°C a 40°C e Umidade Relativa de 85% a 100%, a fim de garantir o aquecimento até o interior da peça. Em seguida renova-se o ar com temperaturas mais altas e umidade relativa mais baixa, a fim de eliminar a umidade da peça. Quando a secagem for muito rápida, no início da secagem podem ocorrer deformações e trincas. Caso haja ar ocluído no interior da peça, durante a secagem rápida podem ocorrer estouros e rupturas das peças.

2.1.2. Teoria geral da queima

A queima de produtos cerâmicos consiste em injeção de calor sobre a peça até alcançar uma determinada temperatura e seu posterior resfriamento à temperatura ambiente de acordo com um plano pré-estabelecido, que é a curva de queima [VIEIRA *et al*, 2003].

Durante esta etapa do processo, há uma série de transformações que conduzem a uma modificação das propriedades das peças tais como redução de porosidade, diminuição das dimensões, e aumento da resistência mecânica.

As transformações ocorridas durante a queima podem classificar-se em dois grupos:

- Físicas
- Químicas

Observa-se que cada argila tem uma curva de queima (gráfico) que caracteriza o seu comportamento durante o processo de queima. Estes são elaborados conforme estudo.

Na indústria cerâmica a operação que se desenvolve dentro do forno é a queima que é caracterizada também pelo conjunto de transformações físicas e químicas. A queima é a fase mais delicada do processo cerâmico. Efetivamente eventuais defeitos sobre o material revelam-se somente quando este é queimado, porém muitas vezes eles se originam em fases anteriores à queima.

Segundo os estudos de Perpassai (2001), a queima de um corpo cerâmico, à medida que a temperatura se eleva, sofre os seguintes fenômenos:

- Pouco acima de 100 °C ocorre à eliminação da água higroscópica (água que permaneceu após secagem, quando esta etapa não foi absolutamente perfeita ou se o corpo absorveu umidade do ambiente externo durante o tempo da saída do secador e entrada no forno);
- Em torno de 200°C ocorre à eliminação da água coloidal, interfoliar ou zeolítica (água que permaneceu inclusa dentro da partícula argilosa mesmo após uma boa secagem);
- Entre 350°C e 650°C ocorre à combustão de materiais orgânicos, que em maiores ou menores quantidades podem estar contidos na argila e dissociação de sulfatos;
- Entre 450°C e 650°C ocorre a decomposição da matéria argilosa com liberação, sob forma de vapor, da água de constituição (como é conhecida a água quimicamente combinada com a sílica e alumina);
- Acima de 700°C, a sílica e a alumina reagem com elementos fusíveis, reações que dão a formação de sílico-aluminatos complexos, que concedem ao corpo cerâmico características de dureza e estabilidade, resistência a vários agentes físicos e químicos, e provavelmente a sua coloração final;
- Entre 800 a 900°C ocorre à decomposição de carbonatos (calcita e dolomita) com liberação de CO_2 . Depois da liberação da água, da combustão de substâncias orgânicas e da decomposição de carbonatos, o corpo cerâmico está ainda poroso;
- Acima de 1000°C, os sílico-aluminatos começam a amortecer e a fundir, formando uma espécie de vidro, que englobando as partículas menos fusíveis concedem ao corpo cerâmico apreciável dureza, compacticidade e impermeabilidade (grecificação e sinterização);

Pelo motivo de se necessitar uma atmosfera controlada, onde se consegue programar a curva de queima, é que se está fazendo este estudo de utilização do biogás. O gás permite um rigoroso controle e programação de sua queima, diferentemente da lenha ou cavaco.

Neste trabalho o estudo refere-se às Cerâmicas Vermelhas – pólo em Rio Verde de MT (MS) e Cerâmica Branca – a ser apresentado a seguir.

2.2. Matérias primas da indústria cerâmica no Mato Grosso do Sul

Com a evolução tecnológica, o número de indústrias no Brasil vem crescendo a cada ano e com isso, cresce a quantidade de resíduos gerados, tais como: cinzas, lodos, óleos, vidros, escórias, metais, cerâmicas e outros [MENEZES *et al*, 2002].

A preocupação com a preservação do meio ambiente vem aumentando muito nos últimos anos, e nas indústrias cerâmicas não é diferente. O desenvolvimento de pesquisas que explorem e testam o uso de resíduos, procuram descobrir técnicas de tratamento e outras formas para reutilizá-los como matérias-primas para a fabricação de outros produtos, que serão úteis a sociedade e sua retirada do ambiente contribuem para a preservação do meio ambiente [CASAGRANDE *et al*, 2008].

Na sociedade industrial o meio ambiente não está sendo considerado somente recurso produtivo, fazendo parte também da variável econômica, destacando-se dentre os fatores de competitividade e de oportunidade de negócios para empresas [MORAES *et al*, 2006].

Nota-se que devido ao crescente aumento da concorrência industrial e com as preocupações com a proteção do meio ambiente, tecnologias vem sendo desenvolvidas para que as indústrias produzam gerando menor impacto ambiental possível e assim obtenham certificações que lhes confirmem o aumento da credibilidade perante o mercado em que atuam. Esse comportamento se insere no contexto de uma legislação mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas, de medidas destinadas a estimular a proteção ao meio ambiente e da crescente preocupação nas diversas esferas da sociedade interessadas em promover a preservação e a proteção ambiental e ao mesmo tempo incentivar o desenvolvimento sustentável [MENEZES *et al*, 2002].

A cor de um material queimado depende exclusivamente do conteúdo em óxidos corantes presentes na composição, principalmente de óxidos de ferro. Este fato condiciona o tipo de matéria-prima a ser empregada e, portanto, é responsável pela diferença existente entre as composições que se utiliza na fabricação dos materiais de queima vermelha e branca [CASAGRANDE *et al*, 2008].

Geologicamente, destacam-se no estado do Mato Grosso do Sul, as formações Aquidauana e Ponta Grossa, respectivamente permiano/carbonífero – 280

milhões de anos e siluriano/devoniano – 405 milhões de anos, ambos apresentando material com teores elevados de fração argilosa.

Na região do estudo são empregados três tipos bem definidos de argilas, quanto a sua formação e características intrínsecas ao material. Destacam-se três tipos conhecidos por taguá, argila de Morro e Argila de Várzea.

O setor Oleiro Cerâmico tem um papel importante para a economia do país: participação no Produto Interno Bruto (PIB) estimado em 1%, o que corresponde a cerca de US\$ 6 bilhões ao ano. A abundância de matérias-primas naturais, de fontes alternativas de energia, tecnologias e equipamentos industriais fez com que as indústrias brasileiras evoluíssem rapidamente, conquistando espaço no mercado internacional [INMETRO, 2013].

Os grupos cerâmicos podem ser classificados com base no emprego de seus produtos, natureza de seus constituintes, características texturais do biscoito (massa base), além de outras características cerâmicas ou técnico-econômicas.

2.2.1. Cerâmica vermelha

O processo de fabricação de produtos originados da cerâmica vermelha é bastante conhecido, sendo dominado por diversas civilizações antiga como a China, Babilônia e Grécia Helênica há cerca de sete mil anos [SECTME, 1990].

Os produtos de cerâmica vermelha tiveram seu desenvolvimento em todos os povos, cuja falta de pedra para as construções era constante. Porém, foram os romanos, que implementaram novas técnicas e aprimoraram a fabricação da cerâmica como atividade industrial, através do crescimento das grandes construções dessa época.

Praticamente toda a Europa herdou as práticas sustentáveis trazidas pelos povos antigos, tais como romanos, bizantinos, árabes, entre outros, que influenciaram fortemente no estilo das construções nesses continentes.

O surgimento das primeiras máquinas moldadoras para fabricação de tijolos, movimentadas por força animal ocorreu por volta de 1850, sendo mais tarde substituídas por máquinas a vapor e possibilitando, assim, o aumento significativo da produção. Pode-se considerar esse fato como sendo o primeiro grande salto para a indústria da cerâmica vermelha, pois possibilitou a fabricação de peças especiais e dos tijolos ocos ou furados [STEIL, 2000].

O setor de cerâmica vermelha (estrutural) tem aproximadamente o mesmo perfil em praticamente todos os estados do Brasil. Este perfil mostra um grande potencial, aliado a empresas de pequena capacidade tecnológica e de investimentos e, conseqüentemente, com a fabricação de produtos (blocos) de baixa qualidade [RIZZATTI, 2003].

Na indústria cerâmica, as argilas classificadas ideais para o fabrico de produtos de cerâmica vermelha devem, de modo geral, ser de fácil desagregação, ter distribuição granulométrica conveniente e teor de matéria orgânica que, juntamente com a granulométrica de suas partículas, conferem boa plasticidade e suficiente resistência mecânica para evitar deformações, utilizando a menor quantidade de água possível na conformação [MACEDO, MENEZES e FERREIRA, 2008].

A etapa de queima do processo de cerâmica vermelha pode promover a inertização de substâncias tóxicas, quer seja na volatilização, transformação química e estabilização por fase vítrea. Esses resíduos podem melhorar a qualidade do produto cerâmico e contribuir para minimizar o gasto de energia na etapa de secagem e queima e quando incorporados em quantidades significativas, contribuir para a diminuição do uso de argilas, recurso natural não renovável [PASCHOAL, 2003].

Argila Taguá é um folhelho argiloso de cor cinza escura, bastante homogêneo e duro, com estrutura plana paralela. Quando essa argila é queimada á 110°C apresenta cor cinza escuro, e na queima de 950°C apresentam cor vermelha. Já para queima a 1250°C (super queima) a cor é marrom ou preta. Nesta temperatura ocorre a formação de bolhas quando ricas em fundentes principalmente ferro, potássio e cálcio, podendo apresentar, fusão parcial com arredondamento das arestas, em algumas vezes um inchamento ou expansão, produzida por desprendimento de gases com deformação total dos corpos de prova, o que indica o seu uso provável na fabricação de agregados leves.

Na queima 1450°C argilas Taguá apresentam cor marrom ou preta, geralmente amolecendo ou fundindo com total perda de forma. De uma maneira geral, são argilas para cerâmica vermelha (tijolos de vários tipos; blocos cerâmicos; pisos cerâmicos ou manilhas; agregado leve de areia piroexpandida; cerâmica utilitária) [SANTOS, 1989].

No que se refere às características mecânicas, verifica-se que a elevada porosidade (expressa pela absorção de água) conduz a baixos valores de resistência, sendo um fator decisivo no êxito dos produtos em qualquer aplicação cerâmica. Assim, mesmo os corpos cerâmicos com resíduo têm valores de resistência adequados para a produção de tijolos. Em geral, os resíduos

combustíveis são provenientes de processos industriais que contém elevado teor de substância orgânica e lhes conferem alto poder calorífico. A utilização de resíduos combustíveis por parte das indústrias cerâmicas pode ser efetuada de duas maneiras: por incorporação dos resíduos à massa cerâmica ou por mistura com os combustíveis responsáveis pela queima do corpo de prova cerâmico, sendo que, em ambos os casos, é utilizado o poder calorífico dos resíduos para auxiliar na queima [MENEZES, GELMIREN e HEBER, 2002].

Mesmo com produtos concorrentes, os materiais cerâmicos, ainda hoje, são largamente empregados na construção civil. Isso acontece graças à estabilidade de resistência mecânica e durabilidade desses materiais, evitando, assim, a deterioração por agentes externos, trazendo vantagens de uso e qualidade nas edificações. Porém, não se podem desprezar as ameaças que rondam os produtos de cerâmica vermelha em função do aprimoramento e desenvolvimento de novos materiais [OLIVEIRA, 1993].

Por sua vez, considerando seu baixo custo e pouca exigência de qualificação em sua aplicação relacionada à mão de obra barata, as cerâmicas vermelhas representam o maior volume de movimentação de materiais na grande maioria das construções no Brasil, chegando a ultrapassar 90% de participação em volume, com custo inferior a 10% [VILLAR, 1988].

As argilas podem ser chamadas de residuais e sedimentares. São residuais quando o depósito é no próprio local onde houve a decomposição, e são sedimentares quando o depósito fica longe da localização da pedra [BAUER, 1994].

2.2.2. Cerâmica branca

Argila *Ballclays* muito plástica, de granulométrica muito fina, refratária, tem geralmente cor marfim após a queima e algumas vezes apresentam coloração creme-clara ou branca [SANTOS, 1989].

A argila *Ballclay* consiste essencialmente de caulinita com pequena quantidade de mica e quartzo e tem uma elevada quantidade de matéria orgânica. As *ballclays* são usadas extensivamente em indústria de cerâmicas brancas e como ingrediente em corpos de argilas que contém grande quantidade de material não plástico; e também é usada com requisito importante da plasticidade [JONKER e POTGIETER, 2005].

O setor de cerâmica branca agrupa uma grande variedade de produtos, tais como louças e porcelanas (utilitárias e decorativas), sanitários e porcelana técnica, que se diferenciam, entre outros fatores, pela temperatura de queima e pela composição da massa, notadamente o tipo de fundente. A massa é do tipo composta, constituídas de argilas plásticas de queima branca, caulins, quartzo e fundentes (feldspato, filito, rochas feldspáticas, carbonatos).

Uma classificação usual da cerâmica branca baseia-se no teor em peso da água absorvida pelo corpo cerâmico: denomina-se porcelana quando a absorção é zero (pode-se admitir até 0,5%); grês são designados os materiais com baixíssima absorção (geralmente entre 0,5% e 3%); e louça (ou faiança, maiólica, pó-de-pedra) refere-se os corpos mais porosos (geralmente superior a 3%).

Em síntese bibliográfica sobre a indústria cerâmica, dentro da série de manual de conhecimentos, a cerâmica branca é agrupada em três principais subsetores, apesar da profusão de termos e expressões para designar os seus produtos: porcelana, grês e faiança. Entretanto, esta classificação não é apresentada com precisão quantitativa quanto às suas características, sobretudo ao limite da absorção d'água.

2.3. Mercado de material cerâmico

A produção mundial de cerâmica era de 8.515 milhões de m² em 2009, sendo 79,5% destinados ao consumo interno, nos próprios países produtores, e os 20,5% restantes decorrentes de operações de importação e exportação. Esses percentuais elevados de consumo interno devem-se ao fato do revestimento cerâmico ser um produto que não é facilmente exportável fora de áreas economicamente integradas ou facilmente acessíveis sob o aspecto logístico.

2.3.1. Panorama internacional

O posicionamento do Brasil, nesse mercado é de destaque, pois o país é o segundo maior produtor e consumidor mundial, quinto maior exportador e um importador de baixa atuação no mercado internacional [GIACOMINI, 2010].

Dentre os produtores, destaca-se a China como o maior, concentrando 42,3% (3.600 milhões de m²) da produção mundial, seguida pelo Brasil, Índia e Indonésia, como observado na Figura 8, sendo que ao todo foi produzido 8.515 milhões de m² no mundo em 2009. Além de maior produtor, a China é o maior consumidor e exportador do setor cerâmico.

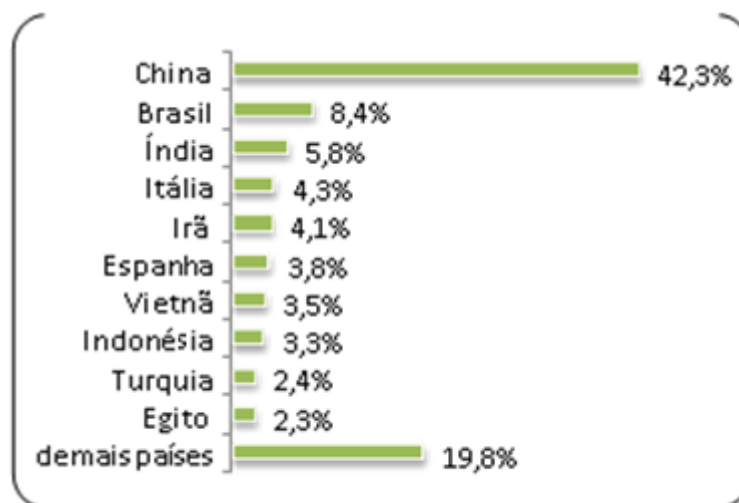


Figura 8 - Principais Produtores de Cerâmica de Revestimento - 2009. Fonte: (GIACOMINI, 2010).

Essa atuação no mercado forçou uma readequação de grandes pólos mundiais, principalmente na Itália, Espanha e no Brasil. Os produtos chineses são considerados, até o presente, de qualidade baixa (a mínima exigida pelos padrões e normas internacionais) e, focam-se, principalmente, no preço. O parque industrial desse país encontra-se em franca expansão tecnológica, adquirindo tecnologias completas da Itália e da Espanha, atingindo de frente a indústria cerâmica italiana, segundo aponta o Instituto Euvaldo Lodi [KIECKBUSCH e LOPES, 2005].

A Itália é considerada a grande referência da cerâmica no mundo, principalmente, com o seu *design* e a sua capacidade de identificar as necessidades dos consumidores, é também, altamente articulada com a indústria de bens de capital italiana, tendo uma excepcional vantagem competitiva. A Espanha, que tem como vantagem competitiva a integração com a indústria de esmaltes, matéria-prima essencial ao processo industrial, destaca-se como um grande *player* mundial, aumentando cada vez mais o seu espaço mundial.

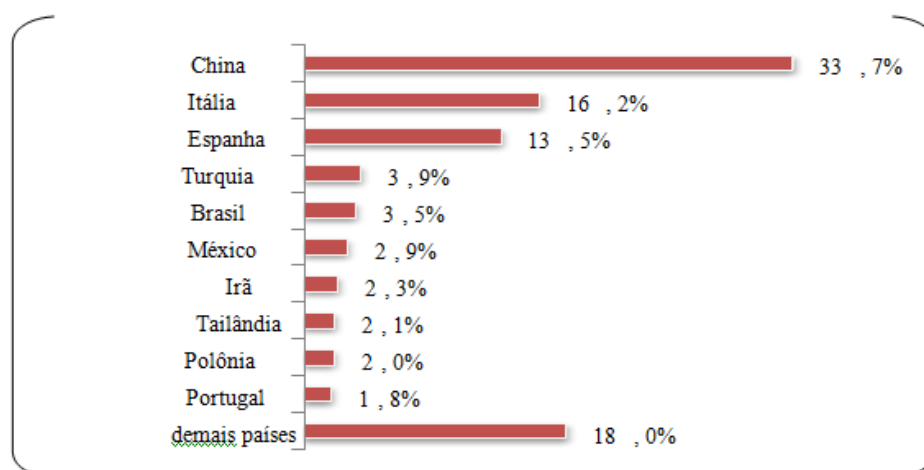


Figura 9 - Principais Países Exportadores - 2009.

Fonte: (GIACOMINI, 2010).

A Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento – ANFACER indicou entre 2009 e 2010 uma retração nos volumes exportados pelo Brasil da ordem de 6,5%, totalizando 56,75 milhões de m² comercializados. Porém, como dado positivo, houve um crescimento de 5,1% na receita em dólares em função do preço médio mais alto praticado em 2010, revertendo resultados negativos dos últimos anos.

A Itália e Espanha, pela proximidade e integração econômica, têm nos países europeus como principais clientes. No cenário mundial, o Brasil é um importador sem importância e apesar de não haver dados oficiais da importação brasileira de revestimentos cerâmicos em isolado, sabe-se, conforme notícias da ANFACER, que o país importa produtos, em sua maioria, da China. Em 2009, o Brasil importou 11,6 milhões de m² da China, volume 16% superior à quantidade importada em 2008, 10 milhões de m² [GIACOMINI, 2010].

Tabela 1 - Os dez principais mercados de exportação do produto brasileiro de 2007 a 2009, valores em milhões por m². Fonte: (GIACOMINI, 2010).

PAÍS	2007	2008	2009
Estados Unidos	26	15,3	10,3
Paraguai	6,2	7,8	6,8
República Dominicana	5,1	2,8	5,3
Argentina	10,1	10,9	3,9
Uruguai	-	2,3	2,6
Trindade e Tobago	-	1,8	2,3
Chile	6,1	6,5	2,1
Angola	-	1,7	2
Jamaica	2,5	2	1,8
Peru	2,8	1,2	1,3

Para o Brasil, os Estados Unidos, países da América do Sul e da África são os clientes mais relevantes, ressaltando a importância da logística na capacidade de exportação do Brasil (Tabela 1).

Ressalta-se que o APL Terra Cozida do Pantanal, está localizado no Estado do Mato Grosso do Sul, o qual possui fronteira com o Paraguai, segundo principal país importador do produto brasileiro, sendo essa proximidade um diferencial competitivo da localidade, sobretudo se considerada a influência da logística na capacidade de exportação nesse mercado.

2.3.2. Panorama nacional

No mercado interno brasileiro, os produtos chineses, em função do preço, têm ampliado suas participações e os produtos italianos têm sua parcela de mercado solidificada, decorrente da qualidade e inovação dos produtos. A crescente valorização do real favoreceu a entrada desses produtos importados no mercado brasileiro, tal como tem prejudicado as exportações nacionais, que somados à elevação da taxa básica de juros, usada para conter a aceleração da inflação, criam uma situação adversa à indústria brasileira de cerâmicas de revestimento.

Mesmo assim, a maior parte do consumo interno brasileiro é abastecida pela produção nacional, a qual segue em processo de expansão, acompanhando o aquecimento do mercado de construção civil, impulsionado pelas obras do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, do programa “Minha Casa, Minha Vida”, das obras de estádios e de infraestrutura projetadas

para a Copa de 2014 e as Olimpíadas de 2016 e do excepcional crescimento do setor imobiliário em todo o país.

Em resposta a esse estímulo do mercado, entre 2009 e 2010, conforme dados da Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento (ASPACER,2011), houve um aumento de 40% dos requerimentos e registros de licença para a exploração de novas jazidas de argila e de outras substâncias empregadas na construção civil. A ANFACER aponta um crescimento de 9% nas vendas de revestimentos cerâmicos para o mercado interno em 2010 no comparativo com 2009, com consumo de 702,4 milhões de m² no mercado brasileiro (Figura 10).

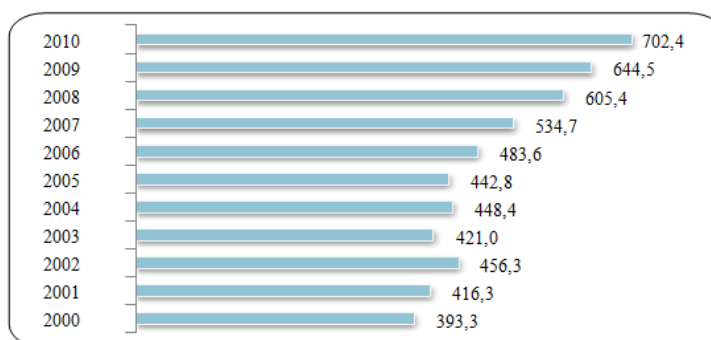


Figura 10 - Venda Brasileira de Revestimentos Cerâmicos, valores em milhões por m².

Fonte: Anfaer (2011).

Esse crescimento do consumo brasileiro vem sendo observado desde a implantação do Plano Real e a substituição de outros revestimentos (carpetes, madeira, tecidos, vinil, etc.) por cerâmica, devido às suas características funcionais e estéticas, que impulsionaram o crescimento da indústria. A melhoria da qualidade da cerâmica de revestimento esmaltada, principalmente no que se refere à resistência ao atrito, foi outro importante fator para o crescimento da indústria, pois ocorreu maior utilização em lugares de grande movimento, como aeroportos, hotéis, escolas, hospitais entre outros.

Atualmente, a produção brasileira provém de 93 empresas, instaladas em 18 estados, tendo sua maior concentração nas regiões Sudeste e Sul, e em grande expansão no Nordeste do país. Salienta-se que esse segmento produtivo é de capital essencialmente nacional, representando um grande gerador de empregos, com cerca de 25 mil postos de trabalho diretos e em torno de 200 mil indiretos, ao longo de sua cadeia produtiva conforme números da ANFACER (2011).

Desagregando a produção nacional por produto, visto que o termo revestimento cerâmico engloba pisos, revestimentos de parede, fachada e porcelanato, onde se destaca os pisos como o principal produto, cerca de 70% do total produzido. A Figura 11 apresenta os valores em milhões por m² da produção brasileira de revestimentos cerâmicos.

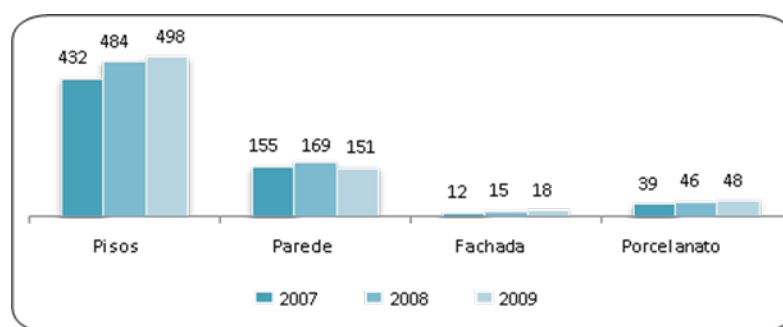


Figura 11 - Produção brasileira de revestimentos cerâmicos, valores em milhões por m².

Fonte: Anfaer (2011).

No Brasil, os principais polos de consumo e, por consequência, de produção se encontram nas regiões Sul e Sudeste. Nessas regiões, estão os polos tradicionais nacionais de produção: Santa Catarina e São Paulo (Mogi-Guaçu e Santa Gertrudes).

Considerando a população existente nessas regiões, sua demanda por materiais de construção, incluindo os revestimentos cerâmicos, e a tendência nacional de aquecimento desse mercado, cria-se uma oportunidade nessas localidades. Sobretudo para as empresas mais próximas, visto que o frete é um fator estratégico no diferencial competitivo das empresas que atuam nesse mercado.

2.3.3. Panorama estadual

Detalhando o mercado do Estado do Mato Grosso do Sul, foco principal da pesquisa, esse é considerado pequeno, com onerados custos em logística pela sua extensão territorial e protegido pelo diferencial de tributação existente.

Segundo o Censo do IBGE (2014), a população do Estado é de 2.619.657 habitantes. Localizando-se a uma estimativa proporcional da demanda, que individual por pisos estima-se 2,58 m² por habitante, tem-se no Mato Grosso do Sul em 2014 um consumo aproximado de 6,8

milhões m² de pisos cerâmicos. Esse consumo faz desse um mercado pequeno, sobretudo se comparado ao Estado de São Paulo que por si só consome um volume de revestimentos cerâmicos dezessete vezes maior.

Mato Grosso do Sul possui a sexta maior área territorial do país, 357.124,962 km², e uma rede viária de acesso restrita se comparada à rede viária dos estados das regiões Sul e Sudeste. Essa característica do mercado estadual faz com que o transporte seja um custo de grande relevância na introdução da produção paulista ou catarinense no Estado. Por fim, o diferencial tributário do Estado do Mato Grosso do Sul eleva os preços dos produtos produzidos nos demais estados, favorecendo os produtos das empresas locais.

Desta forma a demanda sul-mato-grossense é atualmente abastecida, em grande parte pela produção paulista, vinda do Polo Santa Gertrudes, por produtos catarinenses, por produtos importados em menor quantidade e pela produção local, a qual é 100% absorvida pelo mercado estadual.

A indústria de cerâmica para revestimentos emprega uma variedade de matérias-primas, materiais argilosos e não-argilosos. Dentre os quais se destacam, em função do grande volume demandado na produção, as argilas que são caracterizadas como matérias-primas de baixo valor unitário. Fato esse que não viabiliza o seu transporte a grandes distâncias, condicionando a instalação de unidades industriais cerâmicas o mais próximo possível das jazidas.

2.3.4 Produtos substitutos

O uso intenso do revestimento cerâmico, em acabamentos de ambientes em edifícios residenciais e comerciais, é uma realidade entre as maiores construtoras brasileiras, pois o material apresenta uma vantajosa relação custo-benefício perante os demais substitutos existentes no mercado nacional. Com isso, a cerâmica esmaltada vem tomando espaço das pedras, principalmente dos mármore e granitos, do carpete, dos pisos de PVC, dos pisos de borracha e do taco de madeira, entre outros materiais conforme indicado pelo BNDES (2010) em sua análise do setor nacional. A Figura 12 apresenta a relação qualitativa entre diversos revestimentos.

5- ótima	Limpeza e Higiêne	Incombustibilidade	Impermeabilidade	Resistência das Cores	Compressão	Indeformabilidade	Durabilidade
4- boa							
3 – regular							
2 – ruim							
1 – péssima							
Revest. Cerâmico Esmaltado	5	5	5	5	5	5	5
Revest. Cerâmico Não Esmaltado	3	5	4	4	5	5	4
Pisos de PVC	4	1	5	2	4	4	3
Carpete	1	1	1	1	2	2	2
Mármore e Granito	3	5	5	5	5	5	4
Pisos de Borracha	3	1	5	4	4	4	3
Tacos de Madeira	3	1	3	3	2	2	3

Figura 12 - Comparação entre os revestimentos cerâmicos e seus substitutos.

Fonte: BNDES (2010) adaptado pelo autor.

2.4 Custo energético de uma indústria cerâmica

Para a análise das demandas de consumo energético de uma indústria cerâmica vermelha ou cerâmica branca foram consideradas os fluxogramas do processo produtivo. Neles observa-se que existem demandas de energia elétrica (EE) e energia térmica (ET). Desprezou-se a parte de extração e transporte até a indústria cerâmica, pois este fator depende muito da localização da jazida.

Nota-se que foi nomeada de energia térmica toda aquela que não é elétrica: motores a combustão interna, queima de lenha ou cavaco, Gás Natural (GN) ou GLP e consumo de gás em empilhadeiras.

No fluxograma de uma indústria cerâmica vermelha, na Figura 13, em ocre estão todas as operações que são realizadas através de motores elétricos. Inicia-se com o Pátio de sazonalamento, desprezando a origem da argila e seu transporte. Observa-se que as operações em vermelho, as que consomem energia térmica, fora o transporte de Pá Carregadeira, se resumem ao Secador e Forno, justamente onde se concentra o maior consumo energético. Salienta-se ainda que no caso da cerâmica vermelha, diversas são as fontes de energia térmica, porém a que dá melhor qualidade ao produto final é o gás, que permite uma curva de queima totalmente controlada e automatizada.

