

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PPGEE - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

VITOR BALDIN

**GERAÇÃO DE ENERGIA NA AVICULTURA DE CORTE A PARTIR
DA CAMA DE AVIÁRIO**

PATO BRANCO
05/2013

VITOR BALDIN

**GERAÇÃO DE ENERGIA NA AVICULTURA DE CORTE A PARTIR
DA CAMA DE AVIÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica - Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador: Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay

Coorientador: Prof. Dr. José Donizetti de Lima

PATO BRANCO
05/2013

B177g Baldin, Vitor
Geração de energia na avicultura de corte a partir da cama de aviário/Vitor Baldin. – Pato Branco, UTFPR, 2013.
136f. il. 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Jean - Marc Stephane Lafay
Coorientador: Prof. Dr. José Donizetti de Lima

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pato Branco, 2013.

1. Avicultura de corte. 2. Biodigestão. 3. Análise econômica. 4. Cama de Aviário. I. Lafay, Jean-Marc Stephane. II. Lima, José Donizetti. III. Título. IV. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CDD 22ª ed. 621.3

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Cleide Bezerra CRB 9ª/770
Biblioteca da UTFPR Câmpus de Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 019

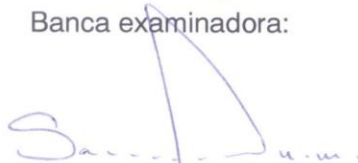
Geração de energia na avicultura de corte a partir da cama de aviário.

por

Vitor Baldin

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e dois de maio de dois mil e treze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Processamento de Energia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (Área de Concentração: Sistemas e Processamento de Energia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *aprovado*.....


Banca examinadora:




Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza
UNIOESTE



Prof. Dr. José Donizetti de Lima
UTFPR/PB




Prof. Dr. Ricardo Vasques de Oliveira
UTFPR/PB



Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay
UTFPR/PB (Orientador)

Visto da Coordenação:



Prof. Dr. Emerson Giovani Carati
Coordenador do PPGEE

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial aos meus queridos pais Vitalino e Odete, e à minha esposa Claudia. Também o dedico a todos os meus familiares que me apoiaram, enquanto o elaborava, com incentivos e paciência.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Universidade Tecnológica Federal do Paraná e aos professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Agradeço, de modo especial, ao orientador, prof. Dr. Jean Marc Stephane Lafay, ao coorientador, prof. Dr. José Donizetti de Lima, ao membro interno, prof. Dr. Ricardo Vasques de Oliveira, e ao membro externo, prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza. Agradeço-lhes tanto a amizade quanto as intervenções estratégicas sugeridas ao longo desta dissertação, as quais proporcionaram os meios necessários para a conclusão do trabalho.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica a concessão da bolsa de estudos que possibilitou minha dedicação em tempo integral ao trabalho. Às agências de fomento (CAPES, CNPq, FINEP, Fundação Araucária e SETI) o suporte financeiro aos laboratórios. À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus de Pato Branco a oportunidade e a estrutura física disponibilizada para o desenvolvimento da pesquisa.

Para finalizar, agradeço à empresa Frango Seva LTDA que permitiu o desenvolvimento de um estudo de caso em aviário de frango de corte da sua integração. Tal acesso possibilitou a coleta de dados técnicos e a análise detalhada do processo.

RESUMO

BALDIN, Vitor. **Geração de Energia na Avicultura de Corte a Partir da Cama de Aviário**. 2013. 136f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Este trabalho tem por objetivo avaliar técnica e economicamente o aproveitamento energético da cama de aviário. Inicialmente, verificou-se o estado da arte para o aproveitamento energético desta e, na sequência, realizou-se um estudo de caso em aviário de frango de corte localizado no Sudoeste do Paraná. Nesse estudo, analisou-se o consumo energético do aviário a partir da análise de dados coletados no aviário, de dados fornecidos pela empresa integradora e de dados validados por outros pesquisadores. Dimensionaram-se também os sistemas utilizados para o aproveitamento energético da cama de aviário através do processo de biodigestão anaeróbica para o atendimento das necessidades térmicas e elétricas do aviário. Nesse dimensionamento, consideraram-se na análise todas as variáveis e procedimentos que diretamente estão relacionados aos dados técnicos e econômicos dos sistemas utilizados para o processamento da cama de aviário, de forma a tornar o sistema aplicável, o que é um dos diferenciais deste trabalho em relação a outros existentes. Na análise econômica, utilizou-se de multi-índices para representar os resultados que apresentam a rentabilidade (VPL, VPLA, IBC e o ROIA) e os riscos (TIR e o Payback descontado) do investimento. Também se considerou, na análise, a depreciação das instalações, a tributação (IR) e os investimentos iniciais com capital próprio ou de terceiros através do programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC). Adotaram-se, para a análise econômica, quatro configurações para o aproveitamento energético da cama de aviário. Observou-se, durante a análise, que a primeira e segunda configurações se apresentaram inviáveis economicamente devido ao fato de as despesas descapitalizadas serem maiores que as receitas. Para essa situação, criaram-se cenários para identificar o quão distante se encontra a viabilidade das mesmas. A terceira e quarta configurações apresentaram-se viáveis. Concluiu-se que as diversas alternativas para o aproveitamento energético da cama de aviário influenciam nos custos de implantação dos sistemas, pois interferem diretamente no dimensionamento dos equipamentos e instalações. Também se sabe que, atualmente, há uma aplicação lucrativa da cama de aviário contribuindo para a inviabilidade econômica de seu uso energético.

Palavras-chaves: Avicultura de corte, biodigestão, cama de aviário, análise econômica.

ABSTRACT

BALDIN, Vitor. *Power Generation in Poultry Broiler Farming from the Poultry Litter*. 2013. 136p. Master Dissertation – Electrical Engineering Post-Graduation Program, Federal University of Technology of Paraná. Pato Branco, 2013.

This work aims to evaluate technically and economically the energy use concerning poultry litter. Initially, the state of the art was verified for energy use and then we developed a case study in a poultry broiler FARM located in the Southwest of Paraná. In this study, the energy consumption of the poultry farm was analyzed from the analysis of data collected in the poultry farm, data provided by the integrator company and data validated by other researchers. We also analyzed the systems used for energy use regarding the poultry litter through the process of anaerobic digestion to support the thermal and electrical requirements of the poultry farm. In this regard, we considered in the analysis all variables and procedures that are directly related to the technical and economic data systems used to processing the poultry litter in order to turn the system successful, and this fact is one of the differences of this work compared to other ones. In the economic analysis multi-index was used to represent the results of the profitability (NPV ANPV, IBC and ROIA) and the risks (IRR and discounted Payback) of the investment. It was also considered in the analysis, the facility depreciation, taxation (IR) and initial equity capital investments or others through the Low Carbon Agriculture program (LCA). Four configurations for energy use in the poultry litter were adopted for the economic analysis. It was observed that during the analysis, the first and second configuration proved uneconomical due to the cost without capital be greater than revenues. For this situation, scenarios were created to identify how far off their feasibility was. The third and fourth configurations proved to be viable. It was concluded that the various alternatives for energy use from the poultry litter influence the cost of deploying the systems since they interfere directly in the design of equipment and facilities. We also know that currently there is a profitable application of poultry litter contributing to the economic infeasibility of energy use from the poultry litter.

Key-words: poultry broiler farming, biodigestion, poultry litter, economic analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Esquema do Efeito Estufa.....	2
Figura 02 - Produção de Frango de Corte nos Estados Brasileiros	9
Figura 03 - Estados Americanos de Maior Produção de Cama de Aviário em Toneladas.....	10
Figura 04 - Produção Média de Biogás em m ³ Acumulada com 5% e 15% de Inóculo	20
Figura 05 - Produção Média de Biogás em % Acumulada com 5% e 15% de Inóculo	20
Figura 06 - Sistema para Purificação do Biogás, Coluna Recheada	22
Figura 07 - Funcionamento da Microturbina.....	26
Figura 08 - Cama de Aviário Peletizada.....	28
Figura 09 - Consumo de Energia Elétrica em kWh/lote.....	31
Figura 10 - Demanda de Potência Elétrica em kW/lote	32
Figura 11 - Perfil de Consumo Simulado por Equipamento em kWh/dia no Lote	33
Figura 12 - Perfil de Consumo Simulado por Equipamento em kWh.....	33
Figura 13 - Consumo Simulado do Aviário em kWh por Hora	34
Figura 14 - Aquecedor a Biomassa	35
Figura 15 - Aquecedor Infravermelho a Gás	36
Figura 16 – Proteção Atua Sobre o EI (Elemento de Interrupção) Desconectando Somente o Gerador.....	39
Figura 17 – Proteção Atua Sobre o EI (Elemento de Interrupção) Desconectando o Gerador e as Cargas.....	40
Figura 18 – Diagrama de Bloco Configuração I.....	50
Figura 19 – Diagrama de Bloco Configuração II	51
Figura 20 – Diagrama de Bloco Configuração III.....	51
Figura 21 – Diagrama de Bloco Configuração IV.....	51
Figura 22 - Aviário de Frango de Corte, Vista Frontal	55
Figura 23 – Potência Elétrica do Aviário	56
Figura 24 - Consumo de Energia Elétrica no Aviário e Variação de Temperatura.....	58
Figura 25 - Consumo Elétrico para o Período Normal.....	60
Figura 26 - Consumo Elétrico para o Período Crítico	60
Figura 27 - Consumo de Lenha	61
Figura 28 - Produção Semanal de Biogás.....	65
Figura 29 - Produção Diária de Biogás	66

Figura 30 - Produção Diária de Biogás (Biodigestor de 205,5 Toneladas) & Quantidade de Biogás Necessário para Atendimento da Demanda Térmica	69
Figura 31 – Quantidade de Biogás Purificado Gerado com Biodigestor de 205,50 toneladas.	69
Figura 32 – Potência Elétrica Instalada e Potência Elétrica Gerada	71
Figura 33 - Potência Elétrica do Aviário no Período Crítico & Potência elétrica Gerada	74
Figura 34 – Potência Elétrica do Aviário no Período normal & Potência elétrica Gerada	75
Figura 35 - Potência Elétrica Máxima Gerada	75
Figura 36 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor do kWh.....	87
Figura 37 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor da Tonelada do Biofertilizante	87
Figura 38 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do m ³ da Lenha	88
Figura 39 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor do kWh.....	94
Figura 40 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor da Tonelada do Biofertilizante	94
Figura 41 - Receitas do Fluxo de Caixa da configuração III.....	95
Figura 42 - Análise de Sensibilidade da Configuração III com Investimento Próprio.....	99
Figura 43 - Análise de Sensibilidade da Configuração III com Investimento de Terceiros...	100
Figura 44 - Análise de sensibilidade da Configuração IV Recursos Próprios	103
Figura 45 - Análise de Sensibilidade da Configuração IV Recursos de Terceiros.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Produção de pintainhos de corte no Brasil (milhões de cabeças).....	8
Tabela 02 - Biomassa de Diferentes Animais	18
Tabela 03 - Poder Calorífico da Biomassa e Teor de Umidade (W)	36
Tabela 04 - Procedimentos para Acessar as Redes Elétricas da COPEL	38
Tabela 05 - Modelo de Planilha Utilizada para Lançamento das Receitas	53
Tabela 06 - Modelo de Planilha Utilizada para Lançamento das Despesas	53
Tabela 07 - Modelo de Planilha Utilizada para a Análise	54
Tabela 08 - Modelo de Planilha Utilizada para a Análise com o Programa ABC	54
Tabela 09 - Demanda e Consumo de Energia Elétrica em Aviário.....	57
Tabela 10 - Produção de Cama de Aviário para um Aviário.....	62
Tabela 11 - Valores dos Equipamentos Utilizados nos Projetos	78
Tabela 12 - Variação dos Preços das Entradas e Saídas do Fluxo de Caixa	80
Tabela 13 - Variação do IPCA no Brasil.....	80
Tabela 14 - Equipamentos e Instalações Utilizados na Configuração I	81
Tabela 15 - Dados Técnicos da Configuração I	82
Tabela 16 - Receitas do Fluxo de Caixa para a Configuração I	82
Tabela 17 - Receitas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa.....	83
Tabela 18 - Saídas/Despesas para a Configuração I.....	84
Tabela 19 - Custos de Manutenção e Operação Configuração I	84
Tabela 20 - Saídas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa.....	85
Tabela 21 – Cenário I, Aumento Gradativo nas Variáveis de Entrada.....	86
Tabela 22 - Investimento da Configuração II.....	89
Tabela 23 - Dados técnicos da configuração II	89
Tabela 24 - Receitas do Fluxo de Caixa para a Configuração II.....	89
Tabela 25 - Receitas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa.....	90
Tabela 26 - Saídas/Despesas para a Configuração II	90
Tabela 27 - Custos de Manutenção e Operação Configuração II.....	91
Tabela 28 - Saídas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa.....	91
Tabela 29 – Cenário II, Aumento Gradativo nas Variáveis de Entrada	93
Tabela 30 - Investimento para a Configuração III.....	95
Tabela 31 - Dados técnicos da configuração III.....	96

Tabela 32 - Variáveis do Fluxo de Caixa para a Configuração III.....	96
Tabela 33 - Receitas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa.....	96
Tabela 34 - Saídas/Despesas para a Configuração III	97
Tabela 35 - Custos de Manutenção e Operação Configuração III.....	97
Tabela 36 - Saídas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa.....	98
Tabela 37 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento Próprio.....	98
Tabela 38 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento de Terceiros	99
Tabela 39 - Variável do Fluxo de Caixa para a Configuração IV	101
Tabela 40 - Receitas Mensais para o Fluxo de Caixa.....	101
Tabela 41 - Saída Mensal para o Fluxo de Caixa	102
Tabela 42 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento Próprio.....	102
Tabela 43 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento de Terceiros	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- A: Peso da água.
ABC: Agricultura de baixo carbono.
ABEF: Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango.
ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica.
ANP: Agência Nacional de Petróleo.
atm: Pressão atmosférica.
AVEWORLD: Portal da Avicultura Brasileira.
AviSite: portal da avicultura brasileira na Internet.
C: Carbono.
C₂: Hidrocarbonetos.
C₂F₆: Perfluoretano.
CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
C_c: Custo de capital anual.
C_{comb}: Custo anual com a cama de aviário.
CE_{gás}: Consumo energético do sistema a gás.
CE_{lenha}: Consumo energético do sistema a biomassa.
CF₄: Perfluorcarbonos.
C_g: Custo de geração de energia elétrica.
CH₄: Gás metano.
CNPq: Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
CO: Monóxido de carbono.
CO₂: Dióxido de carbono.
Cobb: Linhagem de frango de corte.
C_{om}: Custo anual com operação e manutenção.
COPEL: Companhia Paranaense de Energia Elétrica.
C_R: Coeficiente de resíduo.
CTG: Consumo de gás.
CTL: Consumo total de biomassa.
C_{Tr}: Custo com transporte da cama de aviário.
d: Depreciação anual dos equipamentos e instalações.
E_{ii}: Peso do estrume fresco.
Fe₂O₃: Óxido de ferro III.
 $Fe_2O_3 + 3H_2S \rightarrow Fe_2S_3 + 3H_2O$: Solução à base de ferro III.
Fibrowatt LLC: Empresa de processamento de biomassa animal.
FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos.
F_n: Valores envolvidos no fluxo de caixa.
F_t: Fluxo líquido de caixa anual.

g: Gramas.
GLP: Gás liquefeito de petróleo.
GW: Gigawatt (10^9).
H: Hidrocarbonetos.
 H_2 : Hidrogênio.
 H_2S : Ácido sulfídrico.
HFCs: Hidrofluorcarbonos.
i: Taxa de juros.
IBC: Índice benefício custo.
INC: Inóculo adicionado no biodigestor.
INEE: Instituto Nacional de Eficiência Energética.
IPCA: Índice Nacional de Preços ao Consumidor.
IR: Imposto de Renda.
j: Taxa de desconto.
kg/MWh: Quilograma por megawatts hora.
kg: Quilograma.
Kg_{cama}: Quilograma de cama de aviário.
kJ/kg: Entalpia específica.
kPa: Quilo pascal.
kW: Quilowatt (10^3).
kWh: Quilowatt hora.
LTDA: Tipo de Sociedade Empresarial.
m/s: Metros por segundo.
 m^2 : Metro quadrado.
 M^3/h : Metro cúbico por hora.
 m^3/kg : Metro cúbico por quilo grama.
 m^3 : Metro cúbico.
ME: Massa específica da biomassa.
MG: Estado de Minas Gerais.
MJ/kg: Mega joule por quilo grama.
 MJ/m^3 : Mega joule por metro cúbico.
MW: Megawatt (10^6).
N: Nível de CO_2 no biogás.
n: Período de vida útil dos equipamentos.
N: Vida útil do projeto.
 N_2O : Óxido nitroso.
 NO_3 : Nitratos.
 NO_x : Óxido de nitrogênio.
P: Potência instalada a vapor.
P: Pressão de operação.