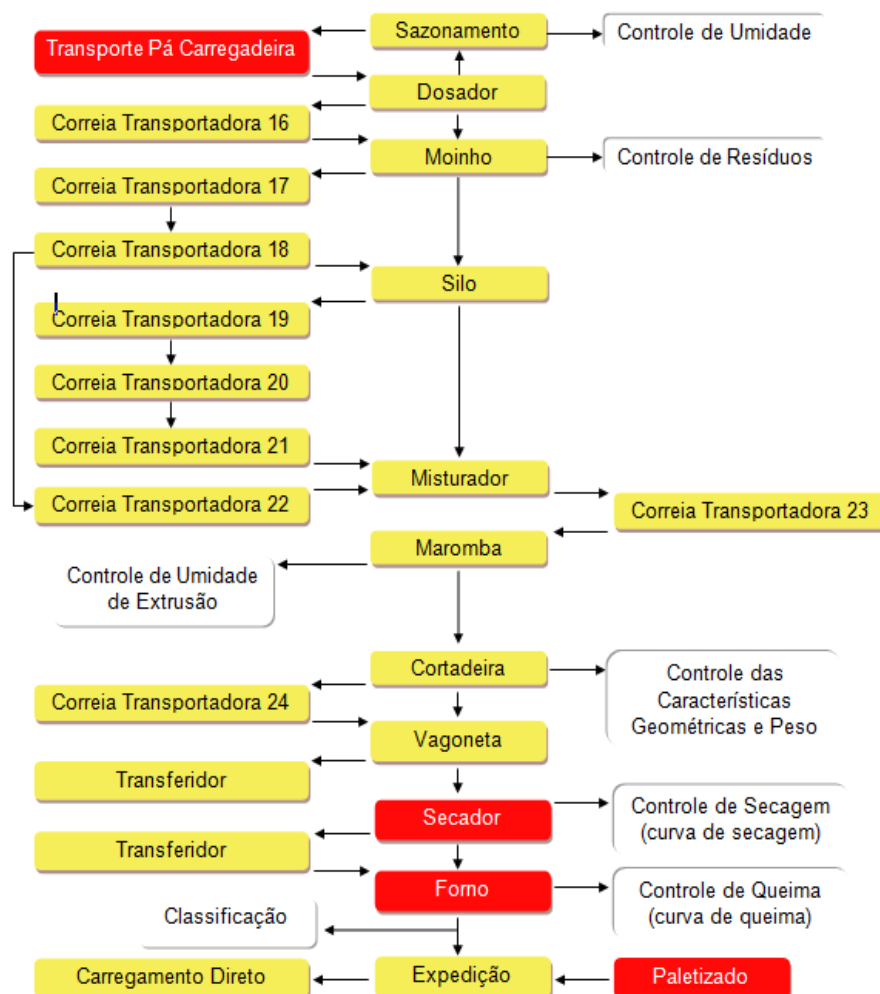


Figura 13 - Fluxograma do processo industrial da cerâmica vermelha tradicional e seu consumo energético.

Na indústria cerâmica vermelha uma das maiores preocupações dos empresários é o controle rígido dos custos gerados pelas suas fontes de energia: lenha ou cavaco, diesel e energia elétrica, que corresponde a mais de 40% de seus custos de produção. A Figura 14 apresenta um gráfico da representatividade destes custos na sua composição final.

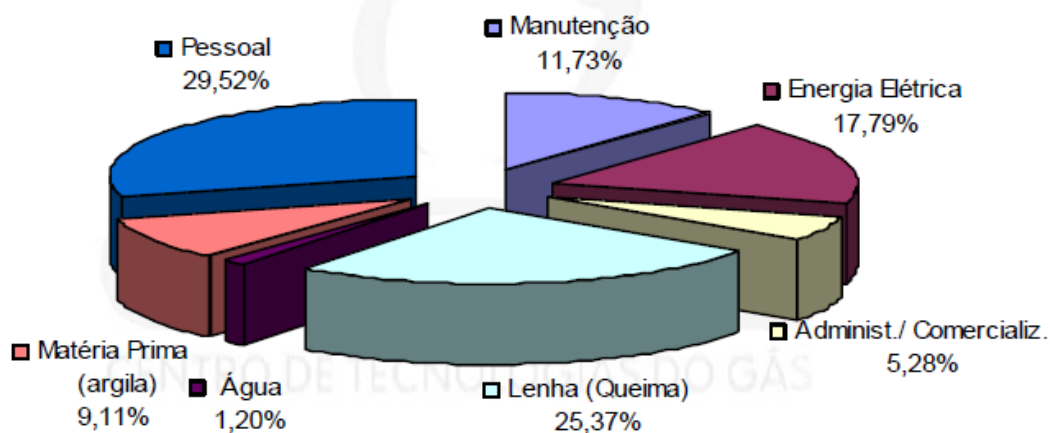


Figura 14 - Média percentual dos custos na indústria cerâmica.

Fonte: CTGÁS-ER, adaptado pelo autor.

Já na Figura 15, tem-se o fluxograma de uma indústria cerâmica branca, onde em ocre estabeleceu-se todas as operações que são realizadas através de motores elétricos. Iniciou-se com a matéria prima, desprezando o transporte da argila. Observa-se que as operações em vermelho, energia térmica, se resumem ao Secador e Forno (Secagem e Queima), justamente o foco do consumo energético. No caso da cerâmica branca, diversos são os gases que podem ser utilizados, o GNP, o GLP ou Biometano, diferente da cerâmica vermelha que também pode utilizar outras fontes de calor, pois sua temperatura deve ser muito bem controlada na curva de queima e ausência de impurezas que possam reagir com os produtos da vitrificação.

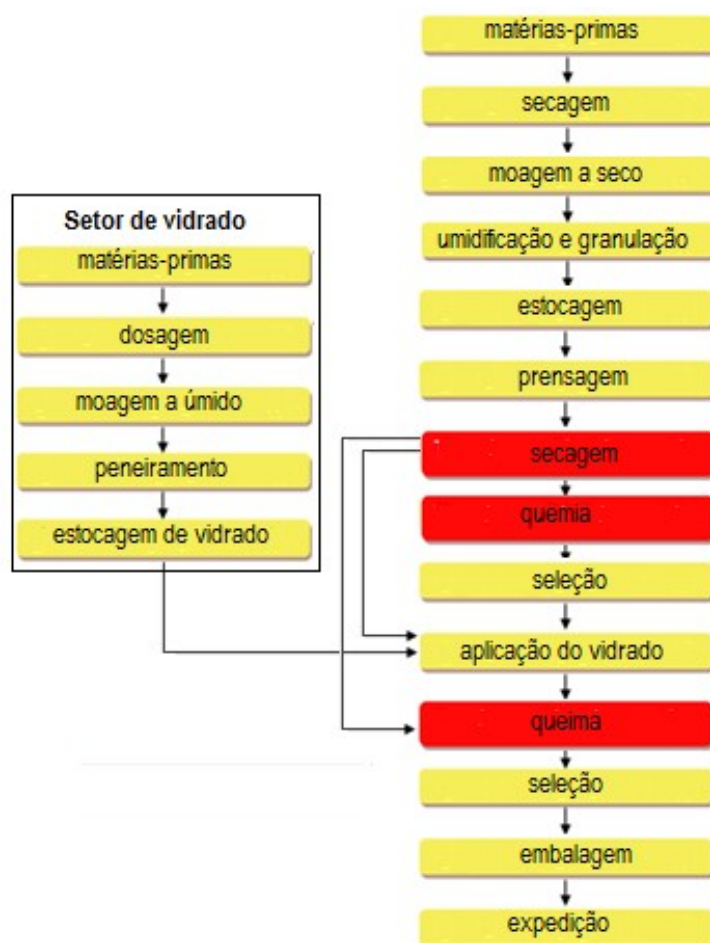


Figura 15- Fluxograma do processo industrial da cerâmica branca e seu consumo energético.

No caso da indústria cerâmica branca (pisos e revestimentos esmaltados), os custos gerados pelas necessidades de fontes energéticas representam valores acima de 40% do seu custo de produção final (energia elétrica e energia calorífica). Esse percentual é extremamente elevado quando consideradas as diferenças entre os processos produtivos de uma cerâmica vermelha e uma cerâmica branca. Isto ocorre porque na sua composição, um piso esmaltado agrega uma enormidade de outros insumos em seu produto final: esmaltes, embalagens, aditivos, mão de obra especializada, entre outros. [CTGAS-ER].

2.5 Pesquisa da argila na região de São Gabriel do Oeste

Foi realizado um projeto de pesquisa com o SENAI-MS (2014) sobre a geologia para bens minerais de jazidas em argila no município de São Gabriel do Oeste MS. O objetivo foi

formar um banco de dados com conhecimentos técnicos, viabilizando o levantamento das linhas de acesso às jazidas existentes e registros de pontos como latitude e longitude. Vislumbra-se através deste o acesso aos bens minerais de consumo industrial e por sua vez, gerar emprego, renda e tributos ao município.

Este Informe de Recursos Minerais, sob o título “Pesquisa de Matérias-primas Cerâmicas”, traz informações sobre a pesquisa em andamento no município para o setor cerâmico. Reúne informações parciais sobre as áreas com potencialidade de argila. Note-se que o principal foco do estudo esteve voltado para cerâmicas de revestimentos por constituir uma atividade minero industrial complexa, carente de pesquisa, porém de importância fundamental para a construção civil do estado e principalmente para São Gabriel do Oeste - MS.

Em Mato Grosso do Sul, a área de exposição da Formação Aquidauana apresenta-se como uma faixa orientada na direção NNE-SSW, de largura média de 40 km e extensão de aproximadamente 300 km, cortando praticamente todo o estado e mostrando continuidade geográfica para o estado de Mato Grosso e para o Paraguai. As exposições da Formação Aquidauana estão condicionadas ao Planalto de Maracajú e Campo Grande, no domínio meridional do Estado de Mato Grosso do Sul, e ao Planalto de Taquari-Itiquira, na porção Nordeste deste estado, e Região Sudeste do Mato Grosso estes planaltos contornam o limite oriental da Bacia Sedimentar do Pantanal, em marcante alinhamento NNE com bordas escarpadas, atribuído a movimentos verticais de idade cenozoica, que teriam soerguido as rochas da Bacia do Paraná em contraposição ao abatimento da Bacia do Pantanal. Esta conformação geomórfica proporciona boas áreas de exposição da Formação Aquidauana na porção central do estado, nas proximidades da cidade homônima, associadas a relevo escarpado, com desníveis da ordem de uma centena de metros, feição esta que se torna mais suave e menos evidente em direção às porções Norte e Sul do estado [SENAI-MS, 2014].

Apresenta-se na Figura 16, a metodologia usada para a pesquisa realizada, organizados em 4 etapas:

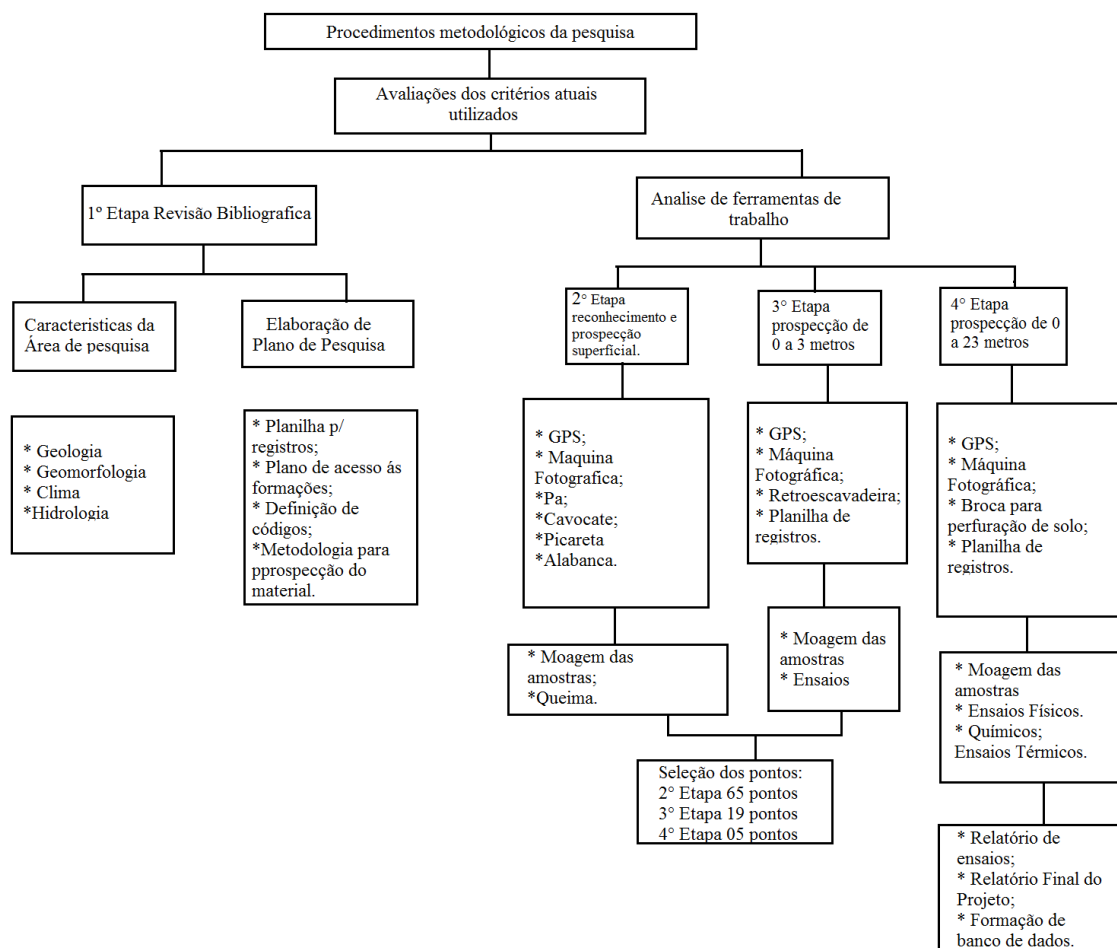


Figura 16 - Organograma mostrando as etapas da metodologia da pesquisa. Fonte: SENAI-MS, 2014.

Para a execução da pesquisa foram demarcadas áreas conforme levantamentos geológicos e selecionadas regiões prioritárias, conforme a Figura 17.

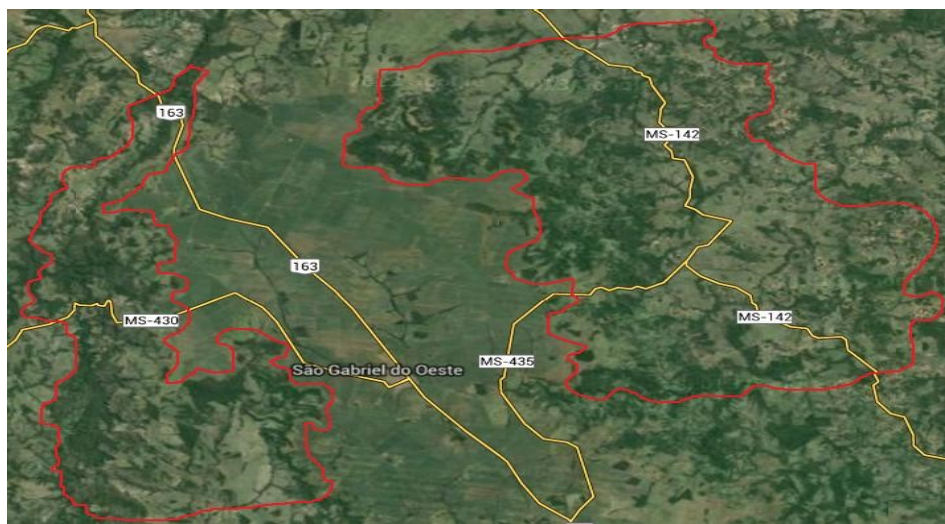


Figura 17 - Mapa com a área demarcada para pesquisa. Fonte SENAI-MS, 2014.

De 65 pontos selecionados na primeira etapa, após a conformação e sinterização, foi avaliando o melhor ponto, sendo selecionados 19 pontos para perfuração com retroescavadeira, para que fossem postas em evidência as características dos depósitos.



Figura 18 - Prospecção superficial na região da Fazenda Taboca (Giroto).

A Figura 19, apresenta a planilha informando latitude, longitude e localização geológica das amostras coletadas em pontos com retroescavadeira. Os estudos demonstram que em São Gabriel do Oeste, tem se a argila em qualidade para a implantação de Indústria Cerâmica na região. Caso a viabilidade técnica seja demonstrada, deve se partir para um estudo mais aprofundado de tamanho das jazidas e suas características legais.

°	CÓDIGO	LONGITUDE	LATITUDE	DATA DA COLETA	LOCALIZAÇÃO GEOLÓGICA	NOME DO LOCAL
01	R1	19.06.23.7	54.46.31.8	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Arrendamento Daniel
02	R2	19.06.27.7	54.46.33.4	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Arrendamento Daniel
03	R3	19.06.41.0	54.46.32.7	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Arrendamento Daniel
04	R4	19.06.41.0	54.46.42.2	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Arrendamento Daniel
05	R5	19.07.04.5	54.46.34.7	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Daniel
06	R6	19.06.53.8	54.46.42.7	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Daniel
07	R7	19.06.54.5	54.47.03.8	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Jucie
08	R8	19.06.47.4	54.47.08.0	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Jucie
09	R9	19.06.56.4	54.47.08.1	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Jucie
10	R10	19.08.16.0	54.48.20.2	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Jucie
11	R11	19.07.10.5	54.47.25.8	02/10/2013	C2P1a	RV.MC – Serrinha
12	R12	19.14.04.2	54.49.55.2	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor (Porteira Gad.)
13	R13	19.14.04.2	54.49.57.4	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor
14	R14	19.14.13.1	57.49.54.5	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor
15	R15	19.14.18.0	54.49.54.8	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor
16	R16	19.14.40.6	54.49.47.6	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor
17	R17	19.14.48.8	54.49.48.6	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor
18	R18	19.14.51.9	54.49.46.9	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor
19	R19	19.14.56.5	54.49.45.2	03/10/2013	C2P1a	RV.MC – Pastor

Figura 19 - Pontos de coletas profundas com retroescavadeiras.

Os corpos de prova cerâmicos, nas Figuras 20 e 21, apresentam a tendência à formação de coração negro² das amostras queimadas em condições que favorecem o desenvolvimento de coração negro.

² Coração Negro: uma região escura que se estende, paralelamente à face e próxima a meia espessura ao longo da peça. A região escura geralmente desaparece nas proximidades das bordas da peça. Está associado a compostos de carbono e óxido de ferro nas argilas [Beltram *et al* , 1988].



Figura 20 - Imagem ilustrativa da tendência à formação de coração negro das amostras.

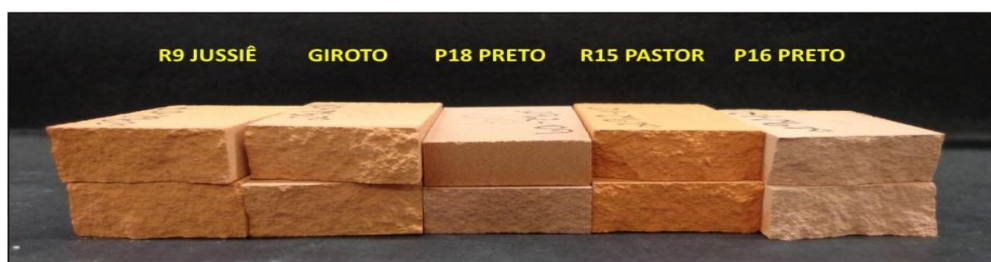


Figura 21 - Efeitos da temperatura de queima sobre a absorção de água das amostras de argila.

2.5.1 Dados sobre a argila

Com base nos dados a campo e pesquisa de laboratório, chegou –se às seguintes conclusões sobre as argilas [SENAI-MS, 2014]:

As argilas **Santa Maria** e **P18 Preto** são as amostras de maior potencial no conjunto recebido, tendo em vista que conciliam a maior parte das propriedades de interesse: boa resistência mecânica antes da queima, alta fusibilidade (necessitam de baixas temperaturas de queima para atingir as absorções de água requeridas) e alta dilatação térmica para facilitar o desenvolvimento dos esmaltes. Todavia, ambas apresentam granulometria muito fina após moagem, o que pode dificultar a obtenção de massas de boa fluidez para o carregamento das prensas. Além disso, ambas possuem tendência à formação de coração negro (incidência muito mais elevada na Argila Santa Maria) e elevada expansão por umidade;

As argilas **R11 Serrinha** e **R9 Jussie** constituem opções interessantes para incrementar a participação de partículas mais duras e grossas na massa. Entretanto, por se tratarem de argilas de baixa plasticidade e refratárias, devem ser utilizadas apenas em teores reduzidos na formulação;

A argila **R2 Arrendamento** apresenta resistência mecânica intermediária entre as argilas mais plásticas (Santa Maria e Preto) e as demais. Entretanto, seu comportamento

refratário durante a queima e o baixo teor de resíduo após moagem, dificultam sua utilização em teores elevados;

As argilas **R19 Pastor, R8 Jussie, Giroto, R15 Pastor e P16 Preto** são muito refratárias, constituídas por partículas muito finas e de baixa plasticidade, até o momento apresentam baixo potencial para utilização em massas de revestimentos via seco.

Convém destacar que todas as argilas caracterizadas, a expansão por umidade apresenta índice elevado, características que podem sofrer alteração conforme o avanço da pesquisa, para melhor planejamento das formulações [SENAI-MS, 2014].

Após análise dos dados apresentados verificou-se que as argilas presentes na região de São Gabriel do Oeste podem ser utilizadas para a indústria de cerâmica vermelha ou branca, conforme mistura adequada. Quanto à quantidade disponível, acredita-se que seja suficiente para a instalação de indústria cerâmica, entretanto, estudos mais aprofundados devem ser realizados.

3. SUINOCULTURA

A suinocultura, assim como a pecuária e a avicultura, sofreu uma forte pressão de produção, a partir da década de 70, passando de uma criação extensiva, para uma criação mais tecnificada e, portanto, mais concentrada em pequenas áreas.

A pecuária é a única que ainda está conseguindo se manter viável em um sistema de criação extensiva, a pasto. Entretanto observa-se que no estado do Mato Grosso do Sul, devido a pressão por maior produção por hectare, está aumentando significativamente a quantidade de confinamentos, levando a concentração de grandes quantidades de animais por m² e não mais por hectares.

Os crescentes alertas das entidades oficiais quanto aos danos que a criação animal intensiva provoca no ambiente natural, sinaliza a necessidade premente de se buscar um equilíbrio entre as necessidades humanas e a sua demanda por recursos naturais.

A emissão de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e amônia, emitidos pela produção intensiva de animais, estão diretamente ligados ao fenômeno do aquecimento global. Preocupação atual de toda a sociedade, indicando, portanto, a necessidade de uma forma de controle de suas emissões [CERRI & CERRI, 2007].

A produção agropecuária gera um imenso excedente de dejetos altamente ricos em nutrientes para a agricultura. Entretanto, estes não conseguem ser totalmente reciclados pelas culturas necessárias para a alimentação animal. Acabam desta forma, poluindo os mananciais, gerando estatísticas de contaminação de mais de 80% das fontes de água que abastecem a população das regiões onde a pecuária é intensiva, com contaminações, predominantemente, de coliformes fecais [TUNDISI E TUNDISI, 2005].

Nota-se que, o maior problema da adequação das novas tecnologias com as necessidades ambientais e para se atender a Legislação cada vez mais rigorosa e fiscalização atuante. Isto ocorre porque os investimentos para a melhoria do ar e dos resíduos poluentes requerem investimentos significativos, normalmente acima da capacidade de pagamento do produtor rural [OLIVEIRA, 2011].

Para se ter uma ideia, quando se trata da criação de suínos, somente no Bioma Mata Atlântica, foi apontada como a grande vilã da poluição das águas e solos locais [BEZERRA, 2000].

Isto se torna preocupante porque se analisando somente a produção de suínos, o Brasil possui um rebanho efetivo de 32 milhões de animais, com grande concentração na região sul do Brasil (54,4%). Sendo que, do total do rebanho efetivo brasileiro total, o Oeste de Santa Catarina possui uma participação de aproximadamente 17% [IBGE, 2006].

Estes números sinalizam a necessidade de criação de tecnologias para controle de destinação destes dejetos e de sua contaminação ambiental. Sinaliza ainda, a necessidade de melhor distribuição da população de animais pelo Brasil, levando a produção de proteínas animais para perto da população consumidora e para perto da produção de grãos. O que já está ocorrendo com a observação do aumento da produção de suínos e aves, por exemplo, nos estados da Região Centro Oeste (11,1% da População de Suínos no Brasil).

Nota-se que a suinocultura, em termos comparativos, possui uma capacidade poluente muito superior a de outras espécies. Analisando-se com o equivalente populacional, em média 1 suíno equivale a capacidade poluente de 3,5 pessoas [DIESEL *et. al.*, 2002].

3.1. Características dos dejetos de suínos

Vários são os fatores que influenciam no volume de dejetos produzidos, tais como o manejo, o tipo de bebedouro, o sistema de higienização adotado (frequência e volume de água utilizada), bem como, o número e a raça de animais. O volume de dejetos produzidos pelos suínos, de uma forma geral, pode ser estimado usando-se os dados da Figura 22(OLIVEIRA, 1993). Entretanto, os valores contidos na Figura 22 foram obtidos pela análise somente do esterco + urina, não sendo, portanto, valores obtidos pela real diluição causada pela água normalmente perdida pelos bebedouros e de limpeza das baias. Nas granjas onde a limpeza das baias é efetuada com o uso de água onde a perda nos bebedouros é significativa deve-se fazer um ajuste na Figura 22 em função da diluição que pode ocorrer.

Categoria de Suínos	Esterco (Kg)	Esterco + Urina (K)	Dejetos líquidos (L)
25 – 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em Gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas em Lactação	6,40	18,00	27,00
Machos	3,00	6,00	9,00
Leitão desmamado	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Figura 22 - Volumes de dejetos produzidos por suínos. Fonte: Oliveira, (1993).

Considerando-se os dados do volume de dejetos por suínos, da Figura 22, uma criação intensiva de suínos (cria, recria e terminação) proporciona uma média diária de 8,6 litros de dejetos líquidos por animal, pode-se projetar uma geração de 275,2 milhões de litros de dejetos diários no Brasil, somente originados pela produção da suinocultura. Estes dados possivelmente apontam para um colapso ambiental, caso estes dejetos não sejam corretamente reciclados ou tratados. Isso poderá ocorrer porque estes dejetos tornam-se fontes potenciais de poluição das águas superficiais por compostos nitrogenados (amônia e nitrato), fósforo, bactérias e/ou vírus, entre outros [BICUDO, 1996].

A principal preocupação em relação ao meio ambiente devido ao manejo inadequado dos dejetos de suínos são os odores, as emissões pelo solo, a lixiviação e o escoamento que provocam de nutrientes poluidores, conforme demonstrada na Figura 23. Observa-se que o destino dos dejetos, na maior parte dos casos, será usado como fertilizante agrícola possivelmente gerando um risco grande de poluição ambiental.

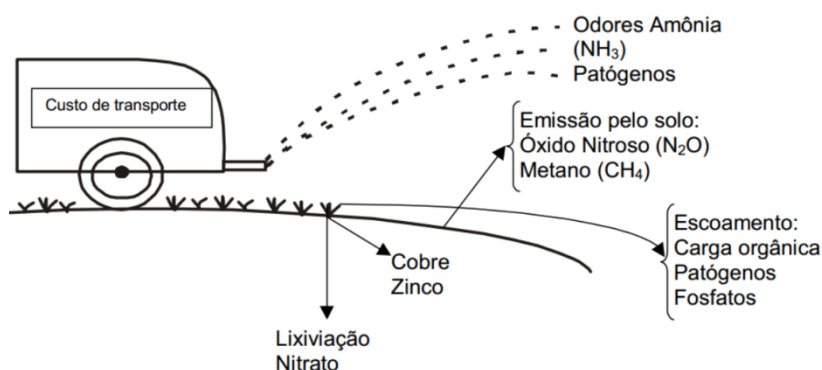


Figura 23 - Principais problemas a serem resolvidos no manejo dos dejetos de suínos. [Oliveira, 1993].

Nota-se a aplicação sistemática de efluentes da suinocultura em um mesmo local pode melhorar ou piorar as condições físicas do solo. Está provado que é possível aumentar a porosidade das camadas superiores do solo e acelerar a infiltração da água através da aplicação dos dejetos na dose de 50 t/ha/ano. As aplicações repetidas de mais de 250 t/ha/ano resultam no enfraquecimento da estrutura dos solos no primeiro intervalo de 100 á 150 mm de profundidade, tornando-o um terreno lamacento [BICUDO, 1996].

Segundo Belli Filho *et al* (2001), o potencial poluidor da suinocultura se deve ao fato de produzir um grande volume de dejetos contendo nutrientes e com grande potencial poluidor, que pelo seu armazenamento e uso inadequados têm provocado grande degradação e poluição do ar, dos recursos hídricos e do solo nas regiões produtoras, tanto no Brasil quanto no mundo. Dentre os impactos, pode-se destacar a poluição das águas superficiais e subterrâneas, a poluição pelo nitrogênio, a presença de microrganismos entomopatogênicos, a alteração das características físicas, químicas e biológicas dos solos, a poluição do ar pela emissão de gases que causam maus odores e que contribuem para o efeito estufa, e a presença de insetos, ocasionando maior desconforto ambiental as populações.

3.2. Aproveitamentos dos resíduos com a produção de biofertilizantes e biogás

Este trabalho apresenta um estudo sobre o Biogás, um resíduo dos dejetos suínos obtidos através da digestão anaeróbica, junto com o biofertilizante.

Nota-se que os dejetos dos suínos podem e devem ser aproveitados na fertilização das lavouras e pastagens, trazendo enormes ganhos econômicos aos produtores e ao país, com a diminuição de importação de adubos. Para tanto esses dejetos devem ser tratados adequadamente, a fim de não comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente.

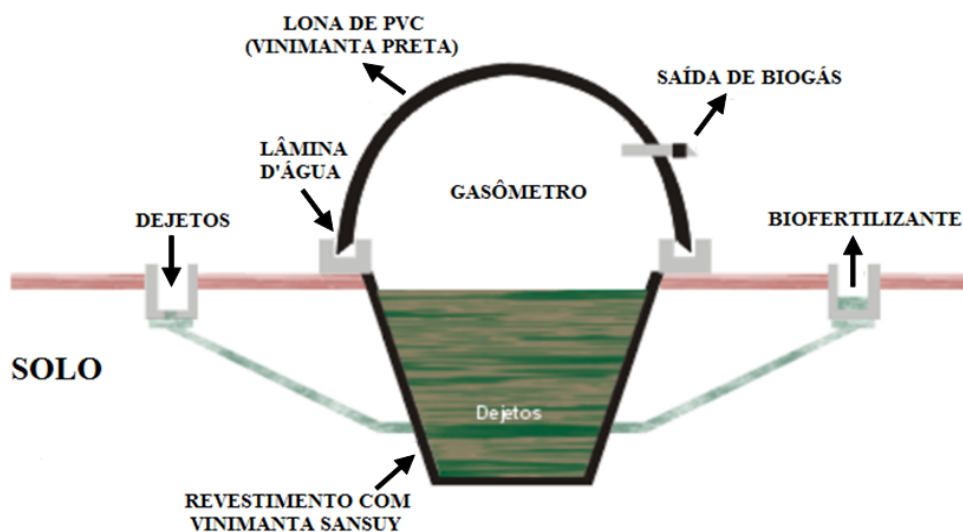


Figura 24 - Biodigestor Tipo Lagoa Coberta.