Payback: Período de recuperação do investimento.
 P_b : Volume do biogás por segundo.
PCI: Poder calorífico inferior.
PCS: Poder calorífico superior.
 P_e : Potência elétrica.
 PE : Produção anual de eletricidade.
pH: Potencial hidrogeniônico.
 P_{mt} : Potência elétrica gerada pela microturbina.
PRODIST: Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica.
 P_s : Peso da cama de aviário seca.
 P_S : Peso das aves de corte vivas.
 P_{tur} : Potência elétrica gerada pela turbina.
 P_u : Peso da cama de aviário com umidade.
ROIA: Retorno adicional sobre o investimento.
 S : Solubilidade do CO_2 .
SETI: Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior.
 SF_6 : Hexafluoreto de enxofre.
 SO_4^{2-} : Sulfatos.
SP: Estado de São Paulo.
 S_t : Sólidos totais.
 T : Tempo de funcionamento anual da central de geração.
 t : Tempo de vida útil.
TIR: Taxa interna de retorno.
TMA: Taxa mínima de atratividade.
 U : Umidade.
UBABEF: União Brasileira de Avicultura.
USDA: United States Department of Agriculture.
 V_b : Vazão de biogás.
 V_f : Valor final dos equipamentos.
VFL: Valor futuro líquido.
 V_i : Valor inicial dos equipamentos.
 V_L : Vazão de água.
VPL: Valor presente líquido.
VPLA: Valor presente líquido anualizado.
 VR_i : Valor fixo do bem no ano.
 V_i : Valor inicial do bem.
VUL: Valor uniforme líquido.
 W : Peso do substrato a ser colocado no biodigestor.
 $\eta_{g,gerador}$: Rendimento do grupo gerador.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: QUESTÕES ENERGÉTICAS E AMBIENTAIS	1
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 JUSTIFICATIVA	4
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1 PANORAMA DA AVICULTURA INDUSTRIAL NO BRASIL.....	8
2.2 PANORAMA DA AVICULTURA INDUSTRIAL NOS ESTADOS UNIDOS	9
2.3 PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM NA PRODUÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO	10
2.3.1 Manejo em Lotes de Frango de Corte	11
2.3.2 Características dos Módulos de Confinamento (galpões)	12
2.3.3 Subprodutos Industriais da Cama de Aviário	13
2.3.4 Decomposição da Cama de Aviário	15
2.4 PROCESSO PARA CONVERSÃO DA ENERGIA DA BIOMASSA	16
2.4.1 Digestão Anaeróbica da Cama de Aviário	17
2.4.1.1 Purificação do Biogás	21
2.4.1.2 Uso do Biogás para a Geração de Energia	24
2.4.2 Gaseificação da Cama de Aviário	26
2.4.3 Queima Direta da Cama de Aviário	28
2.4.4 Pirólise da Cama de Aviário	30
2.5 PERFIL ENERGÉTICO DOS AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE	30
2.5.1 Demanda e Consumo de Energia Elétrica em Aviários	31
2.5.2 Demanda e Consumo de Energia Térmica em Aviários.....	34
2.6 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	37
2.7 FERRAMENTAS DE ANÁLISE ECONÔMICA.....	41
2.7.1 Fluxo de Caixa.....	42
2.7.2 Tributação Sobre o Fluxo de Caixa Líquido	42

2.7.3 Inflação	42
2.7.4 Depreciação Contábil dos Equipamentos e Instalações	43
2.7.5 Investimento com Recursos Próprios ou Recursos de Terceiros (Financiado)	43
2.7.6 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	44
2.7.7 <i>Payback</i>	45
2.7.8 Valor Presente Líquido (VPL).....	45
2.7.9 Taxa Interna de Retorno (TIR)	46
2.7.10 Índice Benefício Custo (IBC).....	46
2.7.11 Retorno Adicional Sobre o Investimento (ROIA).....	46
2.7.12 Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA)	46
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
4 RESULTADOS TÉCNICOS DO ESTUDO DE CASO	55
4.1 CONSUMO ENERGÉTICO EM AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE.....	55
4.2 PRODUÇÃO DE CAMA DE FRANGO NO AVIÁRIO DO ESTUDO DE CASO	62
4.3 RETIRADA DA CAMA DE AVIÁRIO	62
4.4 ESCOLHA DA TECNOLOGIA PARA A CONVERSÃO ENERGÉTICA DA CAMA DE AVIÁRIO	64
4.5 PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR BATELADA PARA O ESTUDO DE CASO	65
4.6 SISTEMA DE REMOÇÃO DE IMPUREZAS CONTIDAS NO BIOGÁS (CO ₂ E H ₂ S)	66
4.7 SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DO BIOGÁS	67
4.8 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS.....	67
4.8.1 Uso do Biogás para a Geração de Energia Térmica	68
4.8.2 Uso do Biogás para a Geração de Energia Elétrica	70
4.9 ATENDIMENTO À DEMANDA TÉRMICA DO AVIÁRIO COM A QUEIMA DIRETA DA CAMA DE AVIÁRIO.....	76
5 RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICA DO ESTUDO DE CASO	77
5.1 CONFIGURAÇÕES ADOTADAS PARA A ANÁLISE ECONÔMICA.....	77
5.1.1 Configuração I.....	81
5.1.1.1 Cenário I.....	85
5.1.2 Configuração II.....	88
5.1.2.1 Cenário II.....	92
5.1.3 Configuração III	95

5.1.4 Configuração IV	100
6 CONCLUSÃO.....	105
REFERÊNCIAS	108
ANEXOS	113
ANEXO A – Orçamento do biodigestor de 205 toneladas.....	113
ANEXO B – Orçamento do biodigestor de 63 toneladas.....	114
ANEXO C – Orçamento dos grupo moto gerador	115
ANEXO D – Orçamento dos reservatório de biogás.....	116
ANEXO E – Orçamento do purificador de biogás	117
ANEXO F – Fatura de energia elétrica da copel, valor unitário do kWh.....	117
ANEXO G – Orçamento do barracão de depósito para a cama de aviário	118
APÊNDICES	119
APÊNDICE A – Publicações resultantes deste trabalho, artigo publicado em anais de congressos.....	119
APÊNDICE B – Publicações resultantes deste trabalho, trabalho publicado em revista...	119

1 INTRODUÇÃO

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: QUESTÕES ENERGÉTICAS E AMBIENTAIS

O desenvolvimento da sociedade depende da energia por ela utilizada. Independente da natureza dessa energia, ela se faz presente em todas as ações que envolvem o cotidiano, desde o manuseio de aparatos construídos para a nossa sobrevivência e bem estar, até a sua utilização prática para fins determinados. Atualmente, a energia é tratada como uma mercadoria comercializada para satisfazer necessidades sociais.

A energia é dividida por tipo de trabalho realizado. Assim, apresentam-se as energias mecânica, elétrica, térmica, química, eletromagnética, sonora e nuclear. Cada grupo social utiliza-se da energia segundo as suas necessidades e compreende a influência da mesma em suas vidas em função de seu grau de instrução.

Durante muitas gerações, a humanidade explorou as energias existentes de forma desordenada e sem consciência das consequências do seu uso excessivo. Esse uso ao longo dos tempos representou fator determinante no desenvolvimento das nações, pois alavancou a industrialização e o crescimento populacional. A rapidez com que se desenvolveu a industrialização e os altos índices de crescimento populacional impuseram às forças políticas uma demanda cada vez maior por energia, instigando instituições de pesquisa a desenvolverem diversas áreas do conhecimento, em particular aquelas ligadas à criação de novas tecnologias para a conversão e distribuição de energia no mundo (RICHARD, 2007).

Sabe-se que as fontes de energias fósseis (em particular as reservas de petróleo) são limitadas e estão se esgotando. Essa especificidade energética é conhecida desde o século XIX, mas foi pouco utilizada como combustível naquela época, pois o homem não possuía tecnologia adequada para a sua extração. Somente por volta de 1860, tais fontes de energia passaram a ser exploradas comercialmente com a perfuração dos primeiros poços na Califórnia, Estados Unidos da América. O uso do petróleo como fonte de energia foi o propulsor para o desenvolvimento de muitas nações (FERRAREZ, 2009).

Segundo estudos de Richard (2007), a queima dos combustíveis fósseis libera grande quantidade de poluentes para a atmosfera. Esses gases depositam-se no ar alterando o equilíbrio de trocas térmicas do planeta, e tal desequilíbrio é caracterizado pelo aumento da

temperatura média dos oceanos e aquecimento global do ar próximo à superfície da terra, decorrente do efeito estufa.

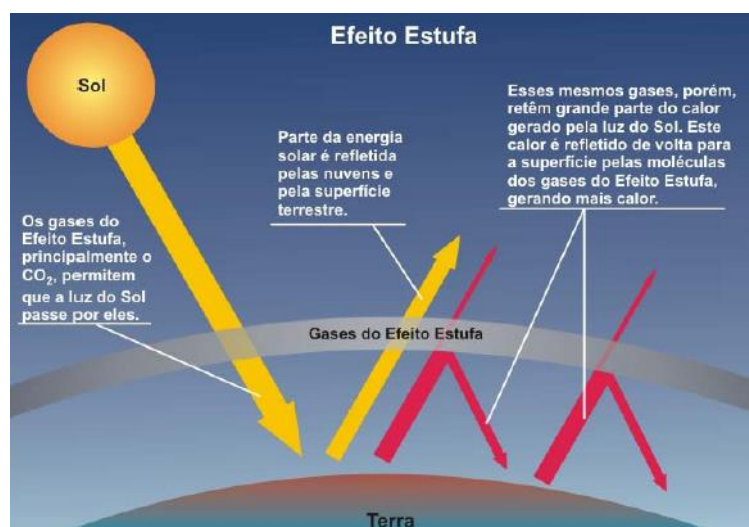


Figura 01 - Esquema do Efeito Estufa

Fonte: Ferrarez (2009)

O efeito estufa é causado pela capacidade que têm os gases presentes na atmosfera de refletirem para o planeta a radiação infravermelha emitida pelo solo em direção ao espaço, aumentando a temperatura na superfície do planeta, fenômeno ilustrado na Figura 01. Richard (2007) ainda declarou que os seres humanos são os principais causadores do aquecimento global por meio da emissão de gases de efeito estufa decorrente de seus processos industriais. Ferrarez (2009) considera como gases de efeito estufa o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), o hexafluoreto de enxofre (SF₆), os compostos perfluorcarbonos (CF₄), perfluoretano (C₂F₆) e os hidrofluorcarbonos (HFCs), compostos sintetizados responsáveis por grande parte da degradação da camada de ozônio.