Para a produção de biogás são necessários os biodigestores (Figura 24). Segundo Andrade *et al.* (2002) são importantes para o saneamento da propriedade, pois o processo de digestão anaeróbia promove a redução da carga orgânica convertendo o carbono presente na matéria orgânica em metano (combustível), dos sólidos, e também dos microrganismos patogênicos presentes nos efluentes. Além de promoverem a reciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes, possibilitam a higienização das instalações para criação de animais bem como o tratamento de seus dejetos.

Andrade *et al.* (2002) afirmam ainda que, após passarem pelo biodigestor os resíduos apresentam alta qualidade para uso como fertilizante agrícola, devido principalmente à redução do teor de carbono do material, pois a matéria orgânica perde carbono na forma de metano (CH_4). A utilização do biogás e do biofertilizante proporcionará diminuição nos gastos com energia e com produtos químicos para a cultura, além de contribuir com o saneamento da propriedade.

Em contraste com os fertilizantes químicos, esterco animal são geralmente aplicados em taxas maiores do que a necessidade de nutrientes das plantas. Taxas ideais de aplicação para suprimento das necessidades das plantas são na maioria aceitáveis do ponto de vista ambiental. É recomendada então, a utilização de 20 a 50 toneladas/ha/ano (2 a 5 toneladas de matéria seca) de esterco animal [CONAMA, 1986].

3.3. Geração do biofertilizante nas propriedades rurais

Os dejetos de suínos perdem carbono (CH_4 e CO_2) durante o processo de biodigestão, diminuindo a relação carbono nitrogênio da matéria orgânica, o que resulta num excelente adubo orgânico em função da mineralização do nitrogênio e da solubilização de outros nutrientes.

Conforme o trabalho de pesquisa: Fertirrigação e Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, processo de produção, experimento de tecnologias e inovação, do projeto CNPQ/REPENSA ficou demonstrada a alta qualidade do biofertilizante da agrossuínocultura e a viabilidade de sua aplicabilidade em produção intensiva de gado de corte em piquetes de pastagem (Figura 25).



Figura 25 - Produção intensiva de gado de corte em piquetes de pastagem (*Panicum/SP*) fertirrigada com efluente de biodigestores de suínos.

Fonte: EMBRAPA, (2012).

4. BIOGÁS

Uma forma de biomassa é o biogás, que possui um imenso potencial no Brasil, mas de baixo aproveitamento. Nota-se que é uma fonte barata e abundante de energia, pois podem ser obtido de resíduos agrícolas, excrementos de animais e de homens.

O foco neste trabalho é a utilização dos biodigestores nas granjas de suínos para produção de biofertilizantes e biogás a partir de seus dejetos, e a sua transformação em um produto que possa ser utilizado fora da propriedade.

A Figura 26 apresenta um diagrama esquemático de funcionamento de uma granja ideal brasileira, com biodigestores para a produção de biofertilizantes e biogás. Pode se observar que do galpão de suínos saem os dejetos que alimentam o tanque de entrada, que tem a função de homogeneizar a mistura e decantar os sólidos pesados (impurezas, da limpeza do galpão, e do uso diário), indo então aos biodigestores, em cor vermelho. Nos biodigestores, têm-se duas saídas, a de biogás em cor laranja e a de biofertilizante em cor verde.

A rede de biogás, atualmente em São Gabriel do Oeste, vai ao *flare*, onde em sua maioria é queimado para a geração de créditos de carbono. O ideal é a purificação desse biogás, o transformando em biometano e usando para a geração de energia elétrica tanto para consumo interno da propriedade como para a venda da energia residual para a concessionária de energia.

O biofertilizante serve para ser bombeado nas lavouras e pastagens da propriedade.

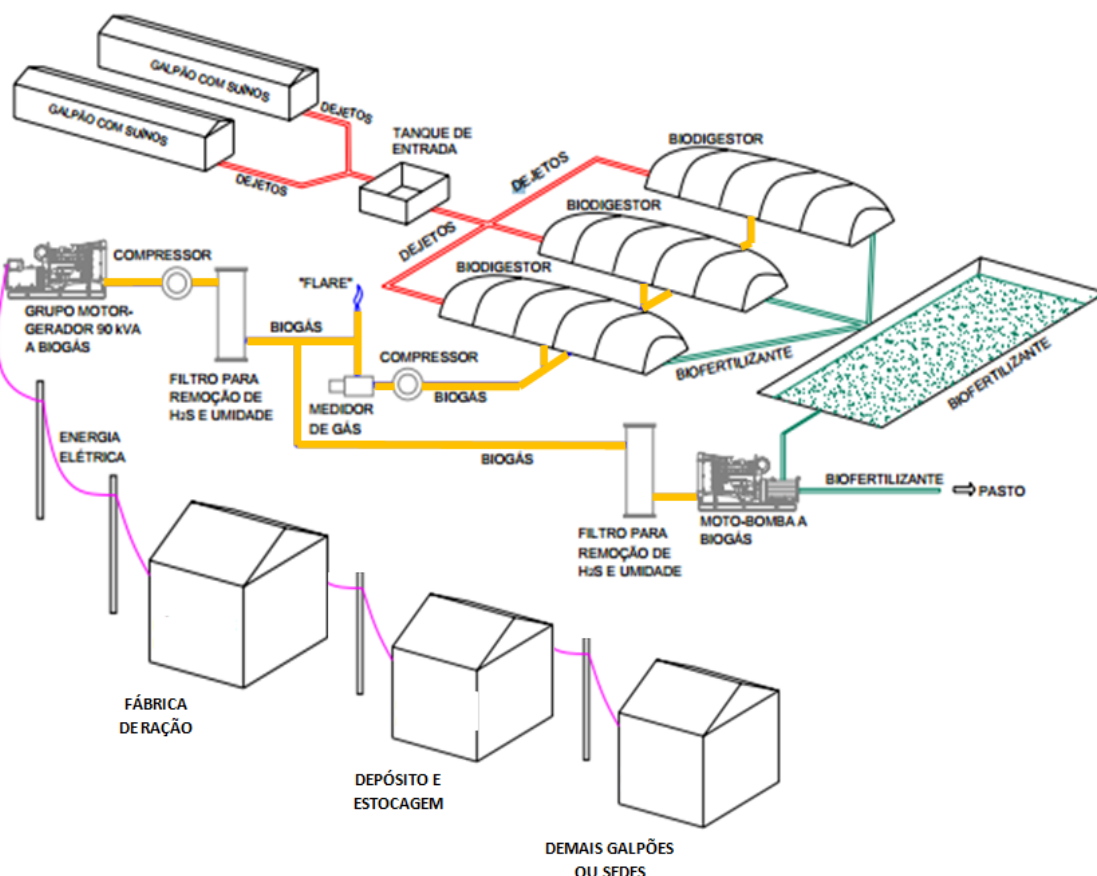


Figura 26 - Diagrama esquemático de funcionamento de uma granja tradicional, com biodigestores para a produção de biofertilizantes e o biogás para a geração de energia elétrica.

O biogás gerado a partir dos rejeitos sólidos possui a seguinte composição: metano (CH_4): 50% a 70%, gás Carbônico (CO_2): 30% a 50% e traços de nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2) e gás sulfídrico (H_2S) (Figura 27). O poder calorífico do biogás está diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura gasosa e varia de 5000 a 7000 Kcal/m³. Se submetido a processo de purificação, pode gerar um valor de até 12000 Kcal/m³. Nota-se que o metano é um gás incolor e altamente combustível, não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha [Bley, 2010].

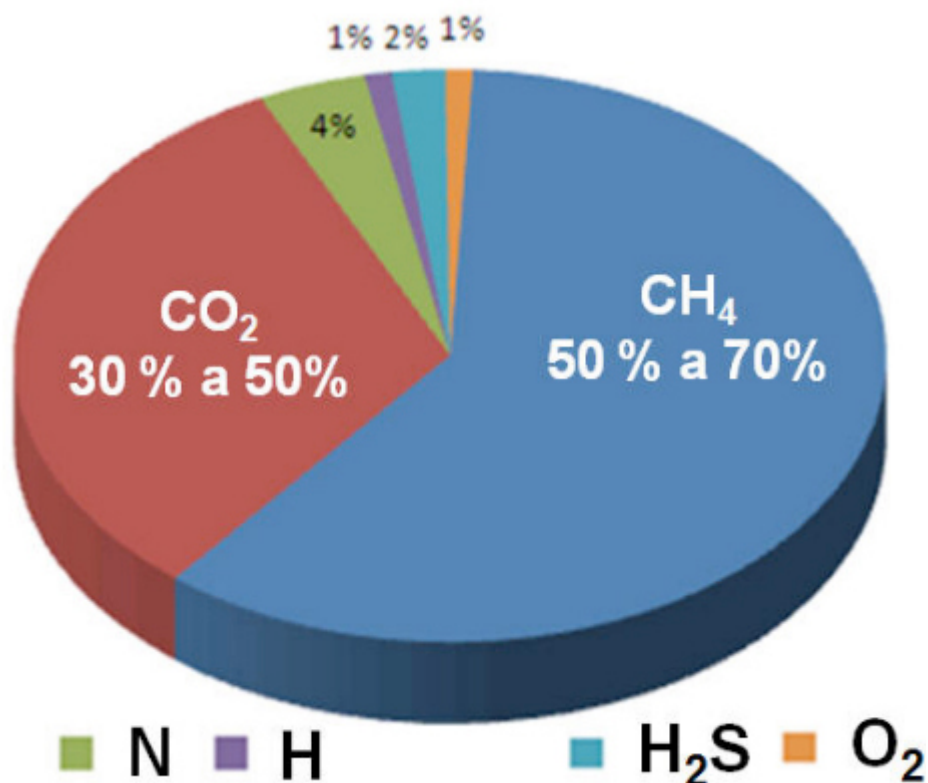


Figura 27 - Composição do biogás por fermentação [BLEY, 2010].

4.1 Biomassa

A biomassa, assim como a maioria das fontes de energias renováveis e o combustível fóssil, é oriunda da energia solar. Sendo que biomassa é todo substrato renovável orgânico, como no caso da lenha proveniente de florestas cultivadas ou não, e também no caso brasileiro, do bagaço da cana de açúcar que é utilizado para geração de energia elétrica e calor [EMBRAPA, 2006].

Do ponto de vista da geração de energia, o termo biomassa abrange os derivados recentes de organismos vivos utilizados como combustíveis ou para a sua produção. Do ponto de vista da ecologia, biomassa é a quantidade total de matéria viva existente num ecossistema ou numa população animal ou vegetal. Os dois conceitos estão, portanto, interligados, embora sejam diferentes.

A biomassa, quando utilizada para fins energéticos, que é o tema deste estudo é classificada em três categorias: florestal, agrícola e rejeitos urbanos. Na biomassa energética

agrícola, estão incluídas as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal. O potencial energético de cada um desses grupos depende tanto da matéria-prima, quanto da tecnologia utilizada no processamento para obtê-los. Existem diversas tecnologias para a utilização da biomassa com a finalidade de se produzir energia elétrica, contudo, todas envolvem a transformação da biomassa, por meio de processos termoquímicos, bioquímicos e físico-químicos, em um produto intermediário, que por fim, será usado na geração de eletricidade.

A tecnologia mais acessível para o processamento de biomassa é a biodigestão anaeróbica e é a que apresenta mais vantagens. Além de um processo com maior rendimento energético, possui considerável capacidade de despoluir, permite valorizar um produto energético (biogás) e ainda obter um fertilizante, cuja disponibilidade contribui com a rápida amortização dos custos da tecnologia instalada.

O biodigestor é uma estrutura projetada e construída de modo a produzir a situação mais favorável possível para que a degradação da biomassa seja realizada sem contato com o ar.

Este fato proporciona condições ideais para que certos tipos especializados de bactérias, altamente vorazes em se tratando de materiais orgânicos, passem a predominar no meio e, com isso, provocar a degradação de forma acelerada.

4.1.1 Biogás

Por questões históricas, o Biogás sempre foi tido como segunda opção na geração de energia, por estar associado ao seu passado: o gás dos pântanos ou fogo fátuo.

No século XIX, Ulysse Gayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbia de uma mistura de estrume e água, a 35° C, conseguindo assim obter 100 litros de gás por m³ de matéria [Pires, 1996].

Em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar à Academia das Ciências os trabalhos do seu aluno, considerou que esta fermentação podia constituir uma fonte de aquecimento e iluminação[Pires, 1996].

Já na Índia, no ano de 1859, em Bombaim, se realizou a primeira experiência de utilização direta de biogás [Pires, 1996].

Já em 1895, teve lugar a primeira experiência europeia, com a utilização do biogás para iluminação de algumas ruas da cidade de Exter, na Inglaterra, a que se seguiram outras experiências, motivadas principalmente pelo entusiasmo inicial que este processo atingiu [Pires, 1996].

Segundo Costa (2006), este combustível não conseguiu substituir os tradicionais, só voltando a ser utilizado na década de 40 impulsionado pela crise energética provocada pela II Guerra Mundial. A partir da crise energética dos anos 70, o gás metano voltou a despertar a atenção dos países ricos e do terceiro mundo. Porém ele nunca foi abandonado devido ao seu uso em pequena escala na China e Índia.

Um dos sistemas de obtenção do biogás mais conhecidos é o biodigestor para aplicação rural, existindo grande número de unidades instaladas, principalmente nos países originários dos modelos mais difundidos, Índia (com aproximadamente 300 mil biodigestores) e a China (com mais de 8 milhões de biodigestores). Recentemente vários outros países do continente europeu têm realizado programas de disseminação e uso de biodigestores [BOLETIM ENFOQUE, 1999].

De acordo com Costa (2006), na atualidade o biogás não mais é encarado como um subproduto obtido a partir da decomposição anaeróbica, porém, devido a vários erros do passado, ele ainda não tem o seu lugar de destaque no cenário energético brasileiro.

O interesse pelo biogás, no Brasil, intensificou-se nas décadas de 70 e 80, especialmente entre os suinocultores, quando vários programas oficiais estimularam a implantação de biodigestores focados principalmente, na geração de energia, na produção de biofertilizante e energia térmica para diversos usos caseiros. Este programa não deu certo, principalmente por que estava fazendo o uso de tecnologias dos biodigestores modelo Indiano e Chinês [KUNZ; OLIVEIRA, 2006].

Agora, na década de 90, por um novo movimento financeiro com a possibilidade da inserção dos processos de anaerobiose no mercado de carbono via Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o interesse pelo biogás voltou com força total [ETCHECOIN, 2000].

A grande euforia se deu em 2005, com a ratificação da Rússia no Protocolo de Quioto, principalmente para a agropecuária, na esperança de que os todos os problemas ambientais seriam resolvidos e custeados com as vendas dos Créditos de Carbono, através das Reduções Certificadas de Emissões (RCE) [ETCHECOIN, 2000].

4.2 Tipos de biodigestores

Alguns modelos mais usados no Brasil serão descritos, pois de cada modelo tem-se várias adaptações que levam a inúmeras variações de biodigestores. A maioria deriva do modelo Chinês e Indiano, fazendo as adaptações para sua região topográfica, clima e material para construção no local. Essas adaptações se fazem necessárias, pois o objetivo principal dos biodigestores é produzir energia e biofertilizantes a baixo custo em regiões remotas.

Atualmente, com a escassez de fontes energéticas e o baixo nível de água nos reservatórios das hidrelétricas e de abastecimento das grandes cidades é que se está vendo o biodigestor como uma fonte de energia renovável, para uso industrial e tendo seu forte aliado o meio ambiente.

4.2.1 Biodigestor tipo Indiano

Esse tipo de biodigestor tem sua cúpula geralmente construída de fibra ou ferro em forma de poço conforme ilustra a Figura 28. Seu processo de fermentação ocorre mais rápido, pois aproveita a temperatura do solo que é pouco variável. Apesar de ser eficiente sua utilização só não é maior devido aos custos de instalação [FRANÇA Jr, 2008].

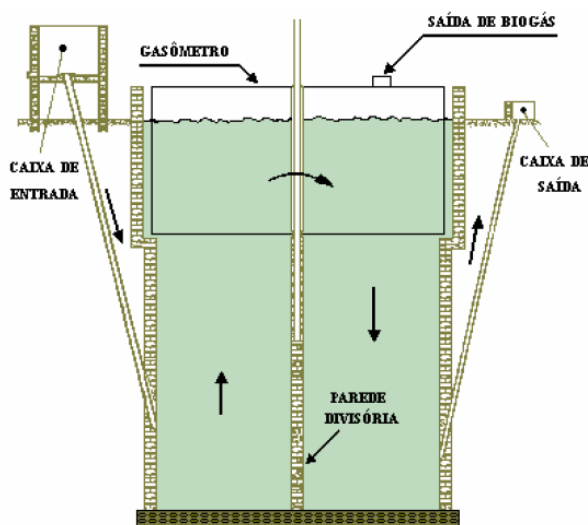


Figura 28 - Biodigestor Modelo Indiano [FRANÇA Jr, 2008].

4.2.2 Biodigestor tipo Chinês

Como o nome diz, foi desenvolvido na China. Este modelo é construído em alvenaria nota-se que por ocupar menos espaço, Figura 29, por sua cúpula ser construída em alvenaria seu custo é menor em relação aos outros modelos [FRANÇA JR, 2008].

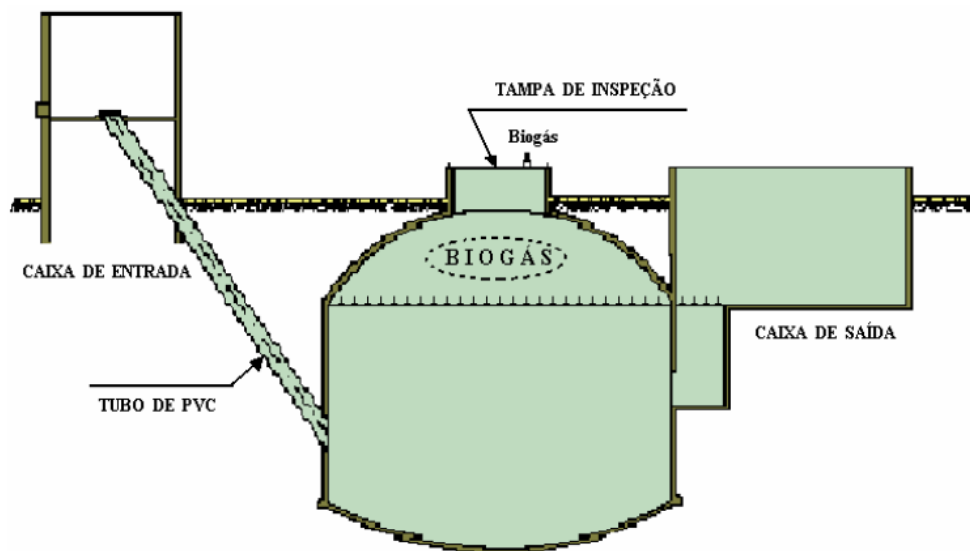


Figura 29 - Biodigestor Modelo Chinês [FRANÇA Jr, 2008].

4.2.3 Biodigestor tipo batelada

O biodigestor de batelada é do tipo descontínuo, conforme a Figura 30 não tem abertura para entrada e saída dos dejetos, pois são carregados uma vez e mantidos fechados por um período determinado, depois de abertos são descarregados [CETESB,2006].



Figura 30 - Biodigestor tipo Batelada [OLIVEIRA, 2009].

4.2.4 Biodigestor tipo lagoa coberta

Também conhecido como biodigestor Australiano, Lagoa Coberta, Marinha do Brasil ou Canadense é um modelo do tipo horizontal, possui uma largura maior que a profundidade (conforme a Figura 31). Sua produção de biogás é maior em relação aos outros modelos devido a sua característica geométrica que permite uma exposição maior ao sol. A cúpula é de polímero maleável, tipo PVC que infla como se fosse um balão e a mesma pode ser retirada o que facilita a limpeza quando necessário [FRANÇA Jr., 2008].

É o modelo que permite uma enorme produção de gás devido a sua grande área coberta, pois armazena grandes quantidades de resíduos, permitindo um aproveitamento maior da energia solar para o seu aquecimento, elevando a temperatura interna, possibilitando a melhora no processo de produção de gás.

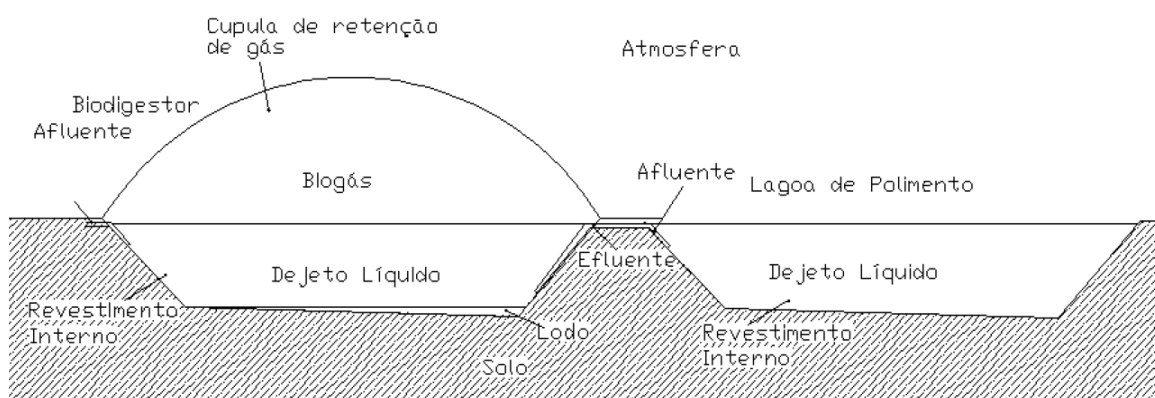


Figura 31 - Biodigestor Tipo Lagoa Coberta juntamente com lagoa de estabilização [CAZARRÉ, 2008].

Esse tipo de biodigestor é feito a partir de uma escavação no solo de forma retangular, revestido com manta impermeável para a não contaminação da área e coberto com uma manta plástica podendo ser de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) ou Cloreto de Polivinila (PVC). Atualmente já se evoluiu muito este processo com a colocação de tubulações internas que possibilitem uma agitação na massa para maior homogeneização e liberação do gás metano.



Figura 32 - Biodigestor modelo da Marinha Brasileira, ou Lagoa Coberta que está aberto em manutenção.

Na Figura 32, pode-se notar a câmara de gás, pois o Biodigestor do lado esquerdo é semelhante ao do lado direito, sem a cobertura. Isso demonstra mais uma característica deste biodigestor: a facilidade de limpeza e manutenção.

Ao deixar o biodigestor sem a lona, ele funciona como uma lagoa de decantação, tendo pouca função anaeróbica, produzindo menos metano e demorando mais tempo para que a matéria se transforme em biofertilizante.

4.3 Processo de geração do biogás e biofertilizante

Antes da introdução do biodigestor nas granjas/fazendas produtoras, toda a limpeza das pocilgas, currais e áreas de manejo, era canalizada para uma lagoa de decantação, onde ocorria o processo aeróbico (com a presença de oxigênio), como visto na Figura 33.



Figura 33 - Lagoa de decantação.

Essas lagoas de decantação a céu aberto deram lugar aos biodigestores de geomembrana tipo lagoa coberta ou canadense (Figura 34).



Figura 34 - Biodigestor com membrana.

O dimensionamento do biodigestor deve permitir a retenção da biomassa. O nível de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) do líquido em fermentação declina e ele começa a se transformar em biofertilizante. A Figura 35 apresenta o diagrama de produção de biogás.

Dentro do biodigestor, na área de entrada – Estágio 1, processa-se inicialmente uma fermentação aeróbica ácida na qual os açúcares simples presentes no material são fermentados e se transformam em acetato (ou ácido acético). No corpo do biodigestor, Estágio 2, passa a ocorrer uma fermentação anaeróbica concomitante. As bactérias que produzem acetato usam todo o oxigênio presente na carga inicial e o ambiente interno do biodigestor tende a ficar anaeróbico e as bactérias que sobrevivem são apenas as anaeróbicas. Elas utilizam o acetato em seu metabolismo e o transformam em metano. O ambiente torna-se totalmente anaeróbico, é no Estágio 3 que a formação de biogás ganha a maior eficiência.

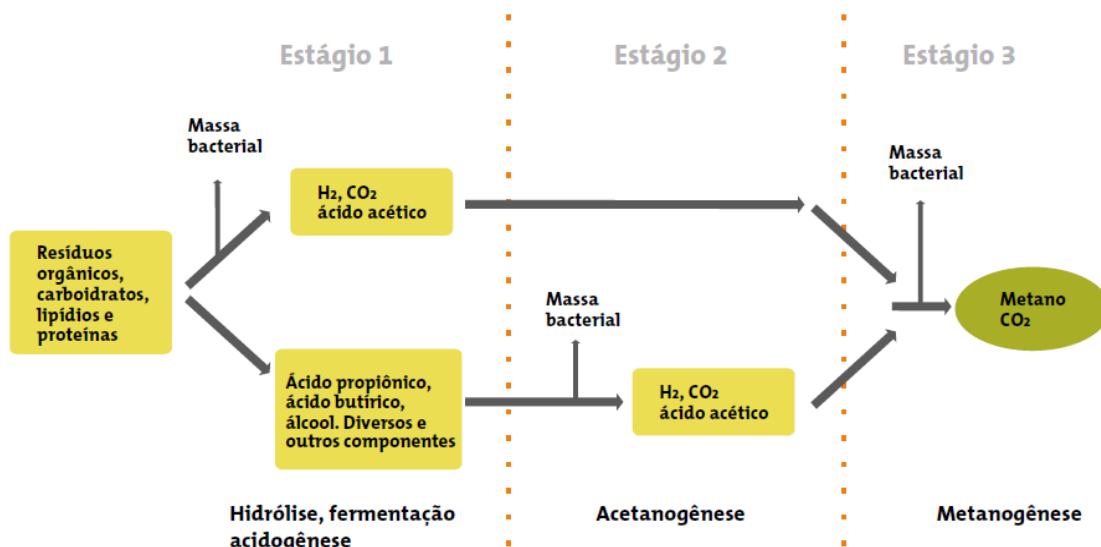


Figura 35 - Fases da produção de biogás. Fonte: BLEY (2008).

O entendimento do processo de obtenção do biogás é de grande importância para o sucesso da tecnologia de aproveitamento do biogás, haja vista que são complementares. Observa-se que caso não se tenha os devidos cuidados na geração, os processos de utilização poderão estar seriamente prejudicados ou até inviabilizados.

Dentre os fatores que mais afetam a eficiência da produção de biogás estão, a composição química do resíduo, a impermeabilidade ao ar, a temperatura e os nutrientes. A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor vem a inibir a atividade biológica, cessando o processo de produção de biogás. Por isso, há a importância de uma boa remuneração ao proprietário do biodigestor para que ele se interesse na produção do biogás e não somente no tratamento dos resíduos.

4.4 Características do biogás como fonte energética

Como já mencionado, a formação do biogás acontece a partir da decomposição ou digestão anaeróbica de matéria orgânica (bio-metanização de esterco, lodo de esgoto, lixo doméstico, resíduos agrícolas, efluentes industriais, plantas aquáticas) por bactérias. As bactérias retiram da biomassa parte das substâncias para viver e lançam na atmosfera gases e calor. Elas são capazes de metabolizar materiais orgânicos complexos, tais como carboidratos, lipídios e proteínas para produzir metano (CH₄), gás carbônico (CO₂) e material celular. Este é

o biogás: mistura composta, basicamente, por gás carbônico (30%) e por metano (65%). A busca é pelo metano presente neste biogás.

O metano, principal componente do biogás, não possui cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor desagradável. Sua chama apresenta uma coloração azul-lilás. Não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférica é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha [BARRERA, 1993].

O poder calorífico do biogás aumenta quanto maior for a concentração de metano, uma vez que o dióxido de carbono presente no biogás é uma forma oxidada do carbono, não podendo ser queimado. A Tabela 2 mostra a equivalência de 1 m³ de biogás com outros energéticos [PERCORA, 2006].

Tabela 2 - Equivalência de 1 m³ de biogás com outros energéticos. Fonte: Percora (2006).

Energético	Quantidade Equivalente a 1 m³ de Biogás
Gasolina	0,613 l
Querosene	0,579 l
Diesel	0,553 l
GLP	0,454 kg
Álcool	0,79 l
Carvão Mineral	0,735 kg
Lenha	1,538 kg
Energia Elétrica	1,428 kWh

4.5 Biogás – gás impuro

A presença de vapor de água, CO₂ e gases corrosivos no biogás *in natura*, constitui-se no principal problema na viabilização do seu armazenamento e na produção de energia. O uso do biogás em equipamentos sofisticados, tais como motores a combustão, geradores, bombas e compressores têm vida útil reduzida. O mesmo ocorre com os controladores como termostatos, pressostatos e medidores de vazão que são gradativamente corroídos, reduzindo a sua vida útil. A remoção de água, CO₂, gás sulfídrico (H_2S), óxido nitroso (N₂O), enxofre e outros elementos através de filtros e dispositivos de resfriamento, condensação e lavagem são imprescindíveis para a confiabilidade e emprego do biogás.

Segundo o Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR (2002), uma maneira de remover o H_2S é através da utilização de esponjas ou limalhas de ferro e resíduos de serragem da madeira, formando assim um filtro purificador. A serragem serve para absorver a umidade e evitar formação de blocos de ferro no interior do filtro, os quais impediriam a circulação do biogás dentro do purificador. O ferro metálico em contato com o H_2S reage formando sulfetos de ferro. Após certo período, todo o ferro é transformado em sulfeto, assim o filtro perde sua capacidade de purificação, sendo necessário renovar os elementos do purificador [TECPAR, 2002].

4.6 Usos do biogás

O Biogás é um combustível gasoso de elevado conteúdo energético semelhante ao gás Natural (GN), composto, principalmente, por hidrocarbonetos de cadeia curta e linear. Pode ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica em uma propriedade rural e até industrial, dependendo da estrutura montada para este fim e sua viabilidade econômica. Os biodigestores estão sendo utilizados para o saneamento rural (viabilidade ambiental), tendo como subprodutos o biogás e o biofertilizante.

Dos usos finais do biogás, a combustão direta e a operação de motores de combustão interna são os mais comuns [DIAZ, 2006]. Na Tabela 3 é mostrado o consumo de biogás (gás sem tratamento) em diferentes usos, pois a sua purificação somente compensa se for para seu uso como combustível comprimido – (uso veicular).

Tabela 3 - Consumo de biogás de acordo com sua utilização. Fonte: NISHIMURA (2009).