Uma das políticas que visa diminuir a emissão dos gases que provocam o efeito estufa é a utilização de fontes de energias renováveis (energia solar, energia eólica, energia de biomassas, dentre outras). Algumas dessas fontes de energia encontram-se de forma abundante no planeta, mas, devido a limitações tecnológicas, muitas delas não estão sendo exploradas de forma significativa.

Dentre as diversas fontes de energias renováveis existentes, a bioenergia se configura como uma das mais importantes para o século XXI, pois tem a vantagem de ser renovável, ou seja, pode ser obtida através do processo de fotossíntese nas plantas pela energia solar o que

colabora com o meio ambiente na diminuição da emissão de gases poluentes (FERRAREZ, 2009).

Em 2011, a matriz energética brasileira era composta de 81,70% de centrais de geração elétricas derivadas de hidrelétricas, 4,6% de centrais de geração que utilizam o gás natural, 2,50% utilizam o petróleo como fonte de energia, 6,50% utilizam a biomassa (bagaço de cana, licor negro, madeira e casca de arroz) como fonte de energia, 2,70% é vinda de usinas nucleares, 1,40% utilizam o carvão mineral e 0,50% da matriz energética nacional é oriunda de usinas eólicas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012). Frente a essas fontes de energia, pode-se considerar que a matriz nacional era composta de aproximadamente 75% de energias renováveis, dentre as quais 6,54% do total utilizam a biomassa como fonte de energia.

Segundo Mrinalinie Nripen (2009), a Índia também é um país com grande potencial de geração de energia através da biomassa, pois dispõe de um clima que favorece o desenvolvimento de cultivo de certas espécies de vegetais. Lá, em 2009, gerou-se de 4% a 18% da energia total do país com o uso da biomassa.

Vukobratovic, Sljivac e Nikolovski (2009) apresentam a Croácia como sendo outro país com grande potencial de geração de energia elétrica através da biomassa, pois neste país a atividade industrial predominante é a madeireira. Essa atividade é responsável por 44% da economia do país e gera grande quantidade de resíduos.

A cana-de-açúcar é um dos cultivos brasileiros que produz resíduos do processamento industrial (bagaço, um material constituído por fibras celulósicas moídas) os quais são utilizados como biomassa em usinas termoelétricas para a geração de energia. O bagaço da cana-de-açúcar é queimado em caldeiras para gerar energia térmica. Os resíduos derivados desse processo correspondem em base seca de 12,5 a 15% do peso da produção bruta da cana, apresentando poder calorífico entre 16,7 a 17,2 MJ/kg de bagaço na base seca (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo geral verificar a viabilidade técnica e econômica da geração de energia utilizando a cama de aviário como combustível.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral possa ser atingido faz-se necessário alcançar os objetivos específicos a baixo:

- Apresentar um panorama da avicultura de corte nacional e internacional;
- Analisar os parâmetros que influenciam a produção de cama de aviário;
- Quantificar a geração de cama de aviário na criação de frango de corte;
- Efetuar um diagnóstico energético dos aviários de frango de corte;
- Pesquisar as tecnologias existentes para a conversão da energia de biomassas;
- Apresentar estudo teórico da geração de energia elétrica utilizando os processos de queima direta e digestão anaeróbica para a cama de aviário;
- Apresentar o perfil de consumo de energia para os aviários de frango de corte;
- Realizar estudo de caso, aventando a viabilidade técnica e econômica para a implantação de centrais de geração de energia elétrica, aplicando as tecnologias existentes para o processamento de biomassa, cama de aviário para o sudoeste do Paraná;
- Fazer um levantamento das políticas existentes para a comercialização da energia gerada e fomentos para a instalação de tais tecnologias no Brasil.

1.3 JUSTIFICATIVA

O uso que se faz da energia é um dos fatores determinantes para o desenvolvimento das nações, que têm usado fontes de energia fósseis e poluentes ao longo dos anos. Atualmente, muitas tecnologias existentes surgiram da exploração das fontes de combustíveis fósseis (petróleo). Seu uso abusivo fez com que as reservas dessas fontes de energia diminuíssem rapidamente colocando em risco o modelo econômico embasado nesse insumo. Também devido à queima do petróleo de forma descontrolada, liberaram-se grandes quantidades de poluentes para a atmosfera do planeta, provocando o efeito estufa que ocasiona o aquecimento da superfície terrestre.

Com o aumento desse problema e a escassez do petróleo, órgãos governamentais buscam outras fontes de energias, fontes preferencialmente não poluentes, para substituí-lo. O uso da biomassa para a geração de energia no Brasil não contempla a biomassa animal (cama de aviário). Atualmente ainda não há dados sobre o impacto desse resíduo na matriz energética brasileira, embora o país seja o terceiro maior produtor de frango de corte no

mundo. Em 2008 a produção de pintainhos de corte foi de 5.468,60 milhões de cabeças e em 2010 alcançou a marca dos 5.998,12 milhões, um crescimento de 9,68% em dois anos que transformou o negócio em um grande empreendimento. Informações mais detalhadas podem ser encontradas em Nascimento (2011), cujo trabalho analisa com profundidade a avicultura de corte brasileira.

Com a atual produção avícola no Brasil, produzem-se grandes quantidades de cama de aviário, material que, atualmente, é usado como fertilizante no setor agrícola. No entanto, há uma preocupação por parte de ambientalistas de que o uso descontrolado da cama de aviário como fertilizante pode ocasionar poluição do meio ambiente rural com a liberação de odores e gases como o metano e o dióxido de carbono (NEITZKE, 2010).

Os Estados Unidos é o país que mais investe em tecnologias para o uso da biomassa para a geração de energia elétrica. Na década de 70 tinha-se uma geração de 200MW, esta geração aumentou para 8,4GW na década de 90 e em 2010 atingiu 18GW (AVISITE, 2011). Segundo a Avisite (2011), a empresa britânica Fibrowatt LLC, pretende instalar nos principais estados americanos produtores de aves de frangos de corte plantas de geração de energia que utilizam a cama de aviário como biomassa. Esta empresa conta com uma unidade de geração de energia desta natureza no Reino Unido desde 1990 e nos Estado Unidos, tem implantado uma planta conversora de cama de aviário em energia, nesta planta utiliza-se a cama de peru.

Para o uso adequado da cama de aviário, os países de maior produção de frango de corte contam com a participação de pesquisadores em pesquisas de tecnologias para a viabilidade técnica e econômica da cama de aviário.

No Brasil, Santos (2001) e Ferrarez (2009) mostraram a viabilidade técnica e econômica do uso da cama de aviário no processo de digestão anaeróbica bem como os impactos ambientais para algumas aplicações específicas. Ferrarez (2009) em sua dissertação fez um estudo de caso coletando dados da cadeia produtiva de frango de corte na Zona da Mata em Minas Gerais no qual viabiliza a utilização do biogás para substituir o gás GLP para o aquecimento de água e geração de energia para o atendimento elétrico do aviário e da residência dos funcionários do aviário. Por outro lado, Santos (2001) utilizou dados da produção avícola da região de Jaboticabal em São Paulo para verificar as vantagens técnicas e econômicas na substituição do gás GLP pelo biogás na geração de energia térmica através de câmpulas. Também se encontram pesquisas que apresentam outros processos para uso da cama de aviário. Neitzke (2010) apresentou o processo de gaseificação para a destinação da

cama de aviário como uma tecnologia viável técnica e economicamente considerando aspectos sanitários e ambientais.

Para a região do oeste do Paraná, Sordi, Souza e Oliveira (2005) apresentaram um estudo viabilizando o uso da cama de aviário como combustível para geradores de vapor. Esses pesquisadores apresentam o potencial de geração de energia elétrica para a região.

Com o objetivo de contribuir com as pesquisas já existentes, o presente trabalho busca associar as tecnologias para a destinação correta da cama de aviário e apresentar a tecnologia mais adequada a ser aplicada na cadeia produtiva de frango de corte da região do Sudoeste do Paraná, após verificar a viabilidade econômica da implantação de uma planta industrial para uso da cama de aviário como combustível.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos, sendo eles divididos em seções e subseções: Introdução; Estado da arte para a avicultura industrial de corte; Processos para a extração da energia da biomassa; Perfil de consumo dos aviários de frango de corte; Geração distribuída; Ferramentas econômicas utilizadas em análise de investimentos; Estimativa da produção de cama de aviário para o frango de corte; Estudo de caso para o Sudoeste do Paraná; Viabilidade econômica de implantação de centrais geradoras de energia elétrica a partir da cama de aviário; e Resultados da pesquisa.

O primeiro capítulo consiste na introdução que aborda as questões energéticas e ambientais no mundo, os objetivos e as justificativas para a elaboração da pesquisa.

No capítulo dois, apresenta-se uma revisão do estado da arte da avicultura de corte no Brasil com ênfase nos parâmetros que influenciam a produção da cama de aviário. Apresentam-se, também, as tecnologias existentes para a conversão energética da biomassa e as ferramentas econômicas utilizadas na análise dos investimentos.

O terceiro capítulo, reserva-se a apresentar os materiais e métodos para a elaboração do estudo de caso.

No quarto capítulo apresenta-se um estudo de caso para a implantação de central geradora de energia elétrica para a cama de aviário no Sudoeste do Paraná. Nesse estudo de caso apresenta-se uma análise do consumo energético em aviário de frango de corte, produção da cama de aviário, retirada da cama de aviário, produção de biogás (com o processo de biodigestão anaeróbica), remoção das impurezas e armazenamento do biogás, e possibilidades de uso do biogás para o atendimento térmico e elétrico do aviário.

Já no quinto capítulo, analisam-se economicamente quatro alternativas (configurações) para o aproveitamento energético da cama de aviário. Para finalizar, no sexto capítulo, apresenta-se uma análise dos resultados obtidos na pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PANORAMA DA AVICULTURA INDUSTRIAL NO BRASIL

O Brasil é um dos países com maior produção avícola do mundo, uma atividade que teve início na década de 1950 e, a partir de então, passou a apresentar rápido desenvolvimento.

Segundo relatórios da Aveworld (2011), a avicultura brasileira está em ritmo acelerado de crescimento. A produção de frangos de corte em 2010 aumentou 12% em comparação ao ano de 2008. Segundo a AviSite (2012), a produção de pintainhos de corte em 2011 totalizou 6.244,90 milhões de cabeças, conforme descrito na Tabela 01.

Tabela 01 - Produção de pintainhos de corte no Brasil (milhões de cabeças)

Meses	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	420,5	460,7	417,7	472,9	499,35
Fevereiro	390,8	427,9	406,9	448,9	473,3
Março	423,4	441,1	425,6	510,4	526,84
Abril	414,3	429	455,7	497,6	513,02
Mai	433,5	455,5	461,8	501	536,04
Junho	418,8	437	482,1	500,8	514,10
Julho	434,6	476,1	500,3	512,4	501,88
Agosto	444,8	454,3	482,7	514,8	530,40
Setembro	424,4	485,3	467,9	496,9	515,77
Outubro	463,4	496,1	503	513,1	539,18
Novembro	431,5	431,7	462,6	511,5	544,74
Dezembro	451,8	443,8	494	517,82	550,24
TOTAL	5.152	5.439	5.560	5.998,12	6.244,9

Fonte: AviSite (2012)

A atividade avícola requer a utilização intensiva de tecnologias, implicando em grande consumo de energia nos processos para se obter o produto final: a carne de frango.

Em relatório apresentado pela UBABEF em 2011, verifica-se, conforme mostra a Figura 02, que o Estado do Paraná teve uma produção de frango de 27,77% em 2010. Santa Catarina vem em segundo lugar com 18,59%, Rio Grande do Sul com 16,23% e São Paulo com produção de 13,98% de frango de corte. Esses quatro Estados produziram, em 2010, 76,57% da produção total de frango de corte no Brasil.

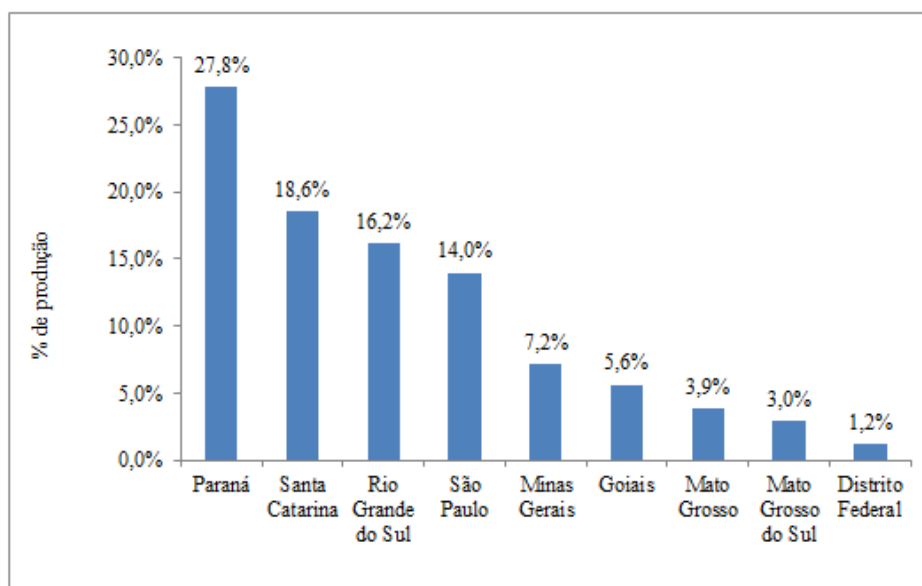


Figura 02 - Produção de Frango de Corte nos Estados Brasileiros

Fonte: UBABEF (2011)

Nesse relatório, também se verifica que os Estados de maior produção de frango de corte são os maiores exportadores de carne de frango, sendo que o volume exportado alcançou 3819,71 toneladas. Desse total, 26,71% das exportações foram do Estado de Santa Catarina, 26,19% do Estado do Paraná, 20,95% do Estado do Rio Grande do Sul e 6,99 do Estado de São Paulo.

A produção de carne de frango prevista para 2021 é de 16 milhões de toneladas. Esta perspectiva de aumento é resultado do aumento no consumo de carne de frango no mercado interno brasileiro decorrente da taxa de crescimento do país e também pelo aumento das exportações (AVISITE, 2011).

2.2 PANORAMA DA AVICULTURA INDUSTRIAL NOS ESTADOS UNIDOS

Os Estados Unidos é o país com maior produção avícola do mundo. Em 2010, sua produção atingiu 16,65 milhões de toneladas. Na Figura 03 verificam-se os principais estados americanos produtores de cama de aviário em 2010 (UBABEF, 2011).

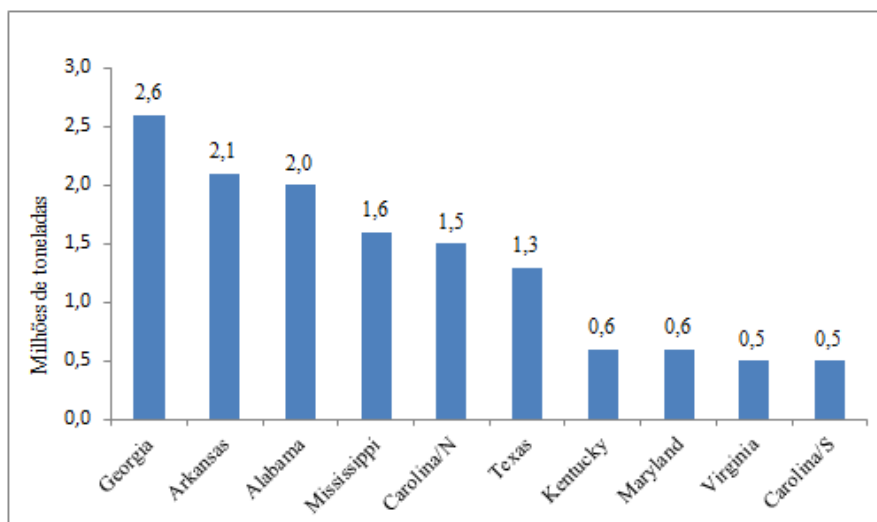


Figura 03 - Estados Americanos de Maior Produção de Cama de Aviário em Toneladas
 Fonte: UBABEF (2011)

Segundo relatório do USDA (2011), a exportação de frango em julho de 2011 totalizou 3.354 bilhões de reais, 28,6% a mais em comparação com o mês de junho de 2010. Os países que contribuíram para este aumento foram: Rússia, Hong Kong, Angola, Cuba e Geórgia. Esses cinco mercados representaram 33% das exportações do país, e esse crescimento é bastante evidente quando esse número é comparado com as exportações do ano anterior, quando representaram 18%.