Utilização	Consumo
Fogão	0,33 m ³ /dia/pessoa
Lampião	0,12 m ³ /h
Chuveiro	0,8 m ³ /banho
Motor de Combustão Interna	0,45 m ³ /hp/h
Aquecimento de Água a 100°C	0,08 m ³ /l
Incubadora	0,71 m ³ /m ³ de volume interno/h
Geração de Energia Elétrica	0,62 m ³ /kWh

Segundo Gaspar (2003), o biogás, por apresentar uma alta porcentagem de metano em sua composição, possui um alto poder calorífico, que varia de 5.000 a 7.000 kcal/m³, e que, submetido a um alto índice de purificação, pode atingir o valor de 12.000 kcal/m³.

4.7 Alternativa de geração de energia elétrica a partir do biogás

A Agência Nacional de Energia e Elétrica [ANEEL, 2013] por meio da Resolução Normativa nº 390, de 15/12/2009, autoriza o registro de pequenas centrais geradoras com biogás e saneamento ambiental. Desta forma as empresas distribuidoras (concessionárias) podem comprar energia desses pequenos produtores, agregando valor às propriedades.

O Brasil possui aproximadamente 86 mil km de redes de transmissão e de 4,5 milhões de km de redes de distribuição. Através da criação da Geração Distribuída (GD) no Brasil fica viabilizada a geração de energia comercializável pelas propriedades rurais de todo o país.

Pela Resolução, qualquer distribuidora de energia elétrica pode fazer chamadas públicas para comprar eletricidade produzida por biodigestores. Seguindo as exigências da ANEEL em relação à qualidade da energia, os produtores poderão enviar a eletricidade para a linha de distribuição, em vez de somente consumir.

De uma maneira ilustrativa pode-se dizer que a energia vai voltar à linha, seguindo o caminho oposto, pois, agora, os pequenos produtores de qualquer parte do país podem gerar energia. Cada região do país, portanto deve encontrar a sua vocação. Nota-se que empresas de saneamento também podem utilizar os dejetos para gerar energia a partir de biodigestores.

4.8 Energia elétrica

Produzir Megawatts através de caldeiras de alta pressão, alimentadas por biogás é um dos mecanismos em evolução para aproveitamento imediato da fonte energética hoje jogada fora (o biogás). Nota-se que o custo alto de ligação era um impeditivo, mas agora com a legislação da GD ficaram mais acessíveis a todos, inclusive pequenos proprietários rurais.

Cada quilômetro de conexão custa R\$ 480.000,00 na sua implantação, da produção até as linhas de transmissão. Mas com a Geração Distribuída isso mudou, pois a ligação é feita diretamente nas redes de distribuição [BLEY, 2008].

As tecnologias para este fim ainda estão em evolução e cada vez mais eficientes. Os custos de implantação são elevados, mas a tendência é para a disseminação destas tecnologias no campo e nas indústrias.

Apenas dez das Usinas Brasileiras sucroalcooleiras vendem energia a distribuidoras, sendo que isso corresponde a apenas 6% da energia elétrica consumida no país (ANEEL, 2013). O potencial é muito grande e investimentos em tecnologias estão na pauta do dia destas empresas, que buscam gerar eficiência e renda para seus negócios: caldeiras de alta pressão, gerador de alto desempenho, centrais de controle e geração distribuída, entre outros.

Há quase uma Itaipu somente nos canaviais e ainda temos toda a cadeia produtiva da carne (suínos, bovinos e aves) para aproveitar o gás gerado.

Sabendo-se que a cogeração de energia a partir do bagaço de cana em caldeiras, resultando na produção das energias mecânica e térmica, não é fato recente no contexto sucroalcooleiro. A mudança de pensamento ocorreu após o racionamento de energia em 2001, quando o governo implementou novas regras no mercado de energia elétrica. Foi através do (PROINFA) Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia que o setor sucroalcooleiro investiu na modernização de seus parques industriais, com o objetivo de torná-los mais eficientes e, assim produzir e comercializar o excedente de energia nos leilões [FIOMARI, 2004].

4.9 Energia térmica

Após a purificação do biogás, o gás resultante deverá ser comprimido, transportado e, em uma fase final, destinado a geração de energia térmica através de sua queima em fornos ou caldeiras, sempre em temperaturas elevadas.

O processo de combustão é uma reação química de oxidação, exotérmica, muito rápida entre um reagente composto de combustível, mais o oxidante (oxigênio, ar úmido). Em geral os elementos químicos nos combustíveis responsáveis pela liberação de calor são carbono, hidrogênio e enxofre. O termo combustão completa é usado para descrever a reação ideal de combustão, quando todo o combustível é oxidado para dióxido de carbono (caso de combustão de combustível com carbono) ou dióxido de enxofre (caso de combustão de enxofre) ou água (caso de combustão de hidrogênio) [MENDOZA, 2008].

Quando a combustão se faz com ar úmido, o nitrogênio que atua normalmente como um gás inerte, não se oxida e sua atuação na combustão é como moderador, absorvendo uma parcela do calor liberado, causando uma regulação da temperatura de combustão ou temperatura de chama.

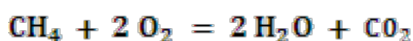
Quando o processo de combustão é iniciado, o oxigênio disponível no ar é progressivamente consumido e a quantidade de nitrogênio e outros gases ou produtos de combustão incrementam o volume dos gases produzidos [MENDOZA, 2008].

Segundo Lacerta *et al.* (2005), o biogás pode ser convertido em energia térmica, devendo este ter com o ar uma relação que permita a combustão completa. Quando isso acontece, a chama é forte, de coloração azul claro, emitindo um assobio. Se a chama tremer, indica insuficiência de ar, indicando combustão incompleta. Se a chama for curta, amarela e piscante indica que há pouco biogás e muito ar.

4.9.1 Combustão completa

A fonte diferente de combustão completa é exemplificada pela seguinte reação química:

Equação 1 - Combustão completa



Equação I

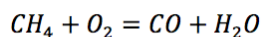
Onde: CH_4 é o gás metano; O_2 Oxigênio; H_2O água; CO_2 dióxido de carbono

Esse tipo de queima não produz gases tóxicos, que em quantidade desejável pode contribuir beneficemente na manutenção da temperatura global, mas que em grandes quantidades contribui para o “efeito estufa”, resultando num aquecimento excessivo da terra [LACERDA *et al.*, 2005].

4.9.2 Combustão incompleta

A combustão incompleta é exemplificada pela seguinte reação química:

Equação 2 - Combustão incompleta



Equação II

Esse fenômeno ocorre na falta de comburente, no caso o O_2 . Nesse tipo de queima é produzido o monóxido de carbono (CO). Sendo que este é um gás perigoso, silencioso, incolor, inodoro, sem sabor e não irritante, deixando uma pessoa inconsciente ou mesmo podendo matá-la silenciosamente em poucos minutos. Por estas razões, ele é tido como um gás altamente letal [LACERDA *et al.*, 2005].

Aproximadamente 60% do monóxido de carbono presente na troposfera se originam das atividades humanas pelos processos de combustão incompleta de materiais orgânicos como, madeira, papel, óleo, gás, gasolina, entre outros.

4.10 Comparativo das características dos três gases mais usados no Brasil

Apresenta-se a seguir as diferenças entre os três principais gases industrialmente mais usados no Brasil, para a geração de energia, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), o Gás Natural (GN) e o Biogás ou Biometano, de forma a criar um comparativo, através das características físicas e químicas da matéria prima gás [Braga, 2014].

4.10.1 Gás liquefeito de petróleo

O GLP, ou gás de cozinha, consiste numa mistura gasosa de hidrocarboneto obtido do gás natural das reservas do subsolo, ou do processo de refino do petróleo cru nas refinarias.

O GLP é acondicionado dentro de cilindros em estado líquido conforme a Figura 36, pois ele se liquefaz a 20°C e pressão de 7kgf/cm^2 diminuindo o volume em aproximadamente 250 vezes. O cilindro quando cheio contém em seu interior 85% de GLP em estado líquido e

15% em estado de vapor. O GLP em estado líquido começa a se transformar em vapor à medida que os aparelhos a gás são utilizados.



Figura 36 - Modelo Comercial mais difundido do GLP Fonte: BRAGA, 2014.

Uma característica marcante do GLP é não possuir cor nem cheiro próprio. No entanto, por motivo de segurança, uma substância do grupo *Mercaptan*³ é adicionada ao GLP ainda nas refinarias. O *Mercaptan* produz o cheiro característico quando adicionado ao GLP, para lhe proporcionar odor e cheiro desagradável, permitindo assim descobrir o vazamento sem qualquer tipo de instrumento. O GLP não é uma substância tóxica, porém se inalado em grande quantidade, produz efeito anestésico.

4.10.2 Gás natural

O GN, Gás Natural Comprimido (GNC), Gás Natural Veicular (GNV) é um combustível fóssil que se encontra na natureza, normalmente em reservatórios profundos no subsolo, associado ou não ao petróleo. Assim como o petróleo, ele resulta da degradação da matéria orgânica, fósseis de animais e plantas pré-históricas, sendo retirado da terra através de perfurações.

³ Mercaptan: A fórmula química para o methanethiol é CH_3SH ; é classificada como um thiol, voláteis, também são conhecidos pelo cheiro extremamente desagradável, como se fosse algo podre.

Inodoro, incolor e de queima mais limpa que os demais combustíveis, o GN é resultado da combinação de hidrocarbonetos gasosos, nas condições normais atmosféricas de pressão e temperatura, contendo, principalmente, metano e etano [BAHIAGAS, 2014].

É o gás que temos encanado nas cidades, à baixa pressão e quando comprimido, irá abastecer os veículos, tendo a denominação de GNC - Gás Natural Comprimido, como na Figura 37.



Figura 37 - Caminhão com cilindros de Gás Natural - GNC Foto: Braga, 2014.

4.10.3 Biogás

O biogás é um biocombustível, pois é considerado uma fonte de energia renovável. É produzido a partir de uma mistura gasosa de dióxido de carbono com gás metano. A produção do biogás pode ocorrer naturalmente por meio da ação de bactérias em materiais orgânicos (lixo doméstico orgânico, resíduos industriais de origem vegetal, esterco de animal).

O biogás também pode ser produzido de forma artificial, como já descrito. Para tanto, utiliza-se um equipamento chamado biodigestor anaeróbico. Este equipamento é uma espécie de reator químico que produz reações químicas de origem biológica (Figura 38).

O biogás pode ser usado em substituição aos gases de origem mineral como, por exemplo, o GLP (conhecido popularmente como gás de cozinha) e o GN.

Foi aprovado dia 30 de janeiro de 2015 e publicado no Diário Oficial da União, em 02/02/2015 a resolução nº8, que trata sobre a regulamentação e especificações do Biometano. As definições básicas, para melhor entendimento são: Seção II Das Definições Art. 3º Para os fins desta Resolução ficam estabelecidas as seguintes definições: I - Biogás: gás bruto obtido da decomposição biológica de produtos ou resíduos orgânicos; II - Biometano: biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do Biogás; III - Gás Natural Veicular (GNV): denominação do combustível gasoso, tipicamente proveniente do Gás Natural ou Biometano, ou da mistura de ambos, destinado ao uso veicular e cujo componente principal é o metano, observadas as especificações estabelecidas pela ANP; IV - Resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades, de acordo com a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010; V - Resíduos comerciais: resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, de acordo com a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010.



Figura 38 - Biodigestor de resíduos bovinos.

De acordo com a resolução, o biometano (derivado da purificação do biogás) será tratado de maneira análoga ao GN, tendo assim uma valoração econômica, pois passará a ser uma *comodities* e para tanto terá de passar por testes de qualidade do seu fornecimento.

As características que o biometano deve atender são especificadas na Tabela 4. Nela é apresentado os componentes químicos e seus limites aceitáveis.

Tabela 4 - Especificação proposta para o Biometano Fonte ANP 16,2008.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			NBR	ASTM	ISO
Metano, mín	% mol.	96,5	14903	D1945	6974
Oxigênio, máx.	% mol.	0,5	14903	D1945	6974
CO ₂ , máx.	% mol.	3,0	14903	D1945	6974
CO ₂ +O ₂ +N ₂ , máx.		3,5	14903	D1945	6974
Enxofre Total, máx.(2)	mg/m ³	70	15631	D5504	6326-3
					6326-5
					19739
Gás Sulfídrico (H ₂ S), máx.	mg/m ³	10	15631	D5504	6326-3
				D6228	19739
Ponto de orvalho de água a 1 atm, máx.	°C	-45	15765	D5454	6327
					10101-2
					10101-3 11541

O poder calorífico do biogás aumenta quanto maior for a concentração de metano, uma vez que o dióxido de carbono presente no biogás é uma forma oxidada do carbono, não podendo ser queimado.

A composição do biogás depende em grande parte do tipo de resíduos digeridos e das características específicas do digestor. A tabela 5 apresenta as composições químicas típicas para o biogás proveniente de diferentes substratos.

Tabela 5 - Composição química do biogás, de acordo com o tipo de substrato.

Componentes	Lixo doméstico	Plantas de lodo de tratamento de esgoto	Resíduos agrícolas	Resíduos da indústria agro-alimentar
CH ₄ % vol	50-60	60-75	60-75	68
CO ₂ % vol	38-34	33-19	33-19	26
N ₂ % vol	5-0	1-0	1-0	-
O ₂ % vol	1-0	< 0,5	< 0,5	-
H ₂ O % vol	6 (à 40 ° C)	6 (à 40 ° C)	6 (à 40 ° C)	6 (à 40 ° C)
Total % vol	100	100	100	100
H ₂ S mg/m ³	100 - 900	1000 - 4000	3000 - 10 000	400
NH ₃ mg/m ³	-	-	50 - 100	-
Aromatic mg/m ³	0 - 200	-	-	-
Organochlorinated or organofluorated mg/m ³	100-800	-	-	-

Sendo um gás combustível, o biogás pode ser utilizado em diversas atividades domésticas e rurais. Dos usos finais do biogás, a combustão direta e a operação de motores de combustão interna são os mais comuns [DIAZ, 2006].

4.10.4 Diferenças de composição, poder calorífico

A Figura 39 apresenta as diferenças de poder calorífico entre diversos gases. Até mesmo gases de mesma origem, o GN, conforme o local de sua produção tem diferenças em sua composição, desta forma se faz necessário que o gás passe pelas refinarias, para que se normatizem todos os gases de acordo com a norma ANP 16/2008.

Característica	Unidade	Limite		
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste, Sudeste e Sul
Poder calorífico superior	kJ/ m ³	34.000 a 38.400		35.000 a 43.000
Índice de Wobbe	kJ/m ³	40.500 a 45.000		46.500 a 53.500
Número de metano, mín.		Anotar		65
Metano, mín.	% mol.	68,0		85,0
Etano, máx.	% mol.	12,0		12,0
Propano, máx.	% mol.	3,0		6,0
Butanos e mais pesados, máx.	% mol.	1,5		3,0
Oxigênio, máx.	% mol.	0,8		0,5
Inertes (N ₂ +CO ₂), máx.	% mol.	18,0	8,0	6,0
CO ₂ , máx.	% mol.	3,0		3,0
Enxofre Total, máx.	mg/m ³	70		70
Gás Sulfídrico (H ₂ S), máx.	mg/m ³	10	13	10
Ponto de orvalho de água a 1atm, máx.	°C	-39	-39	-45
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos a 4,5 MPa, máx.	°C	15	15	0
Mercurio, máx.	µg/m ³	Anotar		

Figura 39 - Tabela de Purificação do Gás ANP.

Fonte: Resolução nº 16 de 17/06/2008 / ANP Agência Nacional do Petróleo (D.O.U. 18/06/2008).

Na Figura 40, tem se o comparativo gráfico entre o poder calorífico do GLP, GN. Biometano Biogás e Energia Elétrica. Nota se a valorização do Biometano em relação ao Biogás, pois foram extraídas todas as impurezas, que não serviam no processo de combustão. Essas impurezas extraídas do Biogás têm alto valor econômico, são comparadas as impurezas do GN, porem precisa de uma refinaria para ser aproveitado, o que elevaria o seu valor comercial, passando assim de dejetos do biogás a insumo industrial.

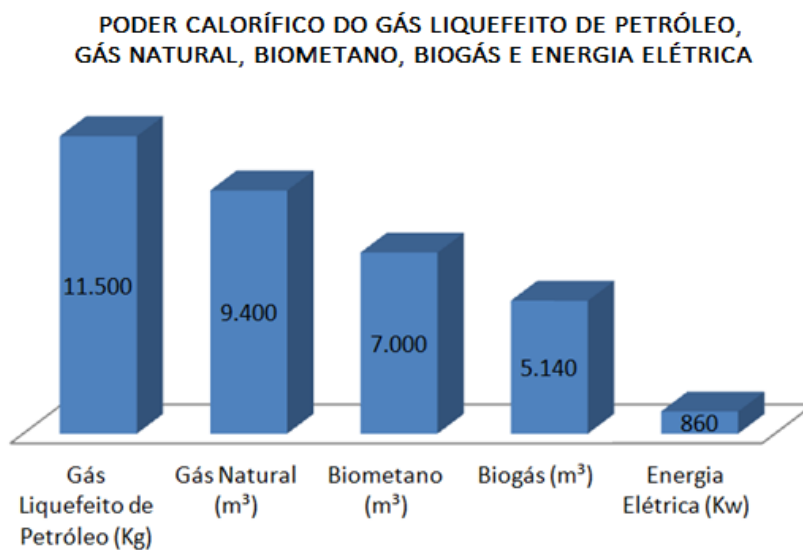


Figura 40 - Poder Calorífico dos gases.

Fonte: Braga (2014).

Na Figura 41, temos o peso específico dos diversos gases, onde pode se observar que o Biogás após a sua filtragem, quando são eliminadas suas impurezas, passando a ser o Biometano, tem o mesmo peso específico do GN, o que afirma a sua pureza.

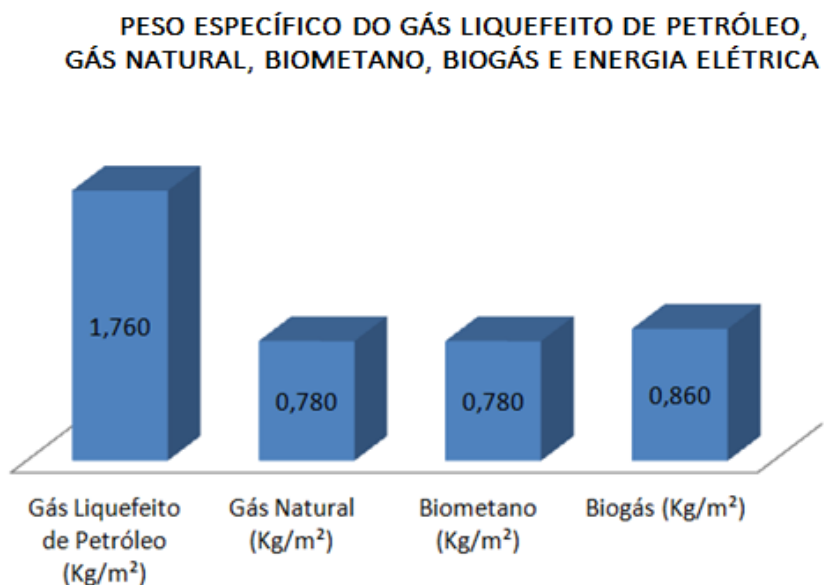


Figura 41 - Peso Específico.

Fonte: Braga (2014).

4.11 Biogás como fonte de energia renovável

Salienta-se que, atualmente, a produção de energia a partir da biomassa tem se expandido de forma exponencial. Só para mencionar, no Brasil, a geração da energia elétrica a partir do bagaço de cana é uma fonte de grande potencial e está em franca expansão. Traz grandes ganhos para os seus produtores, pois o seu uso para a geração de energia elétrica, térmica ou mecânica (combustível), tem a capacidade de fechar o ciclo de carbono; de gerar pressão na sociedade pelo uso de tecnologias limpas a partir de sua conversão (vantagens econômicas e ambientais); e de reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, apresentando-se com uma excelente alternativa energética.

O produtor rural, em uma análise simples, possui hoje tecnologias suficientes para, por exemplo, gerar energia elétrica para seu autoconsumo, vender seus excedentes e ainda mitigar os efeitos negativos dos efluentes gerados pela sua produção agropecuária sobre o meio ambiente, gerando uma nova renda para a sua atividade.

Nota-se que a exigência do manejo de dejetos tem se tornado cada vez mais rigorosos e, em função da legislação criada para este fim, acarreta elevados custos aos produtores. A solução para este entrave está na destinação adequada destes dejetos, na utilização de processos de tratamento adequados para sua mitigação e que se tornem acessíveis aos produtores rurais.

O correto manejo dos resíduos agropecuários e silvipastoril é um dos maiores desafios ambientais da modernidade, mas, em contrapartida, possui um potencial energético ainda pouco explorado no Brasil e agora com a nova Lei do Biometano, totalmente legalizada [Braga, 2014]. Desta forma, com a evolução das tecnologias, o uso adequado da biomassa residual devido ao seu grande volume, tem se apresentado como uma alternativa que pode trazer uma renda adicional ao produtor rural e um incentivador para a pesquisa e inclusão social, com grandes ganhos ambientais. A biomassa é a forma de energia mais antiga da humanidade e é tida como a energia do futuro.

O simples dejetos, tratado, deixa de ser uma despesa e passa a ser manejado como um produto gerador de bioenergia e biofertilizante altamente eficaz e sustentável, se integrando na produção, como a fonte de energia elétrica e térmica e receita com créditos de carbono – MDL. Pode-se constatar na Figura 42, a possibilidade de a partir dos dejetos animais, nesta pesquisa, suínos, produzir receita com o que era antes uma despesa. Observa-se que havia o custo com o tratamento dos dejetos e com essa nova fase, os dejetos passam a ser matéria prima para a

produção de bioenergia e biofertilizante, modificando totalmente a propriedade rural e o seu entorno. Desta forma, o produtor rural terá uma diversidade de receitas que certamente o ajudarão nesse novo modelo de gestão da propriedade rural.

Na Figura 42 os dejetos da limpeza das pocilgas vão direto para os biodigestores, onde aproximadamente após 30 dias são transformados em biogás (em azul) e biofertilizantes (em verde). O biofertilizante vai ser usado na lavoura/pastagem local, pois ainda na região não se tem o processo de secagem para transporte e utilização distante da produção.

O biogás pode ser queimado em *flare*, como é atualmente, e receber créditos de carbono ou ter o uso mais nobre, que é a geração de energia térmica ou elétrica. Para o uso como energia térmica em fornos, dependendo do que vai ser queimando, pode ser sem purificação, necessitando, neste caso, somente de canalização. Para utilizá-lo em alguns fornos ou caldeiras é necessária a canalização e purificação do biogás, transformando-o em biometano. Para a geração de energia elétrica, necessita-se que o gás seja canalizado, purificado e enviado a um motor movido a biometano, grupo gerador e linha de transmissão.

Observa-se, entretanto, que em qualquer dos modelos de geração de energia, ainda continua o recebimento dos créditos de carbono, pois o metano, gerador do crédito, continua a ser queimado a mais de 500 °C.

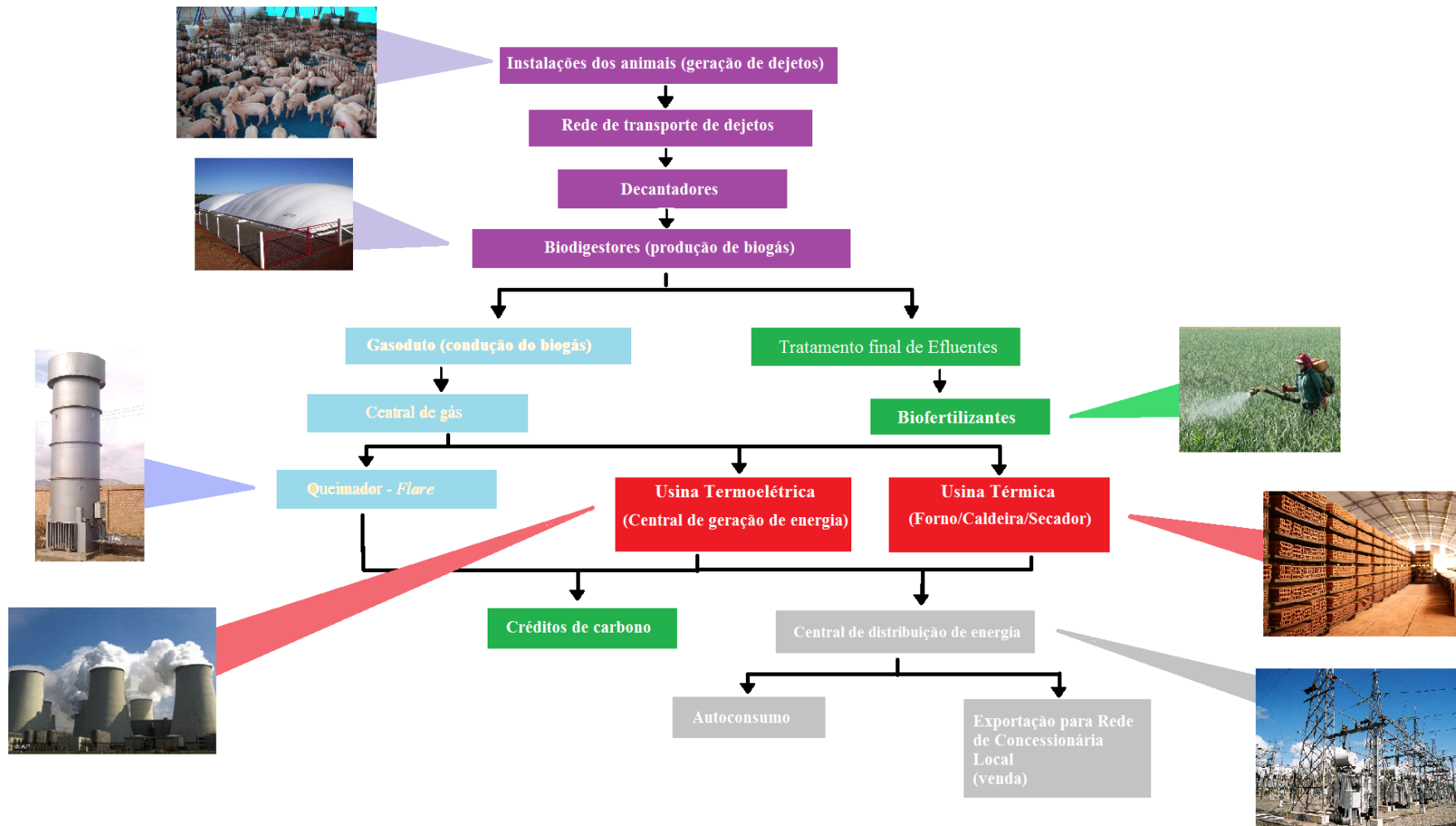


Figura 42 - Fluxograma de uma propriedade com biodigestores, utilização do biogás como energia térmica, elétrica e créditos de carbono

5 METODOLOGIA

O método do trabalho consistiu na coleta dos dados in loco, em indústrias cerâmicas, jazidas de argila, cooperativa, fábrica de geradores, fazendas com criação de suínos, biodigestores e alguns locais na cidade de Rio Verde e São Gabriel do Oeste.

Observa-se que alguns destes levantamentos foram realizados em projetos de pesquisa anteriores ao início do desenvolvimento deste trabalho, nos quais o autor participou. Estes dados também serão apresentados.

Após levantamentos de todos os dados realizou-se a análise técnica das possibilidades e verificou-se se a hipótese: possibilidade do uso de biometano na indústria cerâmica, poderia ser comprovada.

Para tal foram projetadas quatro Rotas diferentes de condução do biometano que serão descritas e analisadas técnica e economicamente.

Devido a grande quantidade de informações definiu-se que neste capítulo, para melhor entendimento, serão apresentados os dados levantados juntamente com os resultados.

5.1 Estudo de Caso

Este estudo de caso foi realizado em São Gabriel do Oeste (MS) (Figura 43), cidade distante 137 km da capital do estado de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. Verifica-se que o município está a uma altitude de 658 m, possuindo em sua maior parte área plana, que caracteriza a sua parte central, conhecida por chapadão. Nota-se que possuem em suas bordas, patamares estruturais ao sul, escarpas e ressaltos topográficos a leste. São Gabriel do Oeste é pertencente à Mesorregião do Centro-Norte de Mato Grosso do Sul e a Microrregião do Alto Taquari, localiza-se a norte da capital do estado, sua população de acordo com o Censo 2011 foi de aproximadamente 23 mil habitantes contada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, e estimativas para 2013 na casa de 24 mil habitantes, sendo então o 19º Município mais populoso de Mato Grosso do Sul.



Figura 43 - Localização da cidade de São Gabriel do Oeste (MS).

Uma grande característica local é a variação do solo, já que parte do município é região de planalto, onde a agricultura predomina e as regiões circundantes são de arenito, com grande formação de erosão e assoreamento. Apresenta-se, portanto, relevo plano, geralmente elaborado por várias fases de retomada erosiva, além de relevos elaborados pela ação fluvial.

Ao pesquisar as características do solo no mapa geológico do estado do Mato Grosso do Sul, verificou-se um predomínio do latossolo vermelho-escuro de textura argilosa e caráter álico, ou seja, com elevada acidez e, na porção Leste do município, há ocorrência significativa de Neossolos, ambos com baixa fertilidade natural.

Nota-se que a região está sob influência da Bacia do Rio da Prata, tendo no município os seguintes rios: Rio Aquidauana, que nasce na serra de Maracajú, divisa dos municípios de São Gabriel do Oeste e Corguinho; Rio Coxim, que nasce pouco acima de São Gabriel do Oeste, corre para o sul; Rio Jauru que nasce na serra do Taquari, fazendo divisa entre o município de Coxim e São Gabriel do Oeste e o Rio Novo, limite entre os municípios de Rio Verde de Mato Grosso e São Gabriel do Oeste.

O município de São Gabriel do Oeste, Figura 44, é formado por rochas do Grupo São Bento: Formação Serra Geral e Formação Botucatu, as do Grupo Itararé: Formação Aquidauana e as do Grupo Paraná: Formação Ponta Grossa e Formação Furnas.