2.3 PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM NA PRODUÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO

O Brasil é o terceiro país de maior produção de frango de corte no mundo, sendo o maior exportador. Atualmente, as tecnologias envolvidas no processo estão bem desenvolvidas e implicam alto consumo de energia. Com o incremento da produção e com o uso descontrolado de cama de aviário para fins agrícolas, futuramente o uso dessa biomassa para a geração de energia utilizando os processos desenvolvidos e em desenvolvimento serão necessários (UBABEF, 2011).

Segundo Nascimento (2011), a produção de cama de aviário é definida por diversos parâmetros zootécnicos da avicultura: características dos módulos de confinamento, manejo dos lotes de produção, sistema de iluminação, sistema de climatização, sistema de fornecimento de água e sistema de distribuição de ração. Todos esses fatores contribuem para a produção final da cama e a quantidade de umidade nela existente.

A abordagem feita na avicultura de corte no presente trabalho apresenta apenas parâmetros que influenciam a produção de cama de aviário. Os demais parâmetros que envolvem a atividade avicultura de corte são encontrados em Nascimento (2011), que apresenta as características da atividade bem como seus parâmetros econômicos e zootécnicos de forma mais aprofundada.

2.3.1 Manejo em Lotes de Frango de Corte

O manejo em lotes de frango de corte é a maneira como será conduzida a alimentação, a climatização e a iluminação das aves até a saída do lote. O manejo das aves de corte é definido por linhagem, sexo e clima da região e pela empresa que estará comercializando as aves, pois cada empresa utiliza um programa de manejo específico para manter seu padrão de produto (COBB, 2009).

O sistema de iluminação varia em função da idade e do peso das aves para que se garanta a melhor eficiência do lote. Para Rutz e Bermudez (2004), os programas de luz podem ser classificados em três tipos: luz constante, intermitente e crescente.

No programa de luz constante, utiliza-se a mesma iluminação em todo o ciclo de crescimento das aves. Já no programa intermitente, aplicam-se ciclos repetidos de luz e escuro dentro do período de 24 horas. No programa de luz crescente aumenta-se a luminosidade do aviário conforme o frango avança sua idade.

O programa de luz é um dos fatores que contribuem para a eficiência do lote de produção, porque quando é aplicado de forma correta, o ciclo de crescimento das aves é menor, pois se acelera o metabolismo das aves com a simulação dos dias com menos horas. Se houver um ciclo de produção menor, pode-se alojar um novo lote antes do tempo previsto e, dessa forma, em longo prazo (um ano, por exemplo), a diminuição no ciclo de alojamento poderá influenciar na produção da cama de aviário, pois o número de lotes alojados será maior que o habitual. Outro fator que deve ser levado em conta na produção dos lotes é o clima da região, pois a dificuldade de dissipar calor das aves é maior em função do aumento do peso delas; nesses casos, o calor liberado pelas aves deve ser retirado para o exterior dos galpões (NASCIMENTO, 2011). Quando o calor não é retirado, o estresse elevado das aves poderá ocasionar o óbito das mesmas.

Os sistemas de climatização surgiram para manter parâmetros ideais de alojamento para as aves. Nesse sentido, a climatização torna-se fator estratégico para a avicultura, pois, para a produção da cama de aviário, quanto maior o calor e estresse das aves, menor deverá

ser a densidade por m² e tal densidade está diretamente relacionada com a produção da cama de aviário (ALBUQUERQUE et al., 2006).

Com os equipamentos de ventilação busca-se, na estação de menor temperatura (inverno), a ventilação mínima dos aviários, ou seja, aplica-se a taxa mínima de troca de ar nos galpões para garantir os níveis mínimos de oxigênio e remoção de amônia e outros gases presentes no aviário devido à decomposição das fezes das aves. Para o verão, busca-se uma ventilação máxima nos galpões com sistemas tipo túnel de ventilação. Com isso, amenizam-se as flutuações de temperatura e se mantém os níveis de conforto ambiental para as aves dentro de padrões aceitáveis. Em associação com a ventilação máxima, utilizam-se sistemas de resfriamento evaporativo e nebulizadores nos dias de maior temperatura. Essa ventilação máxima pode atingir a velocidades de até 2,5 m/s no aviário, removendo o calor e poluentes (NASCIMENTO et al., 2011).

Já o consumo de água de um lote de frango de corte varia durante as estações do ano. No verão, em função de as temperaturas serem altas, as aves consomem mais água para manterem o corpo hidratado. Sua alimentação também deve ser feita pela combinação de rações balanceadas de acordo com o seu crescimento e as aves devem ser assistidas pelos operadores dos aviários e pela equipe técnica responsável pela eficiência dos lotes.

A alimentação e o fornecimento de água, quando feitos de forma correta, diminuem o ciclo de alojamento das aves. Nesse caso, a produção da cama de aviário em um determinado período aumenta em função de haver um número maior de lotes alojados e tal fator é determinante para quantificar a produção de cama de aviário.

2.3.2 Características dos Módulos de Confinamento (galpões)

Para a criação de aves de corte, utilizam-se algumas configurações de galpões para melhorar o desempenho das mesmas. Esses galpões são definidos por fatores de ordem econômica e climática (se refere às condições adequadas de temperaturas e umidade relativa do ar, ventilação, radiação, entre outras.), e pelo padrão de galpões utilizado pela empresa com a qual o avicultor irá comercializar as aves.

Em função de o Brasil ser um país tropical e pelo fato de a avicultura brasileira ser composta por um número muito grande de pequenas e médias empresas, há uma variação nessas instalações (galpões). Assim, encontram-se instalações com nível de controle do ambiente totalmente manual e instalações totalmente climatizadas (*Dark-House*).

Em instalações nas quais a climatização é controlada manualmente pelos operadores do sistema, a eficiência do lote de produção acaba dependendo da atuação do operador, podendo influenciar negativamente no realce das aves. Nesses casos, utilizam-se densidades menores devido à grande mão de obra necessária para a operação dos galpões (NASCIMENTO, 2011).

Nas instalações totalmente climatizadas, os controles de temperatura e iluminação interna são controlados por equipamentos eletrônicos. Nesses aviários, as cortinas laterais são fixas e a ventilação é feita por um sistema de ventilação tipo túnel. Nessas instalações também se utilizam nebulizadores e resfriadores adiabáticos para a redução da temperatura interna e para a obtenção do conforto térmico nos dias quentes (TINÔCO, 1996).

No que se refere à quantidade da produção de cama de frango de corte, ela varia tanto pelo tipo de sistema quanto em função da quantidade de aves por m^2 e a quantidade de aves por m^2 depende do tipo de controle de ambiência existente. Em aviários com exaustão manual, a quantidade é baixa, aproximadamente 12 aves/ m^2 (SANTOS, 2001), enquanto que em aviários *Dark House*, o número aumenta para até 40 aves/ m^2 (NASCIMENTO, 2011).

2.3.3 Subprodutos Industriais da Cama de Aviário

Os subprodutos industriais da cama de aviário são materiais colocados no aviário antes do alojamento para absorver a umidade do esterco das aves durante o seu ciclo. Essa umidade é influenciada pelo tipo de material absorvente. Por exemplo, com o uso de serragem de pinus e densidade de 10,16 e 22 aves/ m^2 , Santos (2001) obteve uma média de 33,72% de umidade para o primeiro lote de produção. No segundo lote, Santos (2001) obteve uma média de 29,26% de umidade.

Para Neitzke (2010), são vários os materiais absorventes e geralmente derivados de subprodutos industriais ou restos de cultivos agrícolas. Assim, os principais materiais absorventes usados são: maravalha, resíduos de beneficiamento de madeira, sabugo de milho triturado, casca de arroz e palhadas de cultivos em geral.

A maravalha é um resíduo produzido no beneficiamento de madeiras, como pinus e pinheiro, sendo um resíduo disponível em regiões de indústrias madeireiras. Esse material absorvente tem bom poder de retenção de umidade sendo o mais utilizado na avicultura de corte.

O sabugo de milho triturado tem um poder de absorção de umidade menor que a maravalha, mas esse substrato encontra-se mais facilmente em regiões produtoras de frango

de corte. Casca de arroz e palhadas de cultivos em geral apresentam capacidade relativamente pequena de absorção de umidade, porém são muito utilizadas por serem facilmente encontradas em todos os estados brasileiros (NEITZKE, 2010).

Em um estudo avaliativo de quatro tipos de cama (cepilho de madeira, casca de arroz, casca de café e sabugo de milho triturado), Araújo, Oliveira e Braga (2007) não observaram variação significativa no ganho de peso, no consumo de ração e na conversão alimentar. Assim, concluíram que os materiais absorventes pesquisados não influenciavam no desempenho das aves.

A densidade populacional a ser adotada é determinada por uma série de fatores como: região onde está localizada a granja, linhagem das aves, disponibilidade de equipamentos, época do ano e duração do ciclo. Para Conte (1997), é usual a utilização da densidade populacional de até 40 aves/m² nos primeiros 21 dias de idade, com posterior transferência de alojamento e redução na densidade. Ferrarez (2009) utilizou em sua análise uma densidade média de 12,46 aves/m², considerando 23% de umidade na cama de frango *in natura*. Calculou-se um valor médio de 2,04 kg de matéria seca (cama de aviário) por ave.

Para se determinar o potencial de geração de resíduos de aviários é necessário determinar o coeficiente de resíduo. Esse valor é calculado pela quantidade total de resíduos secos gerados pelas aves nos períodos de alojamento, dividido pelo seu peso, como é apresentado na equação (01).

$$C_R = \frac{kg_{cama}}{P_S} \quad (01)$$

na qual C_R representa o coeficiente de resíduo, kg_{cama} representa a quantidade de cama de aviário e P_S o peso das aves vivas.

Santos (2001) utilizou em seu experimento 0,442 kg de serragem seca por ave alojada com densidade de 16 aves/m² em cama nova. Ao final do ciclo de alojamento em teste (42 dias de alojamento) produziu-se um total médio de 1,37 kg matéria seca de cama de aviário por ave, sendo que, desse total, 0,93 kg (detritos) foram acrescentados pelas aves. Santos (2001) também concluiu que, para cada quilograma de frango vivo produzido, foram gerados em média 0,59 kg de matéria seca de resíduos.

Esses materiais absorventes não são trocados em cada lote. A utilização da mesma cama para vários lotes é prática comum e acontece em todas as regiões do Brasil. É recomendado que se reutilize esse substrato desde que se observem questões sanitárias, ou

seja, que os substratos sejam submetidos a tratamentos para inativação ou redução de patógenos.

As principais razões para a reutilização da cama de aviário, segundo Paganini (2004), são: custo para a aquisição dos substratos (maravalha, casca de arroz, sabugo de milho moído entre outros), custo com mão de obra para a retirada da cama do galpão, escassez de materiais substratos em regiões de grande concentração avícola e tentativa de diminuir os impactos ambientais no reuso da cama de aviário, como fertilizante para o solo.

Para concluir, não se encontrou junto à comunidade científica o poder calorífico do material absorvente, mas encontrou-se o poder calorífico da cama de aviário que é composta de material absorvente. Para Sordi, Souza e Oliveira (2005), o poder calorífico da cama de aviário varia de 11.600 a 16.100 kJ/kg, sendo tal variação ocasionada pela umidade existente nessa cama.

2.3.4 Decomposição da Cama de Aviário

Atualmente o principal destino para a cama de aviário é o uso como fertilizante do solo. Essa prática é desejável economicamente, pois a cama representa um recurso bastante usado nas granjas avícolas e possui elevada concentração de nutrientes (TESSARO, 2011). Porém, com o crescimento da atividade avícola no Brasil a partir da década de 1990 e com os problemas de poluição do solo e dos recursos hídricos por nutrientes e microrganismos patogênicos contidos na utilização excessiva da cama de aviário como fertilizante, pesquisadores buscam uma forma de transformar esse material em fonte de energia.

Para o uso energético da cama de aviário, é necessário considerar que ela está em constante processo de decomposição (fermentação), situação que influencia a energia contida na biomassa. O processo de decomposição ocorre quando a mesma apresenta alto teor de umidade (em virtude de períodos chuvosos, pela utilização do sistema de nebulização e pela defecação das aves), pois está exposta a condições favoráveis para a proliferação dos microrganismos, mesmo estando dentro do aviário e havendo aves alojadas nele. Nesse caso, segundo Tessaro (2011), no período em que a cama de aviário se encontra no aviário, a mesma sofre uma lenta decomposição anaeróbica. Para os avicultores essa decomposição é conhecida como fermentação e é perceptível pela liberação do gás amônia. Neste processo, a cama de aviário sofre alterações físicas, químicas e biológicas pelas inúmeras transformações desencadeadas pelos micro-organismos.

O manejo que é dado para a cama de aviário e quando a mesma é retirada do aviário varia de uma agroindústria para outra. Porém, uma prática comum empregada pelos avicultores na hora de limpar as instalações é o amontoamento da cama de aviário em galpão ou lavouras com cobertura de lona plástica para intensificar o processo de decomposição. Para Tessaro (2011), durante o período de decomposição da cama de aviário (dentro do aviário e após a retirada e amontoamento em depósitos), altera-se o poder calorífico da biomassa. Atualmente, os estudos teóricos e práticos feitos com cama de aviário, apresentam o poder calorífico (inferior e superior) logo após a retirada da cama de aviário do aviário (após o sexto lote). Não foram encontrados estudos que validam a alteração energética da cama de aviário ocasionada durante um período de decomposição anaeróbico em depósitos.

2.4 PROCESSO PARA CONVERSÃO DA ENERGIA DA BIOMASSA

Para esta subseção, apresentam-se características dos processos para a extração da energia da biomassa. O intuito destas informações é inicialmente verificar o estado da arte para as tecnologias existentes e, principalmente, averiguar subsídios científicos para a elaboração do presente trabalho.

A conversão energética da biomassa para a geração de calor e/ou energia elétrica, utiliza a conversão termoquímica que inclui a combustão direta, a gaseificação e a pirólise. Também utiliza a conversão bioquímica (digestão anaeróbica e fermentação) e a conversão físico-química, processo que inclui a compressão, a extração e a esterificação da biomassa transformando-a em combustível líquido.

A cama de aviário *in natura* apresenta teores de umidade que devem ser descontados ao se quantificar a mesma para o uso energético. Segundo Costa (2009), para quantificar o total de cama de aviário deve-se calcular os teores de sólidos totais, e descontar a umidade existente na mesma.

Para Costa (2009), os teores de sólidos em percentual são calculados pelas equações (02) e (03):

$$S_t = 100 - W \quad (02)$$

em que S_t é o teor de sólidos totais em %, W o teor de umidade da amostra em % dado por

$$W = \frac{P_u - P_s}{P_u} \times 100 \quad (03)$$

sendo que P_u representa o peso da cama com umidade em g e P_s , o peso da cama de aviário seca em g.

2.4.1 Digestão Anaeróbica da Cama de Aviário

A digestão anaeróbica é um processo de decomposição de matéria orgânica por bactérias em um meio onde não há a presença de oxigênio gasoso. O processo de digestão anaeróbica é dividido em processos que, juntos, resultam na decomposição da matéria orgânica. Na primeira fase, liquefação, o material orgânico complexo é transformado em compostos dissolvidos (matéria orgânica volátil). A segunda fase do processo é dividida em duas partes: fermentação ácida e fermentação acetogênica.

Nessa segunda fase, os produtos da subfase anterior são transformados em acetato, hidrogênio e monóxido de carbono. Na terceira e última fase (metanogênese), os produtos da acetogênese são transformados em maior proporção em metano (COSTA, 2006).

Silva (2009) descreve o processo anaeróbico da seguinte forma: bactérias utilizam os componentes químicos, tais como dióxido de carbono (CO_2), nitratos (NO_3) e sulfatos (SO_4^{2-}) para resultar o produto final da oxidação da matéria orgânica. Tal processo é composto por dois estágios. No primeiro, atuam as bactérias anaeróbicas e facultativas, bactérias que transformam compostos orgânicos de carboidratos, lipídios e proteínas em ácidos voláteis. No segundo, atuam as bactérias estritamente anaeróbicas que convertem os ácidos voláteis em gases como o metano e o gás carbônico.

Os processos de digestão anaeróbica para a geração de biogás como forma para a obtenção de energia podem ser divididos por biodigestores em batelada e biodigestores contínuos. Nos Estados Unidos, emprega-se o biodigestor tubular (*Plug Flow*) projetado para operar com temperatura na faixa de 20 a 45°C. Também se desenvolveu o biodigestor de fluxo ascendente com leito de lodo. Para os demais modelos buscou-se o melhoramento do processo com adição de compostos químicos, uso de inóculos, agitadores e controle de temperatura.

Para que o processo de digestão anaeróbico ocorra com maior eficiência, recomenda-se que a acidez (pH - potencial hidrogeniônico) dos substratos se mantenha em valores entre 6 e 7 (VUKOBRATOVIC; SLJIVAC; NIKOLOVSKI, 2009). Também os autores You, *et al.*, (2009) relatam que os tanques de digestão anaeróbica funcionam com maior eficiência com temperatura entre 38°C a 45°C. Essa temperatura pode ser fornecida por trocadores de calor que têm como fonte de energia térmica a radiação solar, ou o calor residual dos motores a combustão utilizados para queimar esse biogás e gerar eletricidade.

As biomassas utilizadas podem derivar de resíduos vegetais e animais, porém esse processo pode sofrer variações na temperatura, na acidez e no tempo em função do tipo da matéria usada como biomassa. Na Tabela 02, verifica-se o potencial de geração de biogás e energia elétrica com o processo de digestão anaeróbio para diferentes tipos de resíduos animais. Verifica-se também que os resíduos de aves de corte no estado sólido apresentam maior produção de biogás em m³/kg na base seca, aproximadamente 0,36 m³/kg; em segundo lugar, os resíduos de suínos no estado líquido apresentam 0,35 m³/kg e, em terceiro, encontram-se os resíduos de gado com 0,30 m³/kg (VUKOBRATOVIC; SLJIVAC; NIKOLOVSKI, 2009).