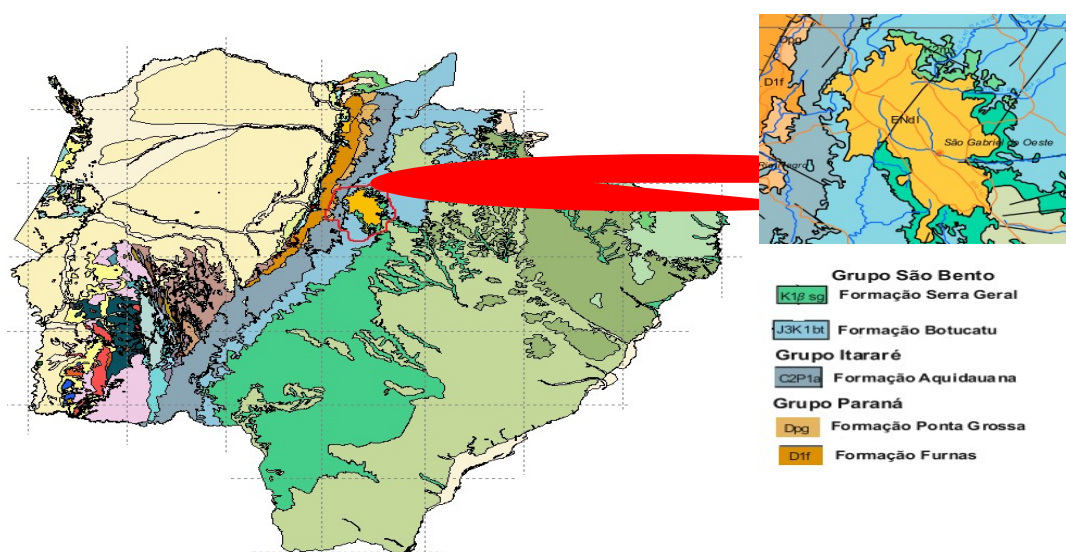


Figura 44 - Mapa Geológico do estado do Mato Grosso do Sul onde se encontra o município de São Gabriel do Oeste – MS.

Fonte: SENAI-MS (2014)

A região, por ser um polo agrícola com abundância de matéria prima, destacam-se as produções: de ração animal, em virtude de sua grande produção de farelo de soja e de sorgo, além de forrageiras; de indústrias têxteis; de algodão; de leite; de frigoríficos de suínos, aves e bovinos. Também sede de uma empresa que produz e comercializa bolsas, sapatos, carteiras e acessórios com o couro do avestruz de produção local.

Observa-se ainda a presença no município a empresa frigorífica e abatedor de suíno Aurora (Cooperativa Central Aurora Alimentos), que tem uma linha de produção de hambúrgueres e cortes especiais de carne suína. Nota-se que devido a sua produção considerável, emprega diretamente 3100 pessoas da própria cidade e de municípios vizinhos, além de empregos indiretos de fornecedores. Esse polo agropecuário possibilitou a instalação de uma grande cooperativa na região, a Cooperativa de São Gabriel do Oeste (COOASGO).

Salienta-se que a grande quantidade de pocilgas na região trouxe um problema ambiental a ser solucionado, pois caso os dejetos dos animais fossem conduzidos diretamente aos rios prejudicariam os mananciais existentes. Desta forma, a solução para tal problema seria o tratamento destes dejetos. Uma solução encontrada foi a instalação de biodigestores e a queima do gás metano, revertendo em créditos de carbono em contratos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Vislumbrou-se, portanto, a possibilidade de melhor destino ao gás metano, como o uso em cerâmicas. Assim, realizou-se este estudo que verificou as

soluções mais viáveis para tal projeto. Para tal, foi realizado trabalho em campo com o objetivo de obter dados técnicos das condições atuais das instalações e documentações.

5.2 Instalação de biodigestores e parcerias.

Ao visitar as granjas verificou-se que os Biodigestores já implantados nas granjas locais, por sua vez, possuem uma tecnologia pronta e de domínio público. O modelo adotado pelos associados da COOASGO é o modelo Canadense de Termomembrana com atuação anaeróbica de bactérias.

Nas Figuras 45 e 46 tem-se a Unidade Produtora de Leite (UPL) da COOASGO, que é um modelo de referência em instalação para o Brasil, onde tem-se os biodigestores produzindo o biogás, em que parte é utilizado para a geração de energia através de um grupo motor gerador fabricado na Retificadora Centro Oeste - Rieger, que utiliza somente o biogás como combustível, e o excedente é queimado em *flare*.



Figura 45 - Biodigestor e *flare* da UPL COOASGO.



Figura 46 - Motor a biogás da UPL COOASGO.

5.2.1 MDL e contratos em vigor

A instalação dos biodigestores na região de São Gabriel do Oeste foi possível graças à parceria realizada entre a COOASGO e as empresas AGCERT e BRASCARBON, que foram construídos sob o amparo de projetos de MDL, aprovados junto à ONU. Existem, portanto, duas empresas envolvidas nestes projetos e dois contratos de MDL em andamento junto aos associados da COOASGO, que tinham prazo de amortização de 10 anos.

Estes contratos abrangem quase a totalidade das instalações de biodigestores, em atividade na COOASGO, que estão instalados nas propriedades dos associados. Alguns poucos biodigestores de propriedade da própria cooperativa foram objeto de investimento da COOASGO e não estão cobertos pelos contratos.

Existem, portanto, algumas unidades sem contrato, mas sua produção atual ainda não é suficiente para a geração do volume necessário de biogás para um grande empreendimento.

5.3 Otimização da captação do biogás e localização das granjas

No Mapa do Município de São Gabriel do Oeste (MS) todos os pontos da localização das Granjas da COOASGO foram marcados com sinalização sendo que os pontos pretos indicam a localização das principais granjas da COOASGO na Figura 47, algumas granjas

apontadas estão bem distantes da sede do município de São Gabriel do Oeste, entretanto estão sob domínio da COOASGO.

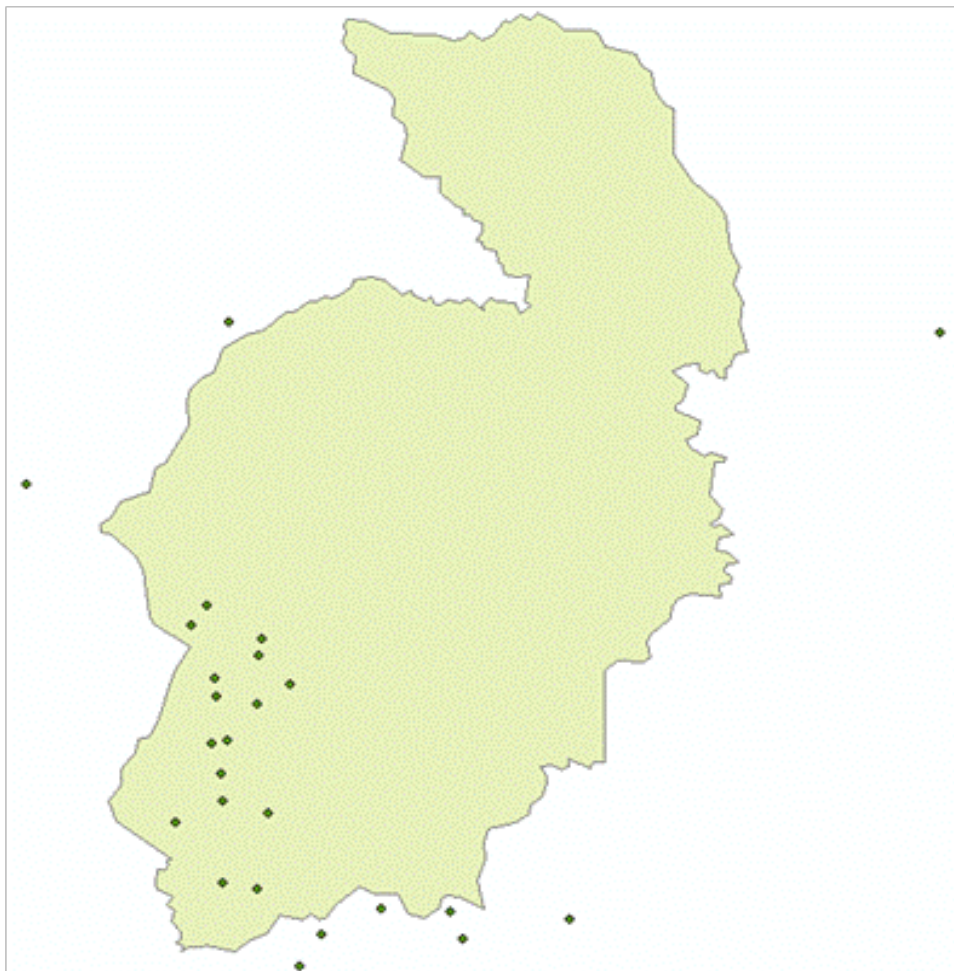


Figura 47 - Mapa de atuação da COOASGO, com identificação das pocilgas.

5.4 Transporte do biometano

Após estudos de novos métodos de condução de biogás por dutos verificou-se que a interligação de granjas poderá ser feita através de dutos construídos em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), sendo um ramal denominado de duto principal com 250 mm de diâmetro. As ligações das granjas ao duto principal constituem-se nos dutos secundários, construídos em tubo PEAD de 140 mm.

O biogás poderá ser coletado nas granjas conduzido pelos dutos por um sistema de bombeamento (bomba radial) à baixa pressão (2 a 3 bar) e por um sistema de propulsão tipo *booster* (sistema pneumático de potencialização da pressão do gás dentro dos dutos).

Nas Figuras 48 e 49 pode-se ver a facilidade de instalação de dutos em um condomínio agroenergético, formado no estado do Paraná e que atua na captação de Biogás da suinocultura e na Geração Distribuída [Bley, 2010].



Figura 48 - Escavação de Sulcos.



Figura 49- Instalação dos dutos

Após a captação do biogás das granjas, para o seu consumo, tem-se duas opções o biogasoduto e o biogasoduto virtual.

O biogasoduto é o ramal feito em dutos de PEAD, porém não seguindo as normas tradicionais do gasoduto de GN, pois ele é utilizado a baixa pressão.

O biogasoduto virtual é uma estação de purificação e compressão do biometano em feixes de cilindros, numa pressão de 240 bar, numa carreta, para seu transporte e no local de consumo a sua descompressão em 3 a 5 bar para consumo. Todo esse processo sempre é feito por uma só empresa que cobra um percentual em quilômetros rodados, ficando responsável pela logística toda.

5.5 Tecnologias disponíveis no mercado

Após estudos verificou-se que já estão disponíveis novas tecnologias de materiais para dutos e que suportam altas pressões: as poliamidas de alta performance para tubos de gás de alta pressão. Estes tubos de poliamida ainda são uma novidade no mercado, mas estima-se que com a injeção de gás a alta pressão nos dutos de ligação, haveria certa economia de recursos investidos na montagem dos dutos. Isso ocorre porque na distância a ser percorrida poderia haver uma economia na instalação dos *boosters* e bombas radiais de outros equipamentos.

5.6 Experimento na Granja Bedim

O experimento, a seguir detalhado, foi realizado em São Gabriel do Oeste, por intermédio de pesquisa CNPq/Fundect/Rahe, em uma granja tradicional, e proporcionou a avaliação de campo da real possibilidade de se obter um gás limpo (gás metano com condições de aproveitamento para fins de uso industrial, residencial e veicular) a partir do biogás da suinocultura.

Para viabilizar a produção do biogás, foi implantado um sistema de purificação na Granja Bedim, associada à COOASGO. Composto, basicamente, por um filtro de água para

redução da umidade do gás e amônia, filtro de esponja de aço e/ou leito ácido e básico de carvão ativo para retirar os compostos de enxofre e leito com peneira molecular (e alumina ativada).

A descrição por diagrama da unidade de processamento de biogás é detalhada a partir da aquisição do gás do biodigestor, por um compressor de baixa pressão, passa por um filtro de limalhas de ferro para a retirada do H_2S , quando um compressor de média pressão eleva a pressão de trabalho seguindo-se o processo de purga, filtragem e adsorção em colunas de carvão ativo e peneira molecular, como se observa na Figura 50.

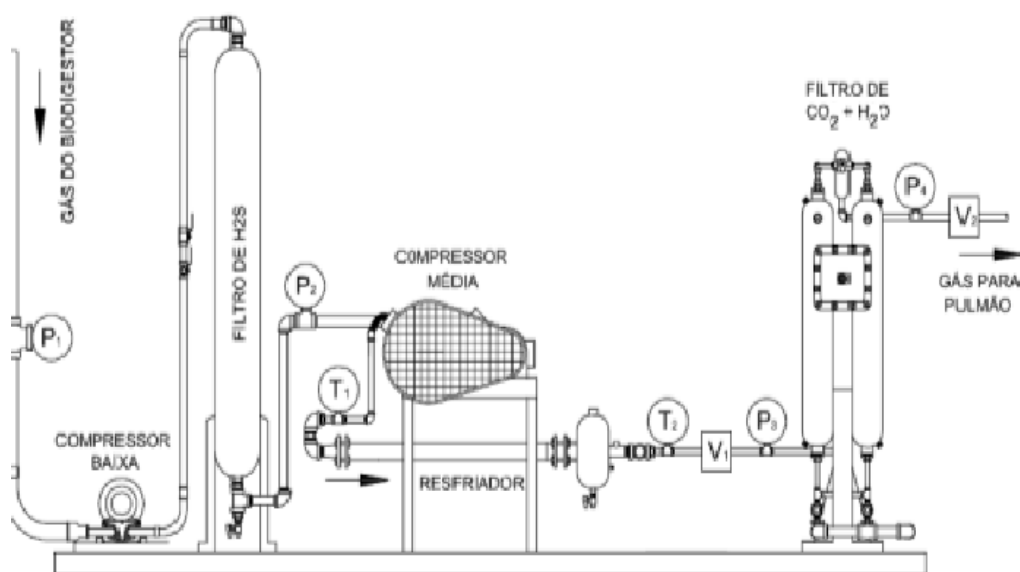


Figura 50 - Unidade de processamento de Biogás - UPB

A Figura 50 apresenta um diagrama do processo de purificação por adsorção em carvão ativo (filtro de H_2S) e peneira molecular (filtro de CO_2 e H_2S) da captação do gás de biodigestor até o pulmão (reservatório de armazenamento). Os elementos P1, P2, P3 e P4 são os medidores de pressão; T1 e T2 os medidores de temperatura; V1 e V2, as válvulas.

O gás purificado possui características atrativas para ser utilizada em abastecimento veicular, geração de energia elétrica eficiente e queima com baixo nível de produção de chuva ácida. Neste processo de purificação, como é extraído o CO_2 , e outras impurezas, diminui-se o volume de gás em quase 40% do inicial. Amostras do gás purificado foram coletadas e enviadas para o CTGÁS-ER - Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis / Consórcio SENAI/PETROBRAS na cidade de Natal - RN. Os resultados das análises por cromatografia gasosa de duas amostras de biogás são mostrados na Tabela 6, em que o gás obtido teve a sua propriedade comparada as do Gás Natural.

Tabela 6 - Resultado do relatório de ensaio emitido pelo Centro de Tecnologia do Gás e Energia Renováveis CTGÁS – ER, onde o gás purificado na pesquisa se equivale ao GN. Adaptado pelo autor.

REQUISITOS	QUANTIDADE
Índice de Wobbe	45,18 MJ/m ³
Densidade	0,724 kg/m ³
Densidade Relativa	0,601
Poder Calorífico Superior PCS	35,03 MJ/m ³
COMPOSTOS	COMPOSIÇÃO
Metano	94,38 % mol/mol
Etano	0,0000 % mol/mol
Propano	0,0000 % mol/mol
N-Butano	0,0000% mol/mol
I-Butano	0,0000% mol/mol
N-Pentano	0,0000% mol/mol
I-Pentano	0,0000% mol/mol
Hexano	0,0000% mol/mol
Dióxido de Carbono	4,164% mol/mol
Sulfeto de Hidrogênio	Não solicitado

5.7 Produção energética atual e futura

Realizou-se o cálculo do potencial de produção de biogás na área de influência da COOASGO. Para tanto foi feito o levantamento da produção atual de biogás, nos biodigestores instalados na COOASGO e por técnicas de conversão de unidades, chegou-se a um número superior a 80.000 m³ de biogás por dia, durante todo o ano, produzido na área de atuação da Cooperativa, conforme a Tabela 7. Observa-se que a produção diária de dejetos, por tipo de suíno e a sua conversão em Biogás (dados de 2010), fornece uma média de 0,49m³ de biogás por suíno (cria, recria, terminação).

Tabela 7 - Cálculo de conversão de dejetos em biogás produzido por dia.

TIPO	PRODUÇÃO DE DEJETOS (kg/dia)	QUANTIDADE DE ANIMAIS	TOTAL DE DEJETOS (kg/dia)
Fêmeas e Leitões	27,0	2.000	54.000,0
Fêmeas em Gestação	16,2	7.800	126.360,0
Leitões em Creche	1,4	42.000	58.800,0
Leitões de Engorda	7,0	115.000	805.000,0
Cachaços	9,0	96	864,0
Lotação total		166.896	1.045.024,0
Total de biogás produzido por dia (0,49 m ³ x 166.896)		36.262.332,8kg	
Fator de conversão		1.000kg. biogás = 2,25m ³	
Total de biogás produzido por dia		81.510,2 m³	

Importante salientar que os números apresentados são permanentemente auditados pela ONU, pois todo o gás produzido pelas granjas deve ser queimado nos *flares* (a uma temperatura superior a 500°C), a fim de cumprir cláusula contratual que dita as normas para eliminação deste gás e as obrigações da COOASGO, seus Associados Produtores e as Empresas de Controle do Projeto de MDL. Na Figura 51, tem-se um *flare* instalado em uma das granjas locais e na Figura 52, um Medidor de Vazão.



Figura 51 - *Flare* para queima de biogás



Figura 52 - Estação homologada de medição de gás.

5.8 Análise de viabilidade técnica e econômica

Para a otimização da captação do biogás e a posterior filtragem em uma central de captação, armazenagem e filtragem (Usina de Processamento e Compressão), foram realizados levantamentos dos dados de posicionamento das granjas que estão no domínio da COOASGO e arranjadas no território do município de São Gabriel do Oeste e arredores.

Após os levantamentos e, buscando uma máxima concentração de granjas produtoras de suínos as mais próximas possível entre si, definiu-se o estudo de 4 ROTAS.

Nas proximidades da sede da COOASGO, onde, estima-se, sejam produzidos mais de 10.000 m³ de BIOGÁS por dia, optou-se por construir uma unidade de filtragem e compressão para transporte do gás em cilindros até a unidade consumidora em Rio Verde, ROTA I.

No Assentamento, com 10 produtores e uma capacidade diária de 8.256 m³, tem-se a ROTA II.

A terceira opção é o transporte duto viário deste gás até a cidade de Rio Verde de MT, sendo essa a ROTA III. A união das duas ROTAS, num ponto de coleta, ficando com 18.256 m³ será a – ROTA III A, e a captação de todo o biogás produzido no entorno da cidade, ficando com 50.000m³ será a ROTA III B.

A última opção do estudo será o transporte rodoviário do biometano, por meio rodoviário idêntico ao da ROTA I, porem com os dados da ROTA III são as ROTAS IV A, com 18.256 m³ que é a ROTA IV B, com 50.000m³.

Tabela 8 - Produção das rotas

ROTA	Produção (m³/dia)
ROTA I	10.000
ROTA II	8.256
ROTA III – A	18.256
ROTA III – B	50.000
ROTA IV – A	18.256
ROTA IV – B	50.000

Nas 4 ROTAS apresentadas, não será necessário a construção de nenhum biodigestor, deve-se partir das instalações já existentes para incentivar a fixação do produtor rural e sua família no campo, gerando uma fonte extra de receita.

A análise de viabilidade neste caso foi realizada para cada ROTA. De posse dos dados referentes aos custos e aos benefícios originados com a implantação do biogasoduto em PEAD

e aproveitamento do biogás em cada caso, procedeu-se à análise da viabilidade econômica do sistema, por meio de indicadores de análise de investimentos, que segundo Dias, *et al* (2013) são:

O Valor Presente Líquido (VPL) trata-se de um método matemático-financeiro que possibilita a determinação do valor no presente, de pagamentos futuros descontados uma taxa de juros, subtraído o custo do investimento inicial. Se o VPL for maior que zero, a decisão é favorável à realização do investimento inicial, pois o projeto cobrirá tanto o investimento inicial quanto a remuneração mínima do investidor, além de gerar um excedente financeiro. O cálculo matemático utilizado para obtenção deste valor é:

Equação 3 - Valor presente líquido (VPL)

$$VPL = FC_1 + \frac{FC_2}{(1+i)^{j+1}} + \frac{FC_3}{(1+i)^{j+2}} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^{j+n}} \quad \text{Equação III}$$

No qual, FC significa o fluxo de caixa de cada período, o i é a taxa de desconto escolhida e $j=1$. Assim que o estamos vendo é cada fluxo de caixa ser dividido pela taxa de desconto elevada ao seu respectivo período, visto que os juros, neste caso, são compostos.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que iguala o Valor Presente Líquido de um investimento com seu respectivo retorno futuro. Para que o investimento seja viável é necessário que a TIR seja maior que a Taxa Marginal de Atratividade do Capital (TMA). Matematicamente, TIR é representado da seguinte forma:

Equação 4 - Taxa interna de retorno (TIR)

$$FC_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad \text{Equação IV}$$

Onde:

FC_j : Fluxo de caixa de ordem j , para $j= 1,2,3,\dots,n$;

i : Taxa Interna de Retorno

FC_0 : Investimento Inicial

Por fim, o *payback* trata-se do tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor deste investimento. Já o *payback*

descontado atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de juros, trazendo os fluxos para valor presente, para depois calcular o período de recuperação. Este método é ideal para o cálculo do tempo necessário para o retorno do investimento. Matematicamente, o payback descontado é representado da seguinte forma:

Equação 5 - *playback* descontado

$$FCC(t) = I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; \quad 1 \leq t \leq n$$

Equação V

Onde:

FCC(t): Valor presente do capital, ou seja, fluxo de caixa descontado ao valor presente acumulado até o período t;

I: Investimento inicial (em módulo), ou seja, -I é valor algébrico do investimento, localizado no instante zero (início do primeiro período);

R_j : Receita do ano j;

C_j : Custo proveniente do ano j;

i: Taxa de desconto (TMA);

j: índice genérico que representa os períodos.

Para se obter esses indicadores projeta-se o fluxo de caixa do empreendimento, receitas e custos, e consideraram-se os investimentos a serem realizados. Ressalta-se que todos os dados usados na construção desses documentos foram pesquisados no mercado, com fornecedores idôneos, porém aqui não identificados e pesquisas no Diário Oficial da União.

Considerou-se para as análises econômicas o mesmo valor que as indústrias pagam em São Paulo e Santa Catarina no GN, R\$ 1,15/m³, para deixar a indústria do estado em condições de competir com as de outras regiões. No estado de Mato Grosso do Sul, de acordo com o DOU de 08 de abril de 2014, o valor de pauta é de R\$ 1,1130/m³ sem impostos.

Para os cálculos dos valores do Biometano e Biogás, utilizou-se o poder calorífico do GNC como 100% e montou-se a Tabela 9, como referência para toda a viabilidade econômica.

Tabela 9 - Custo por porcentagem de Kcal.

Tipo do gás	Porcentagem de kcal (%)	Unidade de medida	Poder calorífico	Custo
Gás Natural	100	m ³	9.400	R\$ 1,15
Biometano	65	m ³	7.000	R\$ 0,86
Biogás	55	m ³	5.140	R\$ 0,63

De acordo com Pinto (2014), que trabalhou com a tarifação na malha de biogásodutos de transporte no Brasil: Evolução e perspectivas, tem-se a formação da tarifa composta por quatro partes: a Parcela Variável, a Parcela do Transporte, a Margem de distribuição e os impostos (PIS/CONFINS e ICMS) conforme a Figura 53.

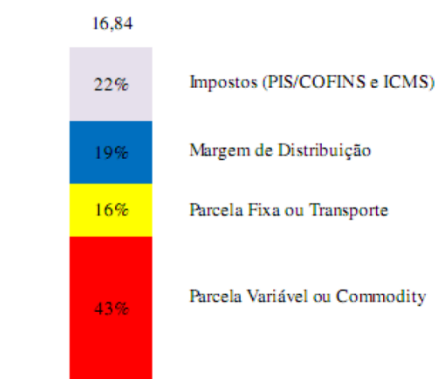


Figura 53- Decomposição do preço do Gás Natural – Consumidor Industrial.

Fonte: modificado de Firjan (2011).

Para valores de transporte e remuneração do biogásoduto, usamos o mesmo modelo de pagamento usado pelos biogásodutos implantados no país, em um modelo adaptado pelo autor (Figura 54), onde temos a Parcela do Produtor (Parcela Variável), com 60% e a Parcela do Transporte (Parcela Fixa) com 40% na formação do preço.

Nesta parcela Fixa, estão inclusos todos os custos referente a manutenção, operação e controle do biogásoduto.

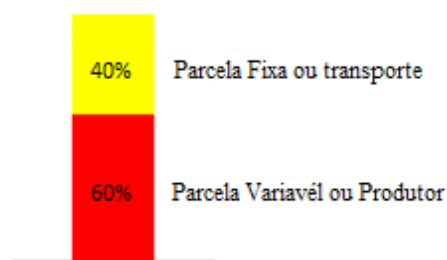


Figura 54- Decomposição do preço do Gás Natural.

O processo de construção do biogasoduto consiste na união de vários dutos de comprimentos e diâmetros diferentes e a instalação de compressores se necessário. Após a confecção, os dutos são enterrados a cerca de 1m de profundidade.

Já o biogasoduto virtual, é uma unidade de purificação do biogás, sua compressão em 240 bar em um feixe de cilindros numa carreta para seu transporte ao local de consumo e sua descompressão no momento do consumo, conforme foi demonstrado na Figura 37.

5.8.1 ROTA I - Instalação de uma unidade de tratamento e compressão na COOASGO e biogasoduto virtual para uso do biometano no APL Terra Cozida do Pantanal

Em frente a BR 163, tem-se a COOASGO, e as outras 7 unidades seguem uma reta, com 10.200m de distância até o último ponto de coleta. Esse seria o biogasoduto mais barato de se construir, pois é totalmente em estradas municipais, facilitando assim as autorizações e licenças ambientais e envolvendo somente 7 produtores independentes. Na Figura 55, tem-se o mapa da ROTA I, com imagem do *Google Earth* (local) e a na Figura 56, um mapa de localização com as distâncias das granjas a unidade de compressão.



Figura 55- Imagem aérea *Google Eath* em 19/08/2015.

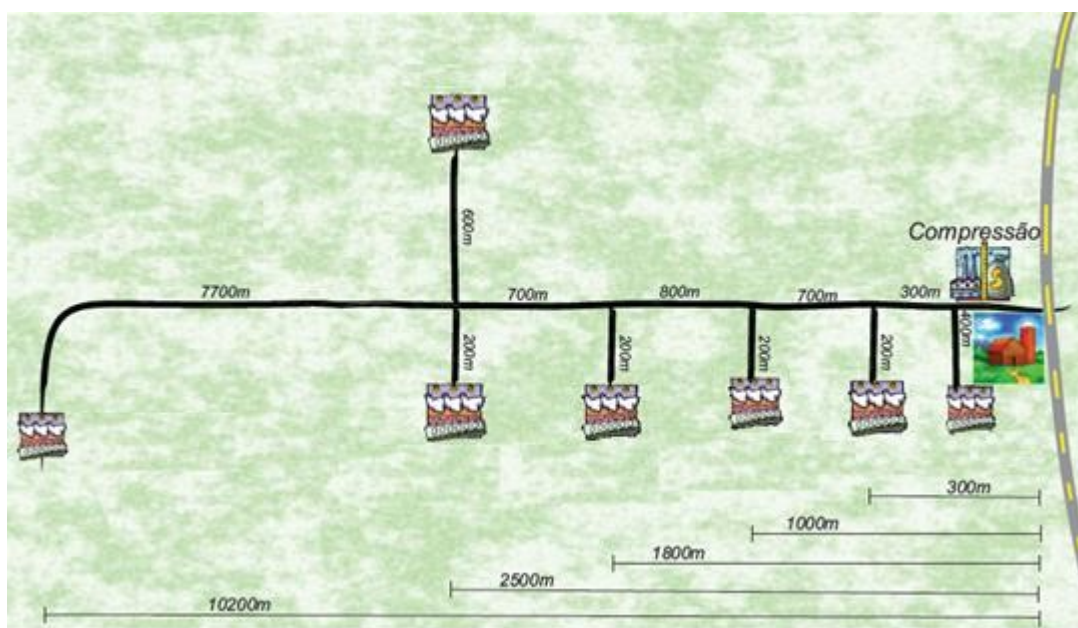


Figura 56 - Esquema demonstrativo da ROTA I.

Tabela 10 - Diâmetro dos biogasodutos em relação a distâncias – ROTA I.

Posição	Distância (m) Ramal secundário	Diâmetro (mm) Dos dutos	Distância (m) até o Ramal principal
1	400	140	110
2	200	140	300
3	200	140	1000
4	200	140	1800
5	200	140	2500
6	600	140	2500
7	-	140	10200
Principal	10200	250	-

O preço do tubo em PEAD com uma Resistência Mínima Requerida (MRS) de 8,0 MPa de 140 mm é R\$ 25,59/m, e de 250 mm é R\$ 81,20/m [Tabela de preço Politejo CD03R01, 2015]. Além do custo da tubulação o total do investimento para construção do biogasoduto envolve os gastos com transporte e mão de obra. Os gastos do biogasoduto estão resumidos na tabela 11.

Tabela 11 - Implantação do biogasoduto na ROTA I.

Investimento	Custo
Tubulação	R\$ 874.302,00
Instalação	R\$ 7.782.000,00
Implantação total do biogasoduto	R\$ 8.656.302,00

O fluxo de caixa na Figura 57 representa o investimento e retorno do projeto ROTA I. Os valores iniciais negativos, representados com uma seta para baixo correspondem ao período em que os investimentos são maiores que os retornos, e os valores positivos onde o retorno se torna superior ao investimento, representados com uma seta para cima. Conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 54, 40% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela de transporte na formação do preço: $40\% \times R\$ 0,86 = R\$ 0,344$. Desta maneira, a receita diária para o consumo de 10.000 m³/dia, $R\$ 0,344 \times 10.000 \frac{m^3}{dia} = R\$ 3.440,00$, será de R\$ 3.440,00, porém, considera-se o valor anual de R\$ 1.255.600,00 e o investimento inicial de R\$ 8.656.302,00.

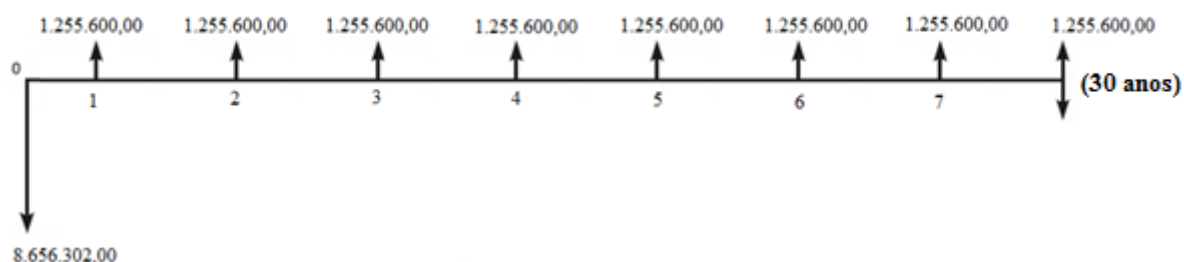


Figura 57- Diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto - ROTA I.

Descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano e considerando-se as fórmulas apresentadas por Dias *et. al.* (2013), apresentadas nas equações III, IV e V, chegou-se aos resultados líquidos anuais de investimento, os quais estão destacados abaixo:

Tabela 12 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA I.

Investimento	VPL	TIR	Payback
R\$ 8.656.302,00	R\$ 1.234.314,80	14%	8 anos

No entanto conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 54, 60% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela do produtor rural na formação do preço: $60\% \times R\$ 0,86 = R\$ 0,516$. Desta maneira, o lucro diário dos produtores rurais para a produção de 10.000 m³/dia, $R\$ 0,516 \times 10.000 \frac{m^3}{dia} = R\$ 5.160,00$, será de R\$ 5.160,00, porém, considera-se o valor anual, que será R\$ 1.883.400,00, apresentado na Figura 58.

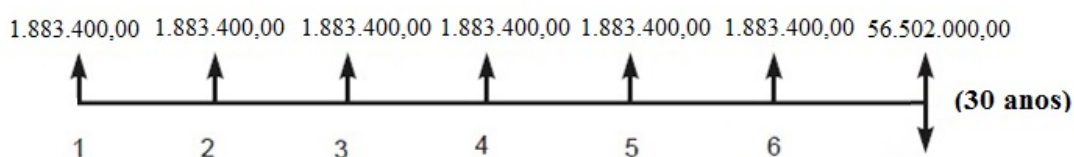


Figura 58 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA I.

Na Figura 59, o fluxo de caixa do biogasoduto está representado em azul e colocamos o fluxo de caixa do produtor rural em vermelho, para demonstrar a viabilidade do investimento nos biodigestores.

Considera-se o valor pago no biometano na cidade de Rio Verde, sendo a purificação, compressão, transporte e posterior descompressão a cargo da empresa do biogasoduto, o que é denominado de biogasoduto virtual.

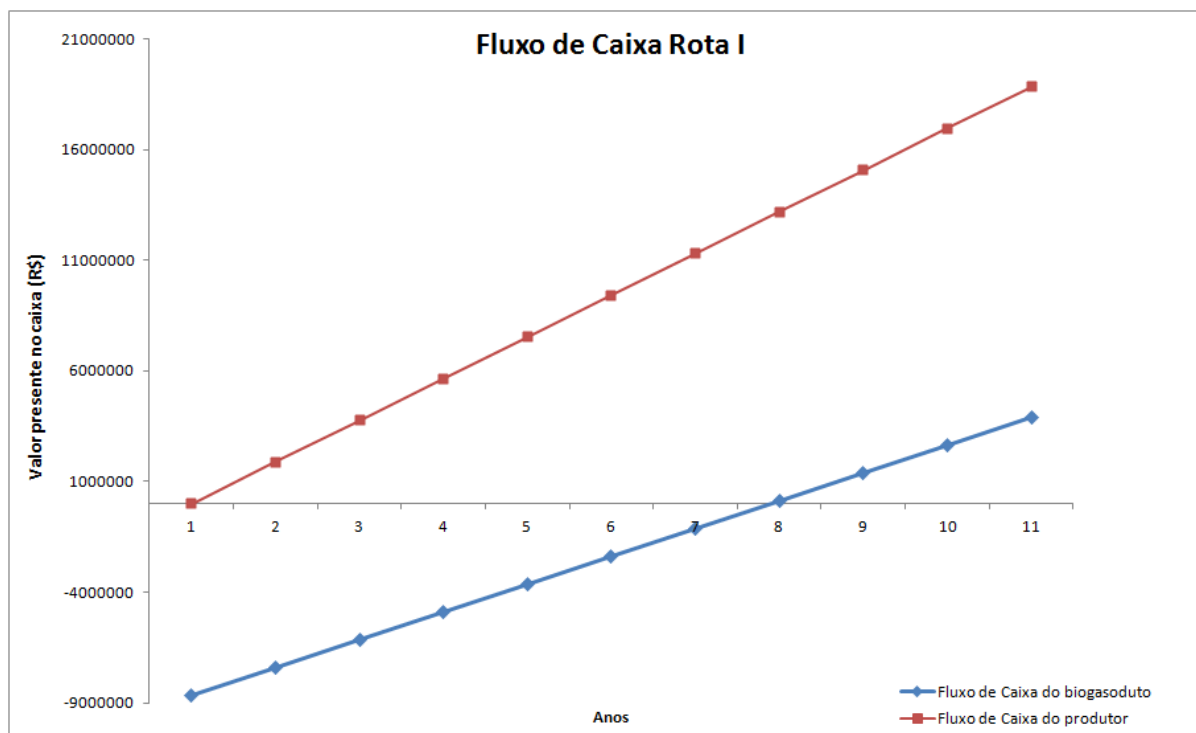


Figura 59- Gráfico do fluxo de caixa da ROTA I.

5.8.2 ROTA II - Instalação de uma Indústria Cerâmica no assentamento

O custo inicial de investimento para este cenário é apresentado em duas etapas, a primeira contempla os investimentos realizados para a captação do biogás nos biodigestores, com implantação do biogasoduto, e a segunda na construção da indústria cerâmica.

Usamos os valores já definidos para os cálculos de viabilidade econômica e ressaltamos que no assentamento, também se usará as instalações já existentes de início e se promoverá a implantação de novos biodigestores com a maturação do projeto.

Aqui será montada uma indústria cerâmica nova para poder fazer o estudo de viabilidade de implantação de uma Indústria Cerâmica na cidade de São Gabriel do Oeste.



Figura 60- Imagem *Google Earth* em 19/08/2015 – Assentamento

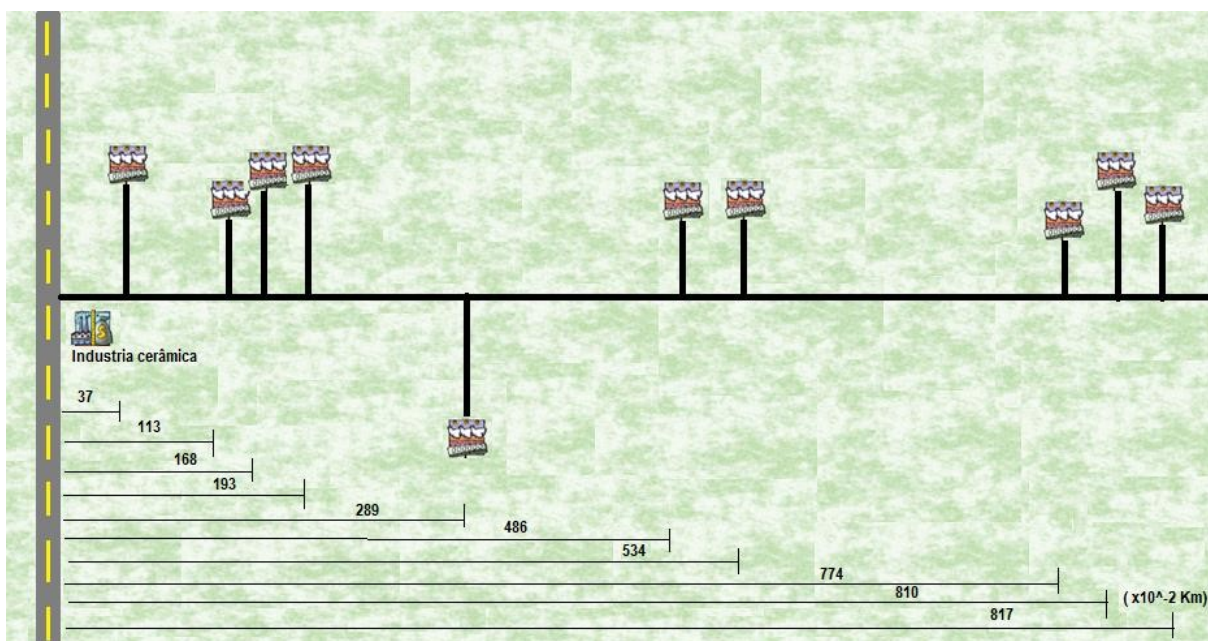


Figura 61 - Esquema do biogasoduto na ROTA II.

Tabela 13 - Diâmetro do biogasoduto em relação a distância - ROTA II.

Posição	Distância (m) do Ramal Secundário	Diâmetro (mm) Dos Dutos	Distância (m) do Ramal Principal
1	1.253	140	369
2	468	140	1.132
3	720	140	1.679
4	761	140	1.931
5	949	140	2.893
6	374	140	4.864
7	458	140	5.336
8	284	140	7.735
9	601	140	8.079
10	536	140	8.170
Principal	8.421	250	-

Etapas I - O preço do tubo em PEAD com uma resistência mínima requerida (MRS) de 8,0 MPa de 140 mm é R\$ 25,59/m, e de 250 mm é R\$ 81,20/m. Além do custo da tubulação o total do investimento para construção do biogasoduto envolve os gastos com transporte e mão de obra. Os gastos do biogasoduto estão resumidos na Tabela 14.

Tabela 14 - Implantação do biogasoduto na ROTA II.

Investimento	Custo
Tubulação	R\$ 847.663,56
Instalação	R\$ 8.736.160,00
Implantação total do biogasoduto	R\$ 9.583.823,56

O fluxo de caixa, na Figura 62, representa o investimento e retorno do projeto da ROTA II. Os valores iniciais negativos, representados com uma seta para baixo correspondem ao período em que os investimentos são maiores que os retornos, e os valores positivos onde o retorno se torna superior ao investimento, representados com uma seta para cima. Conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 54, 40% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela de transporte na formação do preço: 40% x R\$ 0,86 = R\$ 0,344. Desta maneira, a receita diária para o consumo de 8.256 m³/dia, R\$ 0,344 x 8.256 m³/dia = R\$ 2.840,064, será de R\$ 2.840,064, porém, considera-se o valor anual de R\$ 1.036.623,36 e o investimento inicial de R\$ 9.583.823,56.

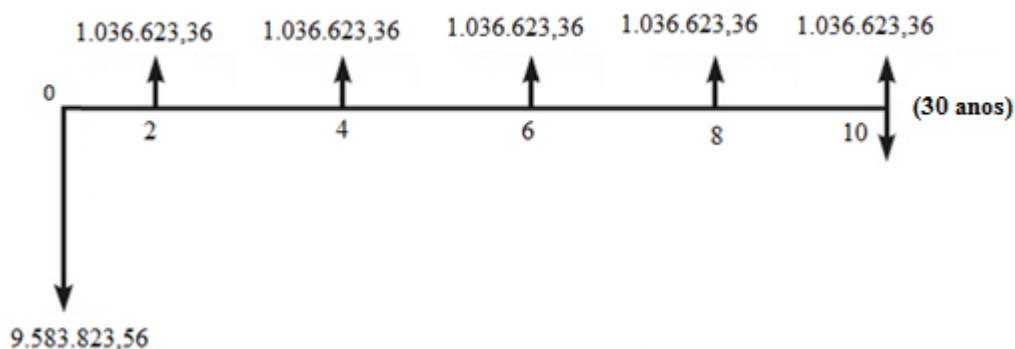


Figura 62- Diagrama do fluxo de caixa da receita - ROTA II.

Descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano e considerando-se as fórmulas apresentadas por Dias *et. al.* (2013), apresentadas nas equações III, IV e V, chegou-se aos resultados líquidos anuais de investimento, os quais estão na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA II.

Investimento	VPL	TIR	Payback
R\$ 9.583.823,56	R\$ -1.418.130,33	10%	10 anos

No entanto conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 50, 60% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela de transporte na formação do preço: $60\% \times R\$ 0,86 = R\$ 0,516$. Desta maneira, o lucro diário dos produtores rurais para a produção de 8.256 m³/dia, $R\$ 0,516 \times 8.256 \frac{m^3}{dia} = R\$ 4.260,096$, será de R\$ 4.260,096, porém, considera-se o valor anual de R\$ 1.554.935,04, apresentado na Figura 63.

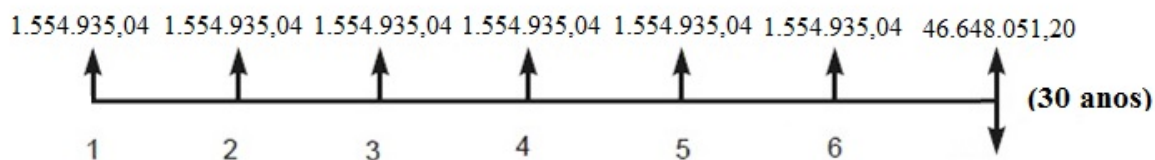


Figura 63 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA II.

O fluxo de caixa do biogasoduto e do produtor é representado na Figura 64, onde apresenta se o valor (R\$) pelo tempo (anos). O fluxo de caixa do biogasoduto está representado

em azul e o fluxo de caixa do produtor rural em vermelho, para demonstrar a viabilidade do investimento nos biodigestores.

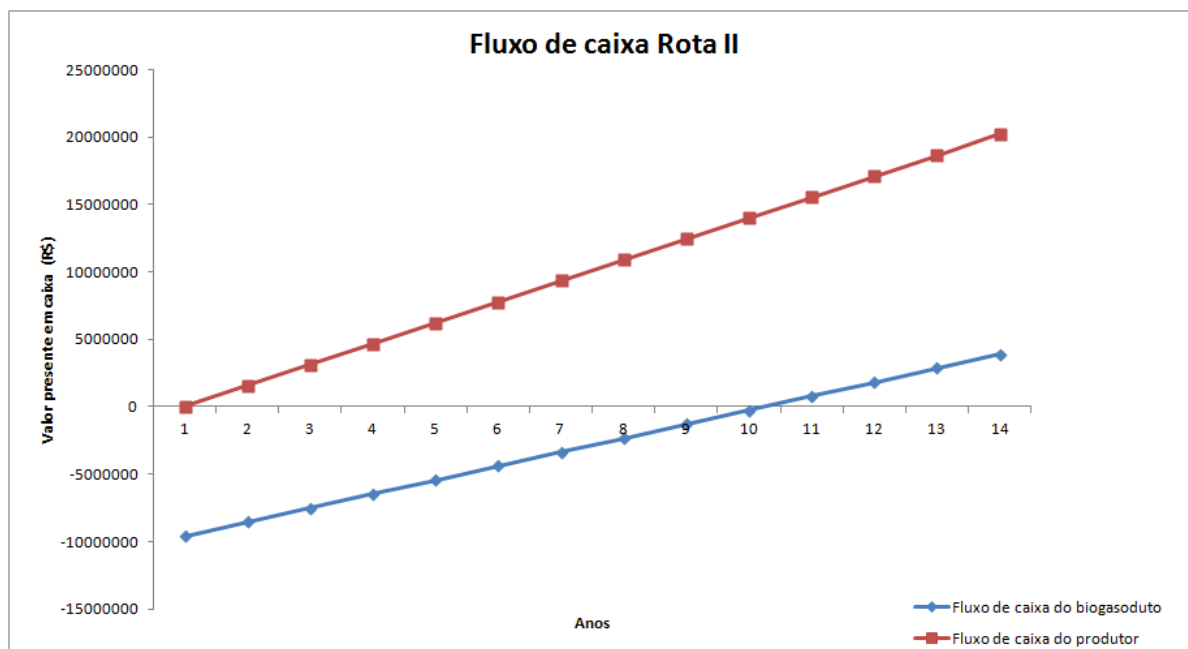


Figura 64 - Gráfico do fluxo de caixa da ROTA II.

Etapa II - A Indústria cerâmica projetada para ser instalada, terá uma produção de 600 mil m² mensais de piso e estima-se, que seja necessário o investimento de R\$ 16.000.000,00 a ser desembolsados em dois anos para obras e construções da fábrica, aquisição de máquinas, equipamentos e instalações, além do capital de giro necessário para a alavancagem da produção e operação inicial da indústria.

Tabela 16 - Custo da Indústria cerâmica ROTA II.

Investimento	Custo
Implantação total da indústria cerâmica	R\$ 16.000.000,00

Com base nos resultados líquidos anuais de investimento, foram extraídos alguns indicadores de rentabilidade da Indústria cerâmica, os quais estão destacados abaixo:

- Tempo de Retorno dos Investimentos (*Payback* Descontado): 8,9 anos (oito anos e 11 meses), descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano.

- Valor Presente Líquido (VPL): R\$ 6.631.069,55 (seis milhões, seiscentos e trinta e um mil, sessenta e nove reais e cinquenta e cinco centavos), descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano.

- Taxa Interna de Retorno: 18% ao ano.

5.8.3 ROTA III – Biogasoduto– São Gabriel do Oeste x Rio Verde (MT)

Nesta ROTA, além dos produtores da ROTA I e ROTA II, tem se a possibilidade de fazer toda a captação do biogás produzido pela COOASGO dos produtores que estiverem alocados nas proximidades do biogasoduto e os futuros produtores de biogás da região, criando assim um Zoneamento Econômico Ecológico na região.

Pode se ressaltar que no município de Rio Verde já tem implantados diversos confinamentos bovinos de grande porte e esse biogasoduto será um atrativo a mais para a instalação de novas granjas de suínos na região, podendo fornecer o biofertilizante para as áreas de pastagens degradadas e o biogás para indústria cerâmica.

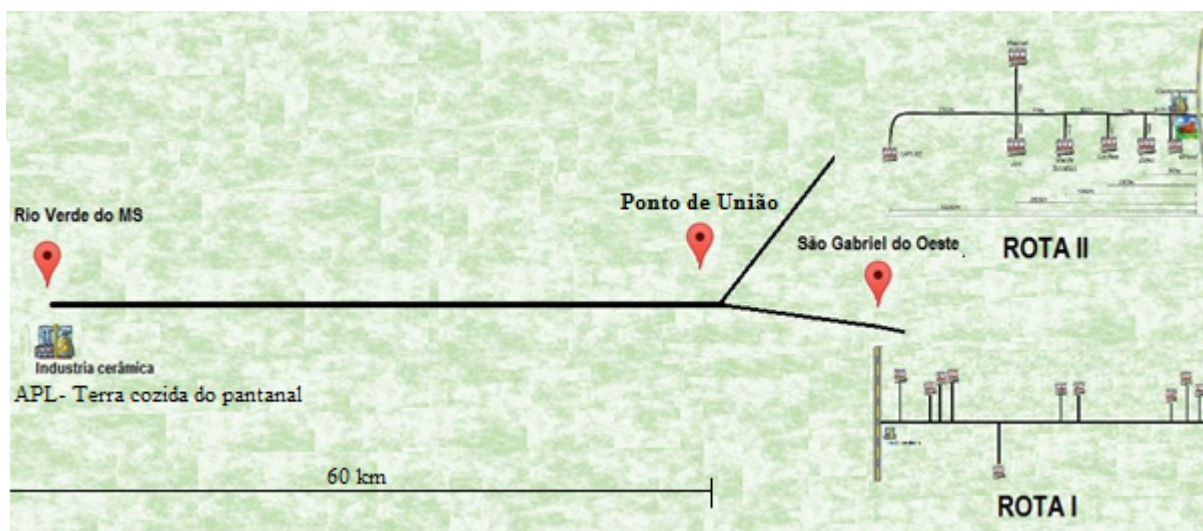


Figura 65- Esquema do biogasoduto na ROTA III.

As distâncias foram tomadas em relação à união das duas ROTAS em um ponto fixo. A ROTA II, que se localiza no assentamento tem a distância prevista para instalação do

biogasoduto até a união das duas ROTAS de 13.231,21 m levando em consideração o caminho mais perto margeando a BR e todas as granjas do seu entorno irão se beneficiar.

A ROTA I, localizada na parte inferior da cidade de São Gabriel do Oeste, fica a uma distância de 33.638,61 m do ponto de união das ROTAS, levando em consideração que o caminho percorrido pelo biogasoduto será margeando a antiga estrada, evitando passar por dentro do município, e podendo abranger mais biodigestores, fazendo somente um ramal de ligação entre a granja e o biogasoduto.

Tabela 17 - Distâncias da ROTA III.

ROTA	Distância (m)
ROTA I á São Gabriel do Oeste	33.638,61
ROTA II á São Gabriel do Oeste	13.231,21
São Gabriel do Oeste á Rio Verde do MT	60.360,00

O custo do investimento para este cenário é apresentado a partir da reunião das ROTAS I e II, a primeira contempla os investimentos realizados para a captação do biogás nos biodigestores, com implantação do biogasoduto e na segunda etapa um biogasoduto unindo as cidades.

O preço do tubo PEAD com uma resistência mínima requerida (MRS) de 8,0 MPa de 400 mm é R\$ 174,30/m, e de 250 mm é R\$ 81,20/m. Além do custo da tubulação o total do investimento para construção do biogasoduto envolve os gastos com transporte e mão de obra. Os gastos do biogasoduto estão resumidos na Tabela 18.

Tabela 18 - Implantação do biogasoduto na ROTA III.

Investimento	Custo
Tubulação – União das ROTAS a Rio Verde	R\$ 10.520.748,00
Instalação – União das ROTAS a Rio verde	R\$ 41.044.800,00
ROTA I	R\$ 8.656.302,00
ROTA II	R\$ 9.583.823,56
Tubulação – ROTA I até União	R\$ 5.863.209,73
Tubulação – ROTA II até União	R\$ 2.306.199,91
Implantação total do biogasoduto	R\$ 77.975.083,20

Nesta análise vamos levar em conta as indústrias já existentes no APL Cerâmico Terra

Cozida do Pantanal, fazendo a substituição da matriz energética cavaco/lenha por Biometano. Vale ressaltar que falamos de Biometano, pois nessa distância, temos de purificar o Biogás, para ser viável e segura à operação.

Analisando a viabilidade do biogasoduto entre as duas ROTAS, considerando 18.256 m³/dia, como ROTA III A, e conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 54, 40% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela de transporte na formação do preço: $40\% \times R\$ 0,86 = R\$ 0,344$, assim obtemos um fluxo de caixa demonstrado na Figura 66, onde o *payback* é de 35 anos, na qual a receita diária para o consumo de 18.256 m³/dia, $R\$ 0,344 \times 18.256 \frac{m^3}{dia} = R\$ 6.280,064$, será de R\$ 6.280,054, porém, considera-se o valor anual de R\$ 2.292.223,36 e o investimento inicial de R\$ 77.975.083,20.

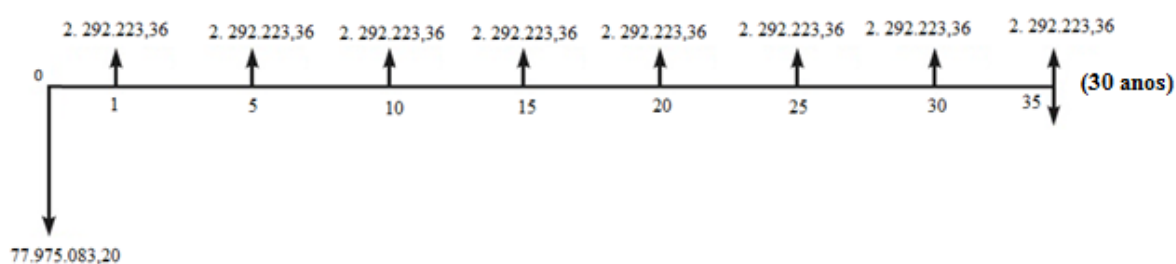


Figura 66 - Diagrama do fluxo de caixa da receita - ROTA III A.

Descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano e considerando-se as fórmulas apresentadas por Dias *et. al.* (2013), apresentadas nas equações III, IV e V, chegou-se aos resultados líquidos anuais de investimento, os quais estão destacados na Tabela 19.

Tabela 19 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA III A.

Investimento	VPL	TIR	Payback
R\$ 77.975.083,20	R\$ -59.918.773,17	-1%	35 anos

No entanto conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 54, 60% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela de transporte na formação do preço: $60\% \times R\$ 0,86 = R\$ 0,516$. Desta maneira, o lucro diário dos produtores rurais para a produção de 18.256 m³/dia, $R\$ 0,516 \times 18.256 \frac{m^3}{dia} = R\$ 9.420,096$, será de R\$ 9.420,096, porém, considera-se o valor anual de R\$ 3.438.335,04, representado na Figura 67.

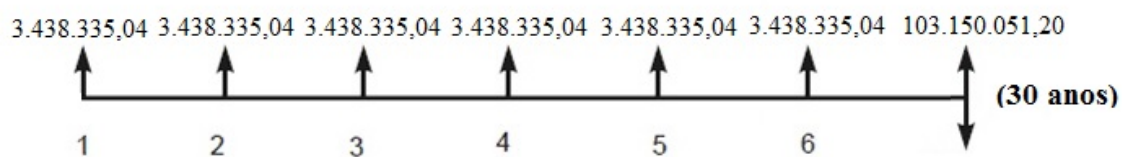


Figura 67 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA III A.

Na figura 68, temos o gráfico do fluxo de caixa do biogasoduto e do produtor.

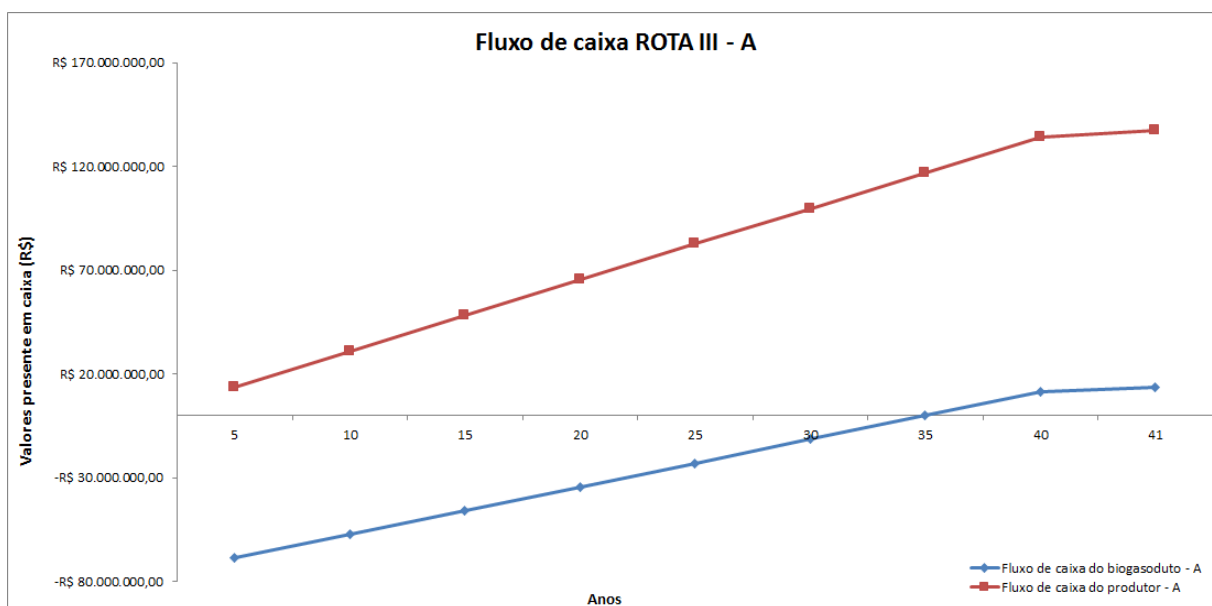


Figura 68- Gráfico do Fluxo de caixa da ROTA III A.

Entretanto, no fluxo de caixa, da Figura 69, foi levando em consideração todo o biometano produzido na cidade de São Gabriel do Oeste, de 50.000 m³/dia, ROTA III B. Conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 54, 40% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela de transporte na formação do preço: $40\% \times R\$ 0,86 = R\$ 0,344$, onde o *payback* é de 14 anos, na qual a receita diária para o consumo de 50.000 m³/dia, $R\$ 0,344 \times 50.000 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} = R\$ 17.200,00$, será de R\$ 17.200,00, porém, considera-se o valor anual de R\$ 6.278.000,00 e o investimento inicial de R\$ 77.975.083,20.

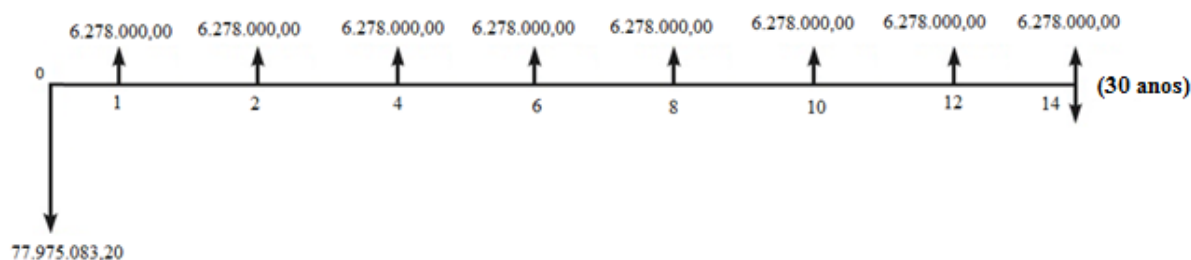


Figura 69- Diagrama do fluxo de caixa da receita - ROTA III B

Descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano e considerando-se as fórmulas apresentadas por Dias *et. al.* (2013), apresentadas nas equações III, IV e V, chegou-se aos resultados líquidos anuais de investimento, os quais estão destacados abaixo:

Tabela 20 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA III B.

Investimento	VPL	TIR	Payback
R\$ 77.975.083,20	R\$-28.521.999,19	7%	14 anos

No entanto conforme apresentado na decomposição do preço do gás natural, na Figura 54, 60% do custo por m³ do Biometano R\$ 0,86 é destinado a parcela de transporte na formação do preço: $60\% \times R\$ 0,86 = R\$ 0,516$. Desta maneira, o lucro diário dos produtores rurais para a produção de 50.000 m³/dia, $R\$ 0,516 \times 50.000 \frac{m^3}{dia} = R\$ 9.420,096$, será de R\$ 9.420,096, porém, considera-se o valor anual de R\$ 3.438.335,04, representado na Figura 70.

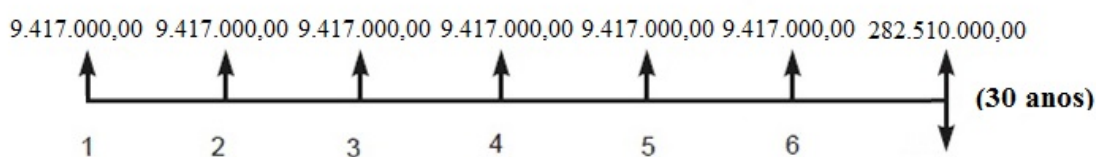


Figura 70 - Diagrama do fluxo de caixa do produtor - ROTA III B

Para o produtor rural, a situação do fluxo de caixa sempre é positiva (não levamos aqui em consideração a implantação da Granja e biodigestores). Na Figura 71, temos o gráfico do fluxo de caixa do biogasoduto e do produtor.

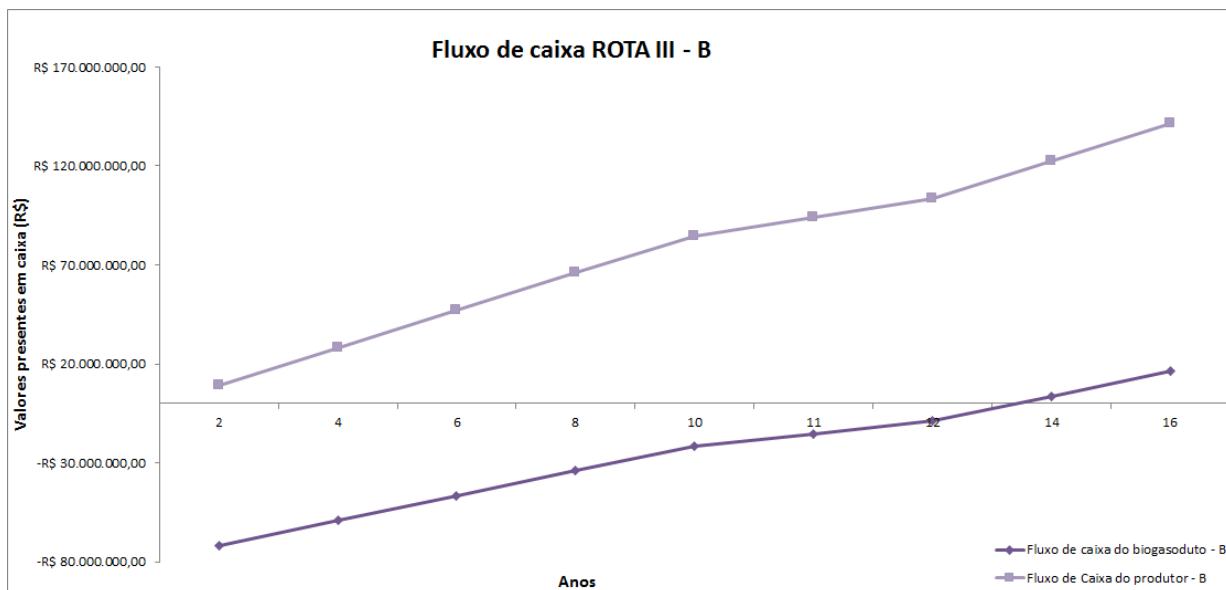


Figura 71 - Gráfico do Fluxo de caixa ROTA III B

Na Figura 72, temos o comparativo entre os fluxos de caixa da ROTA III A e ROTA III B, onde se percebe que o aumento do volume de biogás viabiliza o processo.

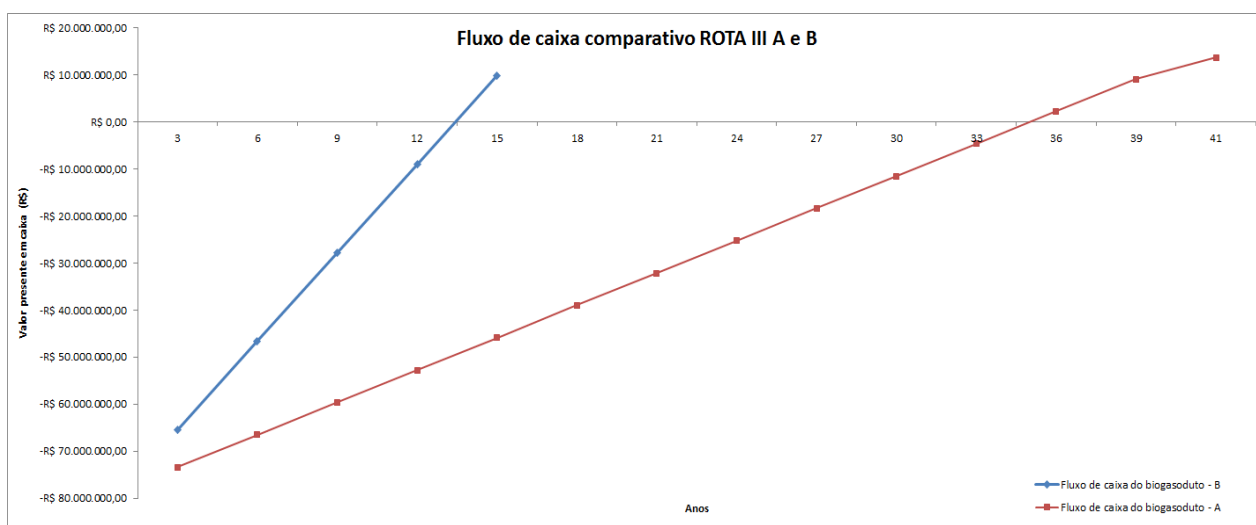


Figura 72 - Gráfico do Fluxo comparativo entre a ROTA III A e B

5.8.4 ROTA IV – Biogasoduto Virtual – São Gabriel do Oeste x Rio Verde (MT)

Nesta ROTA, partiremos do ponto de união da ROTA III, porém sem a utilização de dutos e sim com o biogasoduto virtual. Na Figura 73, temos os equipamentos necessários a transporte e compressão e descompressão do GNC.



Figura 73 - Uma carreta de GNC e container para rebaixamento de pressão.

Esta ROTA, Figura 74, é mais rápida de ser implementada do que a ROTA III, pois somente necessitaria de pequenos investimentos para construção da ROTA I e ROTA II, tanto financeiros como de licenciamento ambiental, podendo ser feita em partes, dando tempo para as empresas do APL se estruturarem.

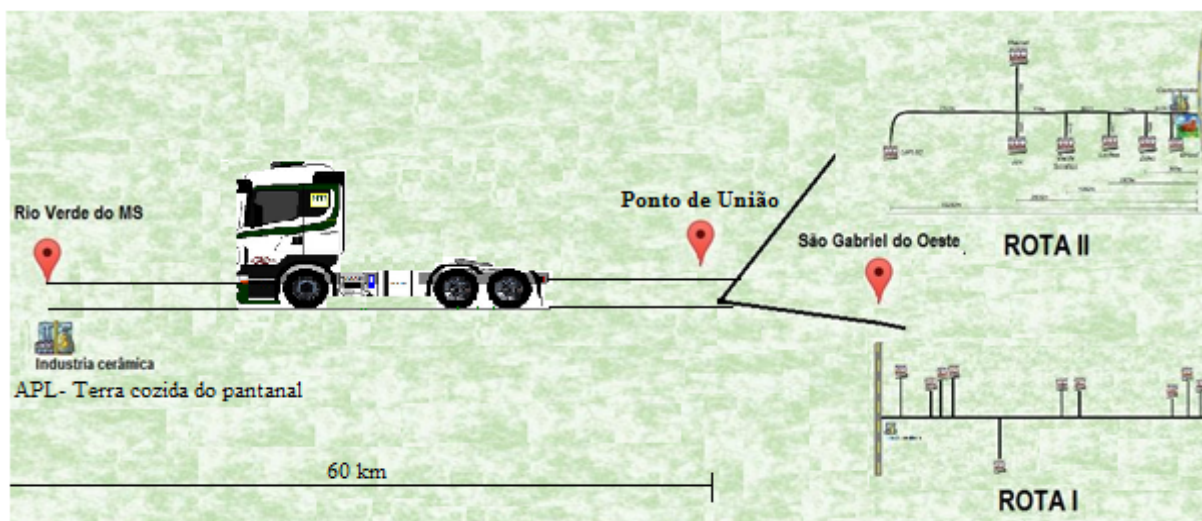


Figura 74 - Esquema da ROTA IV.

Na Tabela 21, temos todos os custos para a implantação do biogasoduto, que é a interligação da ROTA I e ROTA II, em um local denominado de ponto de união.

Tabela 21 - Investimento total do biogasoduto na ROTA IV.

Investimento	Custo
ROTA I	R\$ 8.656.302,00
ROTA II	R\$ 9.583.823,56
Tubulação – ROTA I até União	R\$ 5.863.209,73
Tubulação – ROTA II até União	R\$ 2.306.199,91
Implantação total do biogasoduto	R\$ 26.409.535,20

Na Figura 75, tem-se o diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto virtual, onde a receita diária para o consumo de 18.256 m³/dia é mesma receita apresentada na rota III A, pois o consumo médio diário é mesmo, porém o investimento inicial é menor, de R\$ 26.409.535,20, pois não tem a implantação dos dutos.

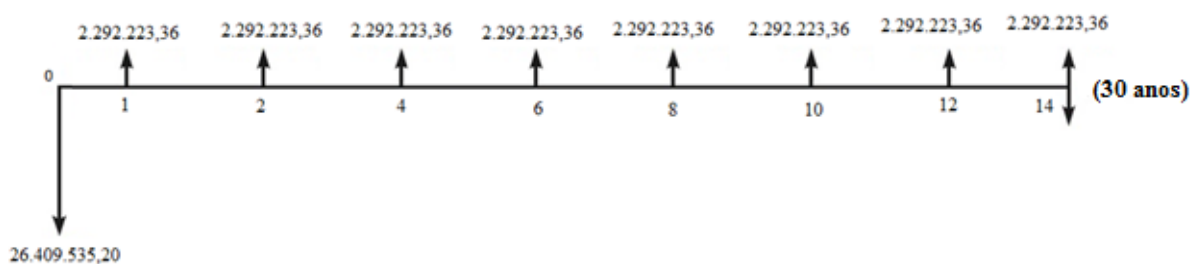


Figura 75- Diagrama do Fluxo de caixa para receita - ROTA IV A.

Descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano e considerando-se as fórmulas apresentadas por Dias *et. al.* (2013), apresentadas nas equações III, IV e V, chegou-se aos resultados líquidos anuais de investimento, os quais estão destacados abaixo:

Tabela 22 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA IV A.

Investimento	VPL	TIR	Payback
R\$ 26.409.535,2	R\$-8.353.225,17	8%	14 anos

Desta maneira, o lucro diário dos produtores rurais para a produção de 50.000 m³/dia, também será o mesmo apresentado na rota III A com valor anual de R\$ 3.438.335,04.

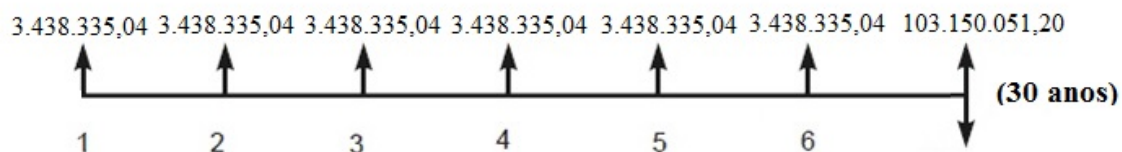


Figura 76 - Diagrama do Fluxo de caixa para o produtor - ROTA IV A.

Na Figura 77, tem-se o gráfico do fluxo de caixa do produtor rural e do biogasoduto.

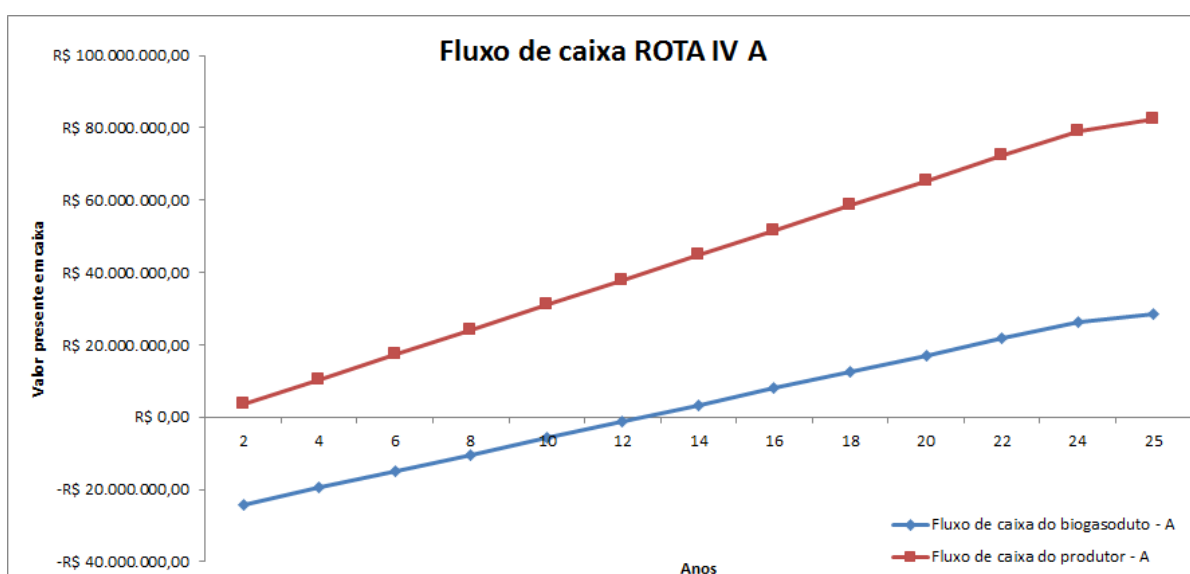


Figura 77 - Gráfico do fluxo de caixa da ROTA IV A, do biogasoduto e do produtor rural.

Na Figura 78, tem-se o diagrama do fluxo de caixa do biogasoduto virtual, onde a receita diária para o consumo de 50.000 m³/dia é mesma receita apresentada na rota III B, pois o consumo médio diário é mesmo, porém o investimento inicial é menor, de R\$ 26.409.535,20, pois não tem a implantação dos dutos.

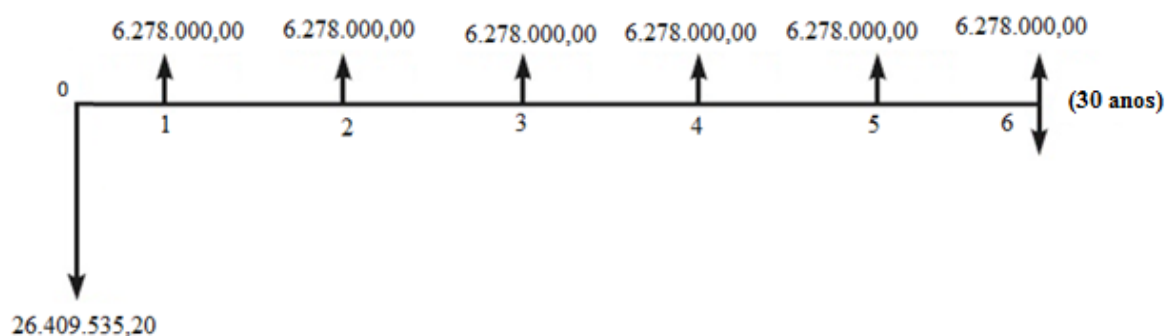


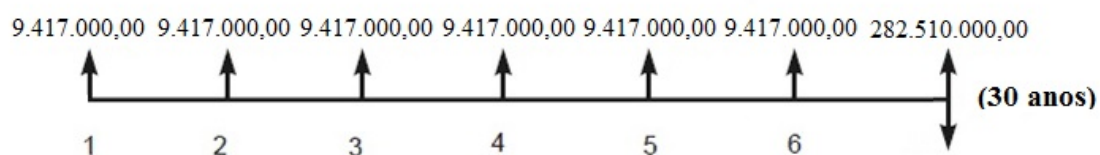
Figura 78 - Fluxo de caixa do biogasoduto ROTA IV B

Descontando a taxa de atratividade mínima de 12,25% ao ano e considerando-se as fórmulas apresentadas por Dias *et. al.* (2013), apresentadas nas equações III, IV e V, chegou-se aos resultados líquidos anuais de investimento, os quais estão destacados na Tabela 23.

Tabela 23 - Resultados líquidos anuais de investimento ROTA IV B.

Investimento	VPL	TIR	Payback
R\$ 26.409.535,2	R\$23.043.548,81	24%	6 anos

Desta maneira, o lucro diário dos produtores rurais para a produção de 50.000 m³/dia, também será o mesmo apresentado na rota III B com valor anual de R\$ 9.417.000,00 a.a..



Na Figura 79, tem-se o gráfico do fluxo de caixa do biogasoduto e dos produtores rurais, mostrando a viabilidade da utilização dos biodigestores.

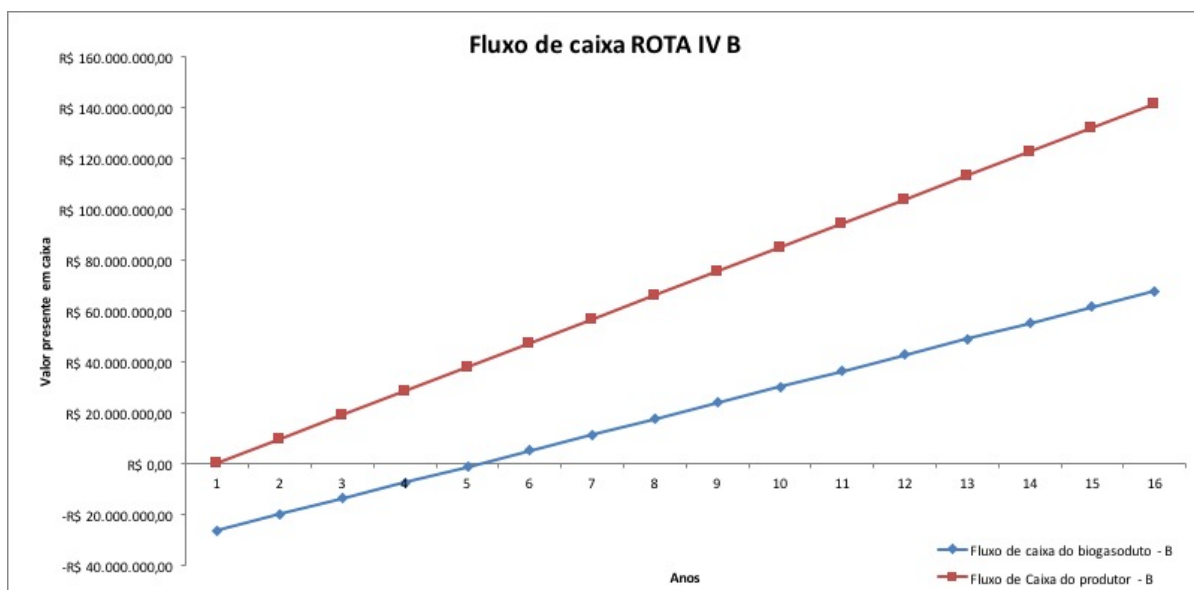


Figura 79 - Gráfico do fluxo de caixa da ROTA IV B, do biogasoduto e do produtor rural.

Na Figura 80, tem o gráfico do fluxo de caixa comparativo entre a ROTA IV A e ROTA IV B, onde se percebe que o volume de biogás impacta totalmente na viabilidade do projeto.

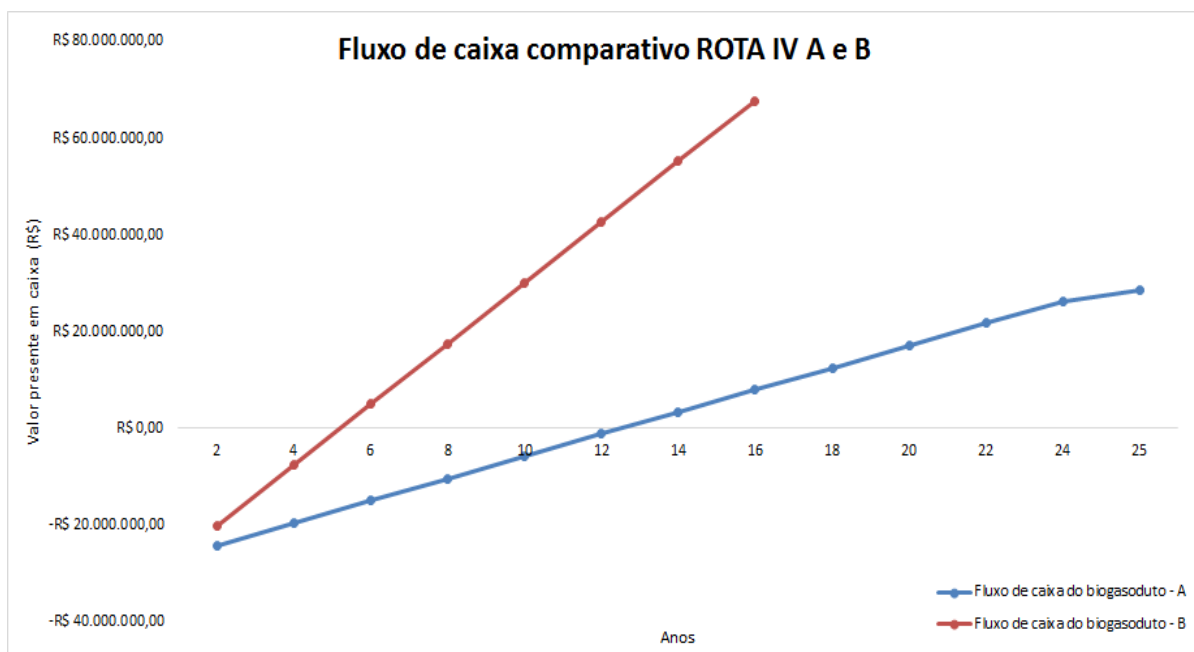


Figura 80 – Gráfico do fluxo comparativo entre a ROTA IV A e ROTA IV B

6 DISCUSSÕES

A demanda de energia elétrica no Brasil ao longo da década deverá crescer a uma taxa média de 4,8% ao ano (EPE, 2011). A maior parte da energia elétrica consumida no Brasil tem procedência de empreendimentos hidrelétricos (ANEEL, 2013), considerando a situação crítica das hidrelétricas por causa da queda constante do nível de seus reservatórios, destaca-se alto percentual de energia renovável que sempre caracterizou a matriz energética brasileira, assim, fazendo-se necessário a utilização de novas fontes de energia, no sentido de melhorar o rendimento de energia elétrica.

Desta maneira, despertou-se o interesse em pesquisar fontes de energia inesgotáveis. Dentro destas fontes de energia conhecidas como limpas e abundantes, a bioenergia a partir de resíduos sólidos agrícolas como os dejetos de origem animal tornou-se alternativa viável (CLEAN ENERGY, 2004), diminuindo a capacidade poluidora desses resíduos, pois o gás emitido por eles na decomposição que antes iria para o meio ambiente agora se destina a produção de energia e a porção sólida utilizada como adubo orgânico (GASPAR, 2003).

Para produção energética a partir destes dejetos de origem animal, destaca-se um importante setor do agronegócio brasileiro, a suinocultura, que vem se desenvolvendo nos últimos anos devido aos grandes avanços tecnológicos na seleção de matrizes, reprodução controlada, controle da alimentação e de sanidade, que geraram um aumento da produtividade do setor (ABIPECS, 2007). A profissionalização da suinocultura trouxe também a produção de grandes quantidades de dejetos.

No caso de tratamento desses dejetos de animais analisado neste trabalho abordou-se o sistema de biodigestores, com enfoque à aplicabilidade na indústria cerâmica na Região Norte do estado de Mato Grosso do Sul. Onde atualmente está sendo queimado um gás sem fins energéticos, tornando-se um desperdício, que pode ser transformado uma fonte de energia renovável e sustentável.

6.1 Região da implantação dos biodigestores

O Pantanal está situado na parte alta da Bacia do rio Paraguai a qual possui uma superfície de aproximadamente 500.000 quilômetros quadrados. A planície cobre uma área de quase 210 mil quilômetros quadrados, dos quais 70% estão no Brasil (nos Estados do Mato

Grosso e Mato Grosso do Sul), 20% na Bolívia e 10% no Paraguai. É uma região única na qual se encontram o Cerrado (Leste, Norte e Sul); o Chaco (Sudoeste); a Amazônia (Norte); a Mata Atlântica (Sul) e o Bosque Seco Chiquitano (Noroeste). Muitas vezes encontra-se a denominação "pantanais", pois a planície pode ser dividida em onze sub-regiões distintas, cada qual com especificidades quanto ao regime de inundação, drenagem, vegetação e relevo [ECOIA, 2014].

Uma das características marcantes do Pantanal é seu regime de cheias e secas e a relação entre a parte alta da bacia (planalto) e a parte baixa (planície). Na planície a declividade é, aproximadamente, de 1 a 2 centímetros por quilômetro no sentido Norte-Sul e 6 a 12 centímetros por quilômetro no sentido Leste-Oeste. Esta situação faz com que região funcione como uma grande "esponja" que, durante o período das chuvas, recebe as águas da parte alta as quais são retidas e escoadas lentamente alcançando o rio Paraguai [ECOIA, 2014]. Nota-se, que nesta região vários problemas são enfrentados desde o processo de "esponja". Quando não são problemas com terras indígenas, são de meio ambiente, sempre ligados à legislação que o país constantemente consegue alterar, não dando assim uma segurança jurídica a empreendedores e investidores, de modo a se desenvolver projetos de longo prazo na região.

Nem o crescimento exponencial da industrialização sucroalcooleira, a região do Pantanal pode desfrutar, pois através da RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 5 de março de 1985, O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o item III, do artigo 71, de seu Regimento Interno, resolve: Determinar que a Secretaria Especial do Meio Ambiente e os órgãos estaduais do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, responsáveis pelo meio ambiente, suspendam a concessão de licença para a implantação de novas destilarias de álcool nas bacias hidrográficas situadas no Pantanal Matogrossense, como pode ser constatado no mapa do Mato Grosso do Sul, Figura 81.



Figura 81 - Mapa Mato Grosso do Sul (MS Industrial – Revista Radar Industrial - FIEMS).

Nota-se que, a região tem as maiores taxas de mortalidade de crianças inferiores a cinco anos, marcadas em vermelho, no mapa, idênticas às outras regiões brasileiras de baixa densidade demográfica, determinando uma região quase sem nenhum desenvolvimento industrial. Verificam-se sempre ilhas de excelência nessas regiões, o que demonstra que realmente são problemas pontuais, conforme a Figura 82.

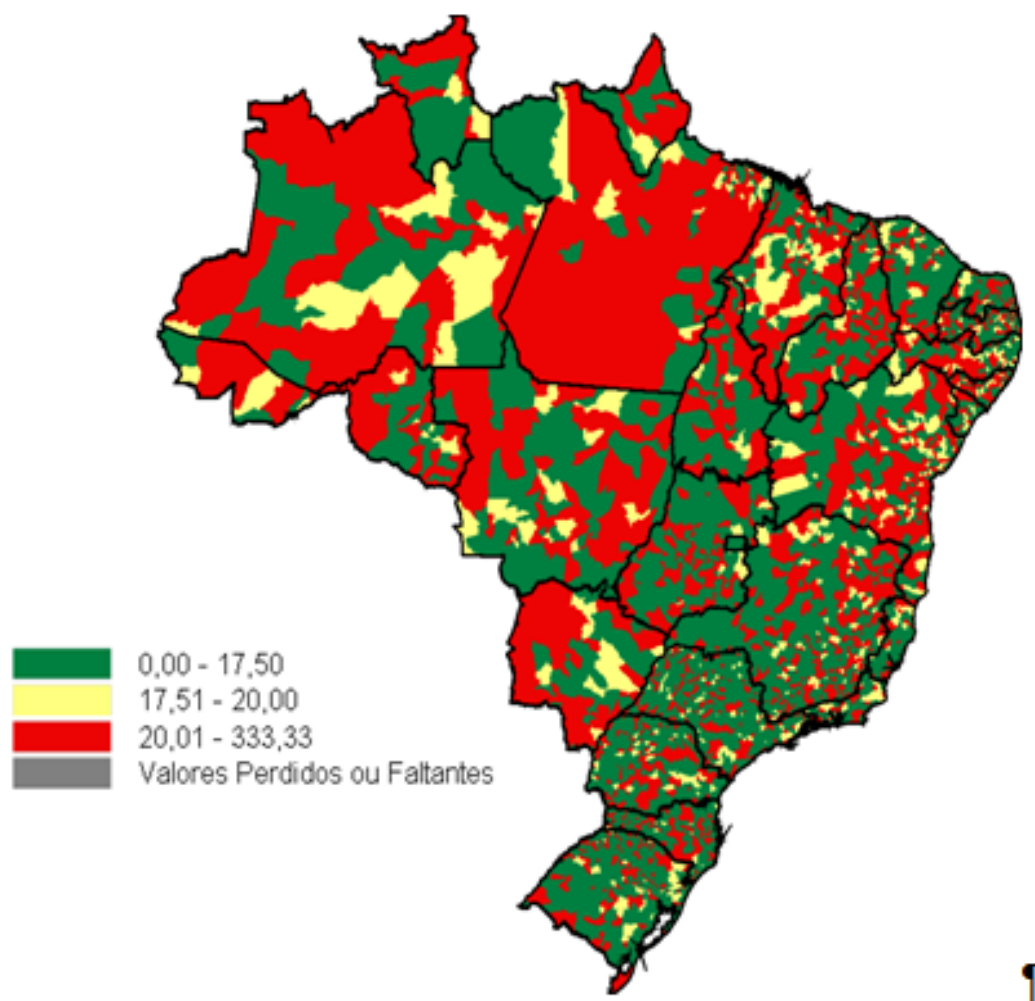


Figura 82 - Taxa de mortalidade de crianças menores de 5 anos. Mortes por 1.000 nascidos vivos – 2010.
Fonte DATASUS – Sistema de Informações Sobre Mortalidade - SIM

6.2 Consumo de energia no Brasil

Um dos grandes problemas enfrentado atualmente no país é o desperdício de energia elétrica que vem ocorrendo nas últimas décadas. Além de o consumo ter aumentado naturalmente, cerca de 12 % da energia elétrica que o país produz é desperdiçada, ou seja, não é usada para nada, segundo dados da Eletrobrás. Esse número equivale a 7.500 megawatts (MW), ou o consumo de 40% das residências brasileiras [WWI, 1994] [Eletrobrás, 2011].

Na verdade, desde 1995 o consumo de energia elétrica vem crescendo mais do que a capacidade de geração das usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares em funcionamento.

Assim, o combate ao desperdício passa a ser a fonte de produção mais barata e mais limpa que existe, uma vez que gera economia e evita maiores impactos ao meio ambiente.

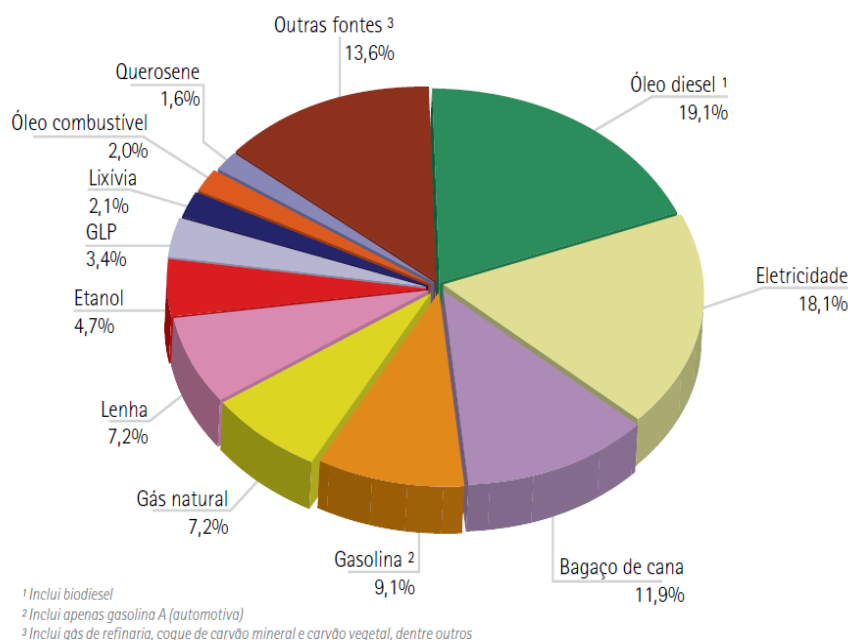


Figura 83 - Consumo final de energia por fonte Eletrobrás (2011).

6.3 Aproveitamento de uma energia desperdiçada

Atualmente tem-se energia sobrando e sendo desperdiçada em São Gabriel do Oeste que aumenta a cada dia, devido a grande disponibilidade de matéria orgânica disponível gerada pelos dejetos produzidos pelos suínos, de forma contínua e renovável. Observa-se ainda que há um pólo produtor de cerâmica, o APL Terra Cozida do Pantanal em Rio Verde, distante apenas 60km, que sofre com altos custos de energia elétrica e térmica, usando para a queima um material lenhoso de origem nobre, o cavaco e lenha de madeira de reflorestamento.

O grande desafio é transformar esse resíduo todo em nova fonte energética de fácil usabilidade, transformando a região de agropecuária em uma nova fronteira agroenergética, revertendo esse lucro aos produtores rurais e a sociedade local.

No trabalho de Schwob (2007) sobre a Perspectiva de Difusão do Gás Natural na Indústria Brasileira de Cerâmica, obtêm-se que na demanda de lenha predomina o produto

reflorestado, com preço considerado elevado, da ordem de R\$ 50,00/m³. Com este valor tornaria viável o emprego do gás natural que apresenta grande oferta na região, em termos de volume disponível, apesar da rede de distribuição quase inexistente. Esta análise foi realizada na data que iria ser construído o Gasbol. Ainda, segundo Schwob, deve ser ressaltada a relativa incidência de fornos semi-contínuos (tipo Hoffman) e contínuos, em menor quantidade (hoje os contínuos já são maior quantidade) que favoreceriam a conversão para gás natural.

Realizando a pesquisa em Rio Verde de MT (MS), verificou-se que em termos gerais, o volume de gás natural que poderia ser demandado na região (APL Terra Cozida do Pantanal) seria da ordem de 40.000 m³/dia, em substituição da lenha, já considerada a vantagem de melhor rendimento térmico da queima com gás natural. Nota-se, neste caso, que é conjunto das empresas de maior porte, como plotadas no mapa da Figura 84.



Figura 84- Indústrias cerâmicas da cidade de Rio Verde do MT.

Nota-se que neste trabalho também foram comprovados, conforme estudo de Schwob (2007), que há vantagens no uso de gás natural em detrimento à lenha.

E isso vem de encontro ao total de gás produzido na região de São Gabriel do Oeste MS de 80.000 m³ de biogás, o que equivale a aproximadamente 50.000 m³ de biometano. Podendo afirmar-se, portanto, que a região de São Gabriel do Oeste é capaz de sustentar toda a indústria cerâmica do APL Terra Cozida do Pantanal com biometano. Podendo tornar-se, dessa forma, o

primeiro estado brasileiro a produzir em escala, cerâmica branca ou vermelha, com um gás totalmente renovável.

6.4 Viabilidade econômica

A pesquisa demonstrou que o biometano produzido em São Gabriel do Oeste, tem condições de sustentar energeticamente todo o APL Cerâmico de Rio Verde.

Após análise verificou-se que existe a viabilidade econômica em duas situações, ROTA I e ROTA IV – B. Entretanto, como o investimento inicial é extremamente elevado, as empresas privadas que poderiam investir, com o atual momento econômico provavelmente não investirão. Desta forma, a única maneira deste projeto se concretizar seria com o aporte financeiro e jurídico dos poderes públicos municipal, estadual e/ou federal. Este aporte poderia ser realizado entre os produtores e/ou empresas privadas. Caso isso não ocorra, continuará o processo de queima de lenha/cavaco em Rio Verde de MT (MS), com todos os problemas ambientais citados e, a queima contínua do biogás nos *flares*, sem ser utilizado em São Gabriel do Oeste.

Em termos gerais, conforme Tabela 24, define-se que:

A ROTA I, com VPL positivo, TIR de 14% e *payback* de 8 anos deveria ser implementada o quanto antes, servindo de modelo para a revolução bioagroenergética no nosso estado, até mesmo país ou mundo.

A ROTA II para se tornar viável, deveria ter uma arquitetura diferente da projetada com a instalação de uma quantidade maior de granjas e, conseqüentemente, de biogás.

A ROTA III A e B, são as economicamente mais inviáveis devido ao alto custo das tubulações envolvidas no processo. Não sendo atualmente, portanto, indicadas para serem implementadas. Observa-se, entretanto, que estes projetos poderão ser viáveis no futuro, dependendo da evolução tecnológica nesta área.

A ROTA IV, com o Gasoduto Virtual, torna-se viável apenas quando se considera o uso de todo o gás de São Gabriel do Oeste. Neste caso, o investimento inicial é bastante elevado, comprometendo a execução do projeto.

É importante salientar que implantando o gasoduto virtual, os produtores rurais e ceramistas vão adaptando suas máquinas e equipamentos para o uso deste gás, além de modificar a cultura

de seu uso. Desta forma, consolida-se o uso do biogás e novas frentes de pesquisas e projetos poderão surgir com uma aceitabilidade muito maior.

Nota-se ainda que haverá um alto ganho de qualidade nos produtos gerados por ser uma queima mais controlada, além de renda extra para produtor rural e industrial. Outra observação seria no ganho de tecnologia e conhecimento gerado. Não deixando de considerar ainda o ganho social e ambiental.

Tabela 24 - Comparativo das 4 ROTAS

	Investimento	VPL	TIR	<i>Payback</i>
ROTA I	R\$ 8.656.302,00	R\$ 1.234.314,80	14%	8
ROTA II	R\$ 9.583.823,56	R\$ - 1.418.130,33	10%	10
ROTA III – A	R\$ 77.975.083,20	R\$ -59.918.773,17	-1%	35
ROTA III – B	R\$ 77.975.083,20	R\$ -28.521.999,19	7%	14
ROTA IV – A	R\$ 26.409.535,20	R\$ - 8.353.225,17	8%	13
ROTA IV – B	R\$ 26.409.535,20	R\$ 23.043.548,81	24%	6

Os locais de produção de biogás da cidade de São Gabriel do Oeste e região e possibilidade de interligação viam dutos é apresentada na Figura 85.

SÃO GABRIEL DO OESTE



Figura 85 - Planta biogasoduto em São Gabriel do Oeste.

6.5 Dificuldades para se desenvolver o trabalho

O incentivo para a realização desta pesquisa aconteceu em função da realização de um serviço na unidade do SENAI em Rio Verde do MT. Na ocasião, percebeu-se que havia um

consumo diário por parte das cerâmicas de material lenhoso. Percebeu-se ainda que havia uma única indústria (Cerâmica Fornari) na cidade que consumia gás GNC. O valor deste gás tornou-se inviável para a indústria, devido ao seu alto custo. Em contrapartida, percebeu-se que havia a queima diuturnamente em *flare* do biogás, oriundo das suinoculturas na cidade de São Gabriel do Oeste, próxima a Rio Verde. Avaliou-se que esta seria uma energia que poderia ser utilizada. Desta forma, a pesquisa foi idealizada e posteriormente iniciada no mestrado.

Primeiro foi feito um levantamento de todas as pocilgas que tem biodigestor, na cidade de São Gabriel do Oeste, com o apoio da COOASGO. Com o consumo da Cerâmica Fornari, foi possível analisar e ver que o consumo da cerâmica poderia ser suprido pelo biogás da cidade vizinha.

Para surpresa, os levantamentos mostraram que o biogás tinha uma produção de 80.000 m³, que daria para abastecer além da Cerâmica Fornari, outras indústrias do mesmo ramo, substituindo o material lenhoso. Conseguindo desta forma, nos fornos túneis com o uso do gás, um controle de temperatura adequado e ideal para uma produção de maior qualidade, sendo ainda, sustentável.

Entretanto, neste processo, muitas dificuldades surgiram. Uma delas percebida foi que ao se pensar e apresentar o projeto na região, muitas entidades que até então estavam acostumadas com a forma antiga de produção, se encontraram em uma situação de mudanças de paradigmas, que nem sempre é confortável para o ser humano. Com este projeto há possibilidade de usar a nova fonte energética, sem ter que obter lenha, não degradando o ambiente e possibilidade um maior aproveitamento da terra, antes necessária para o plantio de lenha. Além da “liberação” dos combustíveis fósseis para uso mais nobres que a sua queima em fornos ou motor geradores de energia elétrica.

O impacto econômico e social poderá ser grande com o aumento do fluxo de caixa dos municípios em estudo, além do governo estadual. Isto ocorrerá com o aumento do valor de mercado dos produtos gerados, pois estes serão de melhor qualidade, gerando maior venda e mais impostos.

Por outro lado, os produtores rurais poderão se tornar produtores de bioagroenergia. Para isso, deverão investir em capital, inovação gerencial e tecnológica para dar suporte a essa transformação.

6.6 Trabalhos futuros

Deve se criar um novo zoneamento bioagroenergético nessa região, incentivando a implantação de mais biodigestores, tanto de suínos como de bovinos, pois os dejetos servirão de suporte a Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF na região.

Deve se procurar atualizar a lei Federal nº 12.805, de 2013, que instituiu a “Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)”, acrescentando o termo Energia. Pois, além da produção de alimentos e biocombustíveis, se produz enorme quantidade de energia e fertilizantes com os dejetos que, em sua maioria são desperdiçados. Criar-se-ia, assim, o termo iLPFE, integração Lavoura-Pecuária-Floresta-Energia.

Entretanto, esse sistema introduz uma complexidade na gestão que somente será conseguido se houver uma maior profissionalização do produtor rural, atualização do setor cerâmico e industrial da região.

Os estudos em pesquisa de eficiência energética nas cerâmicas devem ser ampliados porque na maioria dos casos está centrada em consumo de energia elétrica e deve também se aprofundar na questão de otimização de argilas e processos produtivos.

O treinamento da mão de obra local deve ser intensificado para a nova realidade, pois a cultura do gás é totalmente diferente da cultura lenheira, possibilitando se tirar da informalidade vários prestadores de serviço.

Cabe esse direcionamento ao incentivo ao governo com a implantação de novos conceitos administrativos nas entidades, na legislação trabalhista e do meio ambiente.

7 CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica do biogás proveniente da suinocultura para a produção cerâmica. Após pesquisa verificou-se pelos resultados que há viabilidade tanto técnica quanto econômica em se usar o biometano na indústria de cerâmica branca e na substituição da lenha ou cavaco na indústria de cerâmica vermelha.

Como em todo processo de substituição de matriz energética, deve se implementar neste estudo o processo por partes. Primeiro construir a ROTA I, para que as empresas tenham tempo de se adaptar e atualizar o parque fabril e os processos de produção, além dos produtores rurais se conscientizarem da necessidade do uso de uma nova tecnologia.

Com o amadurecimento do projeto, deve-se incentivar a construção de novos biodigestores de forma a dar um melhor aproveitamento e viabilidade econômica nas instalações.

A construção das outras ROTAS virá em sequência até a substituição do biogasoduto virtual por dutos e ainda com a possibilidade do deslocamento dessa tecnologia para o interior, desenvolvendo novas regiões.

Os fornos túneis largamente utilizados em Rio Verde de MT são os ideais para essa substituição de fonte de calor, pelo seu melhor desempenho térmico, seu menor consumo energético, sua facilidade de operação e seu controle das curvas de queima.

A simples modificação da fonte de energia implicará em uma mudança considerável no setor ceramista. Necessitando, desta forma, uma adequação do nível de mão de obra, criando assim um enorme mercado de trabalho. Além disso, novas fontes de pesquisa poderão surgir, por exemplo, na simples conversão ou construção de fornos a gás. Outro exemplo seria o não desperdício dos resíduos, situação totalmente nova e desconhecida na região.

Aos produtores rurais caberá a reestruturação tecnológica e operacional da sua propriedade, pois se passará a contar com vários fluxos de receita durante o ano, que o permitirão assumir os investimentos com a nova tecnologia.

Enfim, será provocada uma mudança tecnológica no setor energético e cerâmico brasileiro, pelos seus impactos quando da substituição da fonte energética, na produção de alimentos, energia e água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR – 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação. 1987.
- ABIPECS - Associação Brasileira Ind. Prod. Exp. Carne Suína. 1 - RANKING DE EXPORTAÇÕES DE CARNE SUÍNA 2004 A 2006, S/D – Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 18 set. 2008.
- ABREU, M. C. S. Modelo de Avaliação da Estratégia Ambiental: Uma Ferramenta para a Tomada de Decisão. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2001.
- ANDRADE, M. A.N.; RANZI, T. J. D.; MUNIZ, R. N.; SILVA, L. G. S.; ELIAS, M. J. Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental. In: 4º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL. CD ROM. São Paulo, 2002
- ANEEL - Agencia Nacional de Energia e Elétrica, 2013.
- ANFACER, A Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento.
- ANGONESE, A.; CAMPOS, A. T., JACARKIM; C. E. (2006) Eficiência Energética de Sistemas de Produção de Suínos com Tratamento dos Resíduos em Biodigestores. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, V. 10, n.3
- ANP - Agência Nacional do Petróleo Resolução nº 16 de 17/06/2008 / (D.O.U. 18/06/2008)
- ASPACER, Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento, 2011.
- BAHIAGAS - Companhia de Gás da Bahia, 2014. <<http://www.bahiagas.com.br/gas-natural/o-que-e-gas-natural>> Acesso em Março, 2015.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Panorama do Setor de Revestimentos Cerâmicos*. Área Industrial. Departamento de Bens de Consumo. BNDES. Brasília:DF, 22p. Setembro, 2006. Disponível em: <[HTTP://www.bndes.gov.br](http://www.bndes.gov.br)> . Acesso em 13 jun. 2011
- BARRERA, Paulo, Biodigestores - Energia, Fertilidade e Saneamento Para Zona Rural – São Paulo – Ícone, 1993.

- BATISTA, V. R., NASCIMENTO, J. J. S., LIMA, A. G. B. Secagem e queima de tijolos cerâmicos maciços e vazados incluindo variações dimensionais e danos estruturais. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.3.1, pp. 46-61, 2008.
- BAUER, Luiz Alfredo Falcão. *Materiais de Construção*. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994. V. 2.
- BELLI FILHO, Paulo et al., 2001. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. In: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5. n.1. p.166-170. 2001. Campina Grande, Paraíba.
- Beltran, V.; Blasco, A.; Escardino, A.; Negre, F. – “Formation of black core during the firing of floor and wall tiles” – *Interceram* n 3, p. 15, 1988.
- BEZERRA, M. C. L.; VEIGA, J. E. (Org.). *Agricultura sustentável*. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/ Consórcio Museu Emílio Goeldi, Brasília, 190 p. In: *Estratégias de Elaboração e Implementação da Agenda 21 Brasileira*. Brasília. 2000. 190p.
- BICUDO, J. R. et al., Plano de adaptação à legislação ambiental pelo setor da suinocultura. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa-Portugal. Vol I, p.504, 1996.
- BLEY JUNIOR, C. Instalações para tratamento de dejetos. In: *CICLO DE PALESTRAS SOBRE DEJETOS DE SUÍNOS, MANEJO E UTILIZAÇÃO, DO SUDESTE GOIANO*, 1., 1997, Rio Verde. *Anais...* Rio Verde: Fundação do Ensino Superior de Rio Verde; Esucarv, 1997.
- Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – EMBRAPA Fertilização e Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: Resultados do Projeto CNPq/REPENSA em São Gabriel do Oeste
- BOLETIM ENFOQUE – Biodigestor “PE”, fonte alternativa energética e de biofertilizante – Edição 03, Recife, 1999.
- BRAGA, M. A. C. - Relatório Geral apresentado a FUNDECT/MS processo nº 23/200.282/2010, Projeto de pesquisa Desenvolvimento e Caracterização de Produtos Cerâmicos “Ecológicos” com Adição de Resíduos Industriais. 2014.
- BRAGA, M. A. C. - Implantação do sistema da Qualidade ISO 9000 na Indústria Cerâmica. FUNDECT/CNPq/SEBRAE-MS/SENAI-MS No 09/2009 – RHAE-MS. 2014.

- BRAGA, M. A. C. - Extração de Matérias Primas e Homogeneização de Massas Cerâmicas. FUNDECT/CNPq/SEBRAE-MS/SENAI-MS Nº 09/2009 – RHAE-MS. 2014.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18mar2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em: 15 jan, 2014.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 mai, 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf . Acesso em: 15 jan, 2014.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 237 de 19 de Dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental para empreendimentos potencialmente poluidores, seus fins e mecanismos e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 15 jan, 2014.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.. Brasília, DF, 1981. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/legislacao/geral?download=754:lei-n-6-938-de-31-de-agosto-de-1981> . Acesso em: 08/12/2013.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria o sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/legislacao/agua/category/116-recursos->

hidricos?download=523:lei-n-9-433-de-8-de-janeiro-de-1997 . Acesso em: 08/12/2013.

- CASAGRANDE, M.C.; SANTOS, M.N.; GOMES, V.; DELLA, V.P.; HOTZA, D.; OLIVEIRA, A.P.N. Reaproveitamento de resíduos sólidos industriais: Processamento e aplicações no setor cerâmico. *Revista Cerâmica Industrial*, 13 (1/2), jan/abril, 2008.
- CAZARRÉ, Marcus. Os dejetos de suínos no Oeste Catarinense. 2008. Disponível em: <<http://www.hwshost.com.br/Wsk24/Artigos/artigo10.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2010.
- CERRI, C.C., CERRI, C.E.P. Agricultura e Aquecimento Global. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 32 (1), p. 40-44, 2007.
- Censo agropecuário IBGE 2006
- CESARINA S. R. FREITAS, Íngrid A. F. S. Pereira, Maria L. G. Pereira, Teresa C. R. Simões, Antônio A. L. Ferreira* Influência de Diferentes Processos de Conformação nas Características Finais de Produtos Cerâmicos Escola Superior de Tecnologia Gestão – ESTG, Instituto Politécnico de Viana do Castelo – IPVC, Praça General Barbosa, 4900-347 Viana do Castelo, Portugal *Revista Cerâmica Industrial*, maio/junho 2009
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – 2006
- CLEAN ENERGY. Biogás – Parte 1. Disponível em: <<http://cleanenergy.blogspot.com/2004/11/obiogsparte-1-introduo-o-biogs-tem.html>>. Acesso em: 24 fev. 2013.
- CNI Confederação Nacional da Indústria. A indústria e o Brasil: energia e competitividade na era do baixo carbono / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília, 2011.
- CNI Confederação Nacional da Indústria. Oportunidades de negócios para a indústria em projetos de eficiência energética com MDL programático: sumário executivo / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília, 2010.
- COELHO, Suani Teixeira; MONTEIRO, Maria Beatriz; KARMOL, Mainara Rocha. Atlas de Bioenergia do Brasil - Projeto Fortalecimento Institucional do CENBIO - Convênio 721606/2009 - MME. São Paulo, 2012.

- COLDEBELLA, A. Viabilidade do Uso do Biogás da Bovinocultura e Suinocultura para a geração de Energia Elétrica e Irrigação em Propriedades Rurais. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Cascavel, 2006.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Legislação Ambiental**, Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, 30 jun. 1986.
- CORDOBELLA, A. (2006) Viabilidade do Uso do Biogás da Bovinocultura e Suinocultura para a Geração de Energia Elétrica e Irrigação em Propriedades Rurais. Dissertação para Programa de Pós Graduação Unioeste, Cascavel, PR.
- COSTA, D. F. Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás do Tratamento de Esgoto. Dissertação (mestrado em Energia). Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2006.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 31 p, 2002. (EMBRAPA, CNPSA. Boletim Informativo).
- DIAS, Maria Isabel Alencar et al. Viabilidade Econômica do Uso do Biogás Proveniente da Suinocultura, em Substituição a Fontes Externas de Energia. Energia na Agricultura, v.28, n.3, p. 155-164, 2013. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/767> Acesso em: 17/08/2015.
- DIAZ, G. O. Análise de Sistemas para o Resfriamento de Leite em Fazendas Leiteiras com o Uso do Biogás Gerado em Projetos MDL. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2006.
- ECOIA, Ecologia e Ação, (<http://www.riosvivos.org.br/Canal/Pantanal/260>, acesso em 12/7/2014).
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Instituição Pública de pesquisa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil.
- ESPERANCINI, Maura S. T. et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 27, n. 1, Apr. 2007. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000100004&lng=en&nrm=iso. Acesso em 01/12/2013.

- ETCHECOIN, C. 2000. Protocolo de Kyoto: Passaporte das Futuras Gerações. In: CENBIO NOTÍCIAS, v.3 N°.8, p. 4.
- EXTRAÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS E HOMOGENEIZAÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS - Chamada FUNDECT/CNPq/SEBRAE-MS/SENAI-MS N° 09/2009 – RHAЕ-MS, processo n° 23/200.279/2010 N° FUNDECT 008/11.
- FERNANDES, T.M.G.; GODOY, A.M.; FERNANDES, N.H. 2002. Caracterização petrográfica química e tecnológica dos quartzitos do centro produtor de São Tomé das Letras, no sudoeste do estado de Minas Gerais. In: III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Anais, Recife, PE.
- FERTIRIGAÇÃO E AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO PROCESSO DE PRODUÇÃO, EXPERIMENTO DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO (Projeto CNPq/REPENSA em São Gabriel do Oeste(ISSN 1981-7215, 2012 – financiado pelo CNPq - Processo n° 555130/2006-1 MCT / CNPq / CTEneg n° 33/2006 – Combustão e Gaseificação – 19/10/2007).
- FIOMARI, M. C., Análise Energética E Exergética De Uma Usina Sucroalcooleira Do Oeste Paulista Com Sistema de Cogeração De Energia Em Expansão, Dissertação de Mestrado apresentada a FEIS/UNESP, Ilha Solteira, p. 15 – 28, 2004.
- FONTENELE, S. B., GUIMARÃES, J. L. S., SABIÁ, R. J. Legislação ambiental versus tecnologia limpa: uma reflexão junto ao setor industrial do Triângulo Crajubar – CE. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, 2006. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR560372_7575.pdf. Acesso em 10/02/2014.
- FRANÇA JUNIOR, A. T. Análise do aproveitamento energético do biogás produzido numa estação de tratamento de esgoto. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 148p. 2008.
- GASPAR, M. B. L. Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo-PR. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2003.
- GESIKI, A.L.D.; BAGGIANI, P.C.; SALVATTI, A.R. Revista Cerâmica industrial, 7 (2002), p.44.

- GIACOMINI, Paola. World production and consumption of ceramic tiles. *Ceramic World Reiew*. Itália, ano 20, n.88, ago/out. 2010, p.52-68
- INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/> Acesso em: 17/08/2015.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 17/08/2015.
- JONKER, A., POTGIETER, J. H. An evaluation of selected waste resources for utilization in ceramic materials applications. *Journal of The European Ceramic Society*, Bologna, v. 25, n.13, p. 3145-3149, Aug. 2005.
- JUNIOR J. L., I Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos de animais - SBERA Florianópolis – SC 2009.
- KIECKBUSCH, Rafael; LOPES, Fabrício. Diagnóstico Setorial da Cerâmica para Revestimento Catarinense. Instituto Euvaldo Lodi. Florianópolis:SC. 52p. Out. 2005.
- KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. *Revista de Política Agrícola*, v.15, n.3, p.28-35, 2006.
- LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica, Barueri (SP)*, v. 17, n. 3, p. 403-412, set.-dez. 2005.
- MACEDO, R.S.; MENEZES, G.A.; FERREIRA, H.C. Influência de aditivos na produção de blocos cerâmicos. *Cerâmica*, 54 (2008), p. 373-381.
- MAIMON, Dália. Eco-estratégia nas empresas brasileiras: realidade ou discurso?. *Rev. adm. empres.* [online]. 1994, vol.34, n.4, pp. 119-130. ISSN 0034-7590.
- MENEZES, R. R.; GELMIREs, de A. N. e HEBER, C. F. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. *Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental*, 6 (2), (2002).
- MIALHE, L. G. Máquinas motoras na agricultura. São Paulo: EPU. Editora da Universidade de São Paulo, 1980. 2 v.
- MODESTO, Cláudio de Oliveira; JÚNIOR, José Celso Barbosa. **Materiais cerâmicos**. Cocal do Sul: Colégio Maximiliano Gaidizinski, 2001.
- MORAES, M.R. Estudo da utilização de resíduo cerâmico queimado (“chamota”) oriundo do pólo oleiro dos municípios de Iranduba e Manacapuru-AM, como aditivo na fabricação de telhas. *Revista Cerâmica Industrial*, v. 11, n. 1, jan/fev, 2006.

- NGÔ, C., NATOWITZ, J.B. Our Energy Future - Resources, Alternatives, and The Environment. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2009.
- NISHIMURA, R. Análise do Balanço Energético de Sistemas de Produção de Biogás em Granjas de Suínos: Implementação de aplicativo computacional. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Campo Grande, 2009.
- OLIVEIRA, Arley Borges de Moraes et al . Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola. Rev. Ceres, Viçosa, v. 58, n. 6, dez. 2011 . Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2011000600003&lng=pt&nrm=iso. acessos em 18 maio 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600003>
- OLIVEIRA, Maria Cecília Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos/Maria Cecília Oliveira [e] Martha Faria Bérnills Maganha. - - São Paulo : CETESB, 2006. 84p. (1 CD) : il. ; 21 cm. - - (Série P + L)
- OLIVEIRA, S. M. de Avaliação dos blocos e tijolos cerâmicos do estado de Santa Catarina. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis.
- ,O. S. H. Capítulo 10: Combustão. Livro Termodinâmica Clássica e Aplicada. Página 332. 2008.
- Panorama do setor cerâmico em Alagoas Autor: Suana Nobre Fonte: Panorama do setor cerâmico Sebrae/AL e Governo do estado lutam pela qualidade dos produtos e adequação das empresas às normas técnicas do Inmetro. Acesso em : 08/01/2013
- PASCHOAL, J.A.A. Estudo de parâmetros de qualidade para a cerâmica estrutural vermelha. São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)
- PECORA, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso. 2006. 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE.
- PÉCORA, V., FIGUEIREDO, N.J.V, COELHO, S.T., VELÁSQUEZ, S.M.S.G. Potencial de Geração de Energia Elétrica e iluminação a gás Por Meio do Aproveitamento de Biogás proveniente de aterro Sanitário. Publicado no 7º Congresso Internacional sobre

- Geração Distribuída e Energia no Meio Rural - AGRENER GD 2008, Fortaleza, CE. IEE/CENBIO. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/publicacoes.htm>.
- PERCORA, V. Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso. 2006. 153 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Interunidades de Pós- Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- PEDRASSANI J – Caracterização do Sienito Piqueri como fundente cerâmico, Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- PEREIRA, R. H.. Geração Distribuída de Energia Elétrica - Aplicação de Motores Bicombustível Diesel/Gás Natural. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás .Salvador - BA. 2005.
- PIEROBON, L.R.P. Sistema de Geração de Energia de Energia de Baixo Custo utilizando biogás proveniente de Aterro Sanitário. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, PROMEC, da Escola de Engenharia da UFRS. 2007.
- PINTO, RAUL PENAZZO – Tarifação na malha de biogásodutos de transporte no Brasil: evolução e perspectivas – São Paulo, 2014.
- PIRES, N. J. R. M.; T.T.E - final project - BIOGAS, 1996, http://morango.esb.ucp.pt/~n_pires/p4.htm.
- POLITEJO, TABELA DE PREÇO CD03R001 – acesso em 19/08/2015 http://politejo.com/pdf/tabelas-de-precos/Tabela_de_Precos_PEAD.pdf
- PRODUÇÃO E MANEJO DE DEJETOS DE SUÍNOS - Paulo Armando V. de Oliveira Engº. Agrícola, M.Sc,Ph.D, Pesquisador Embrapa Suínos e Aves, CP 21, 89.700–000, Concórdia – SC. Email: paolive@cnpsa.embrapa.br
- Revista da Federação das Indústrias de Mato Grosso do Sul, MS Industrial – – FIEMS, acesso em 07/03/2013 <http://www.revistamsindustrial.com.br/home>
- REVISTA ELETRÔNICA DOCUMENTO/MONUMENTO; 2009, Vol. 5, n. 1 – Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, Núcleo de Documentação e Informação Histórica Regional. Disponível em <http://www.ufmt.br/ndihr/revista>
- RIZZATTI E., Influência da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutural sob compressão, Universidade Federal de Santa Catarina,Tese doutorado em Engenharia Civil, Florianópolis 2003.

- SALOMON, K., R. (2007), Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade, Itajubá, 219 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Conversão de Energia) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá.
- SANTOS, P. S. Ciência e tecnologia das argilas. Edgard Blücher, São Paulo- SP, 1989, 2ª ed., v. 1.
- SECRETARIA DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, DAS MINAS E ENERGIA –SECTME. Diagnóstico do setor de cerâmica vermelha em Santa Catarina. Florianópolis: SECTME / SC, jul. 1990.
- SENAI-MS, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2014.
- SGANZERLA, E. Biodigestores: Uma Solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.
- STEIL, O. S. Energia do gás natural em fornos de cerâmica estrutural. Florianópolis: SCGÁS, jul. 2000. (Projeto).
- TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná. Manual de Biosistemas Integrados na Suinocultura, p. 140. Centro de Integração de Tecnologia do Paraná - CITPAR. Telus - Rede Paranaense de Projetos em Desenvolvimento Sustentável. Curitiba, 2002.
- TUNDISI JG, TUNDISI TM. A Água. São Paulo: Publifolha. 2005, 120 p.
- VIEIRA, C.M.F., FEITOSA, H.S., MONTEIRO, S.N. Avaliação da secagem de cerâmica vermelha através da curva de Bigot. Cerâmica Industrial, v. 8, n. 1, pp. 42–46, Janeiro/ Fevereiro 2003
- VILLAR, V. S. Perfil e perspectivas da indústria de cerâmica vermelha do Sul de Santa Catarina. 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.