Segundo Santos (2001), utilizando três tipos de cama em dois lotes de produção, produziu-se no primeiro lote uma quantidade média de biogás de 0,21 m³/kg de sólidos totais. Para o segundo lote, validou 0,24 m³/kg. No entanto, Ferrarez (2009) apresentou uma produção de biogás de 0,54m³/kg de matéria seca (cama de aviário). A disparidade de valores obtidos na pesquisa de Santos (2001) e Ferrarez (2009) com relação à produção de biogás deve-se aos diferentes métodos de análise utilizados pelos pesquisadores.

Tabela 02 - Biomassa de Diferentes Animais

Tipo de animal	Tipo de Resíduos	Quantidade (kg/dia)	Matéria Seca (kg/dia)	Biogás (m ³ /dia)	Biogás (m ³ /kg)	Energia (kWh/ano)
Bovino	Líquido	51,00	5,40	1,60	0,30	3400,00
	Sólido	32,00	5,60	1,60	0,29	3400,00
Suíno	Líquido	16,70	1,30	0,46	0,35	970,00
	Sólido	9,90	2,90	0,46	0,16	970,00
Aves de corte	Sólido	0,66	0,05	0,02	0,36	36,00

Fonte: Vukobratovic, Sljivac e Nikolovski (2009)

A composição do gás metano varia de 50% a 70% na composição do biogás. Com 50% de gás metano o poder calorífico é 17,95MJ/m³ e para 70% de metano, 25,13MJ/m³ (LING; et al., 2011).

Além da composição do metano no biogás, encontra-se também, na mistura, de 30% a 35% de dióxido de carbono, aproximadamente 5% de sulfureto de hidrogênio, aproximadamente de 0,5 a 2,5% de nitrogênio, aproximadamente 1% de oxigênio e água. Algumas dessas substâncias são substâncias não comburentes, como por exemplo, a água e o dióxido de carbono (LING; et al., 2011).

O dimensionamento do sistema de digestão anaeróbica é fator importante a ser considerado nos processos de conversão de energia da biomassa. Para Santos (2001), o dimensionamento de biodigestores para atender à necessidade energética depende da disponibilidade dos resíduos gerados nas granjas de frango de corte. Isso porque os resíduos de origem avícola (cama de aviário) são obtidos periodicamente, ou seja, a cama de aviário poderá ser retirada do aviário a cada lote de frango de corte alojado ou somente no quinto ou sexto lote de produção. Essas características de geração da cama de aviário favorecem a aplicação dos biodigestores de batelada, principalmente por apresentarem baixo custo de aquisição associada à baixa tecnologia e à facilidade de operação.

Santos (2001) também afirma que, para o dimensionamento dos biodigestores, é importante conhecer o potencial de biomassa disponível no aviário para a geração de biogás, a quantidade de biomassa e líquidos, a distribuição da produção de biogás no tempo e a necessidade de biogás para o suprimento da demanda térmica e elétrica dos aviários. Esses são os principais fatores a serem conhecidos para o dimensionamento do sistema de digestão anaeróbica. Conhecendo-se a quantidade de biomassa disponível e a necessidade de biogás para a geração de energia, pode-se evitar problemas no sistema. A mistura a ser utilizada nos biodigestores e o tempo do processo definem o tamanho dos biodigestores, a quantidade e a estratégia de operação.

A mistura a ser utilizada no biodigestor contribui para o tempo do processo e para dimensionar o biodigestor. Santos (2001) utilizou em seu trabalho a equação 04 para o preparo dos substratos.

$$WS = E_u + INC + A \quad (04)$$

em que: WS representa a massa do substrato a ser colocado no biodigestor, E_u representa o peso do estrume fresco, INC representa o inóculo que deverá ser adicionado e A representa o peso de água a ser misturado com E_u .

Segundo Santos (2001), a quantidade de inóculo (biomassa em fermentação) utilizada para o início do processo deve ser o equivalente a 10% da matéria seca (cama de aviário). Também em experimento Santos (2001) utilizou 5% e 15% de inóculo para verificar a variação no tempo de fermentação da biomassa. Além disso, utilizou, para digestores de batelada, aproximadamente 10% de biomassa e 75% de água.

Para biodigestor sequencial, misturas diferentes são utilizadas. A quantidade de biomassa é a mesma (10%), porém a quantidade de água diminui-se para aproximadamente 60% e para 30% a quantidade de inóculo. Nas Figuras 04 e 05 pode-se verificar que com

mistura de 15% de inóculo, 10% de biomassa e 75% de água em biodigestores de batelada, o tempo de fermentação da cama de aviário, para atingir 97% da produção de biogás, é de aproximadamente 60 dias. Dessa forma, conclui-se que, para o menor tempo de fermentação, a mistura de 15% de inóculo é recomendada. Também se observa na Figura 04 que, com uma mistura de 15% de inóculo, a fermentação ocorre de forma mais homogênea, tendo um pico nos primeiros dias de fermentação e apresentando um decaimento nos demais dias.

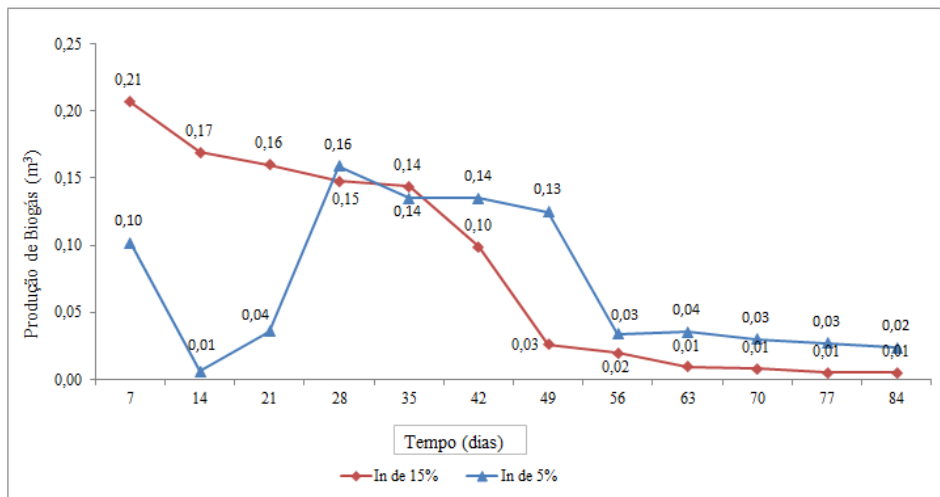


Figura 04 - Produção Média de Biogás em m³ Acumulada com 5% e 15% de Inóculo
Fonte: Santos (2001)

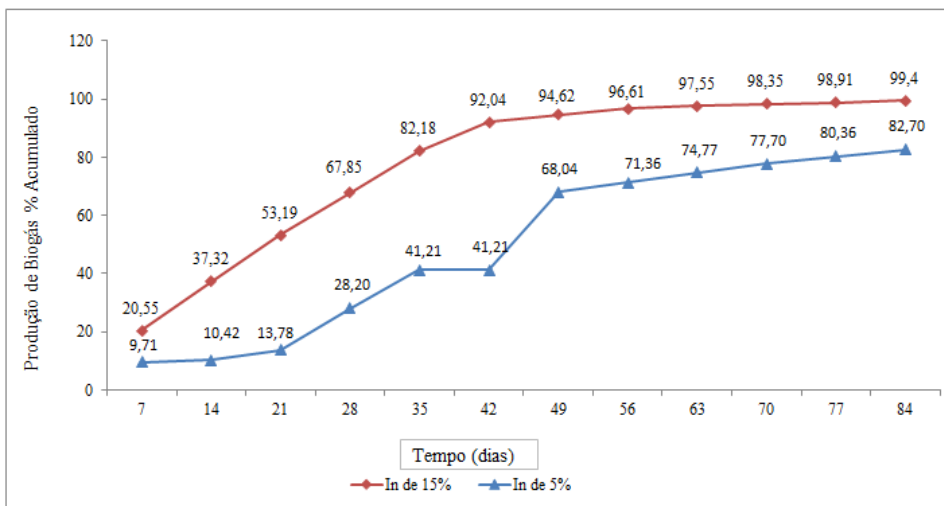


Figura 05 - Produção Média de Biogás em % Acumulada com 5% e 15% de Inóculo
Fonte: Santos (2001)

Para maiores informações a respeito da influência da mistura no tempo de fermentação da cama de aviário no biodigestor, indica-se uma leitura mais detalhada do trabalho de Santos

(2001). Para a presente investigação, serão utilizados 15% de inóculo para o dimensionamento do biodigestor.

Há diversas tecnologias para efetuar a conversão do gás gerado pelo processo de digestão anaeróbica em energia elétrica ou térmica. Para a geração de energia térmica, pode-se dizer que as tecnologias existentes estão maduras, pois na maioria dos casos, esse biogás é utilizado em processos de queima direta, como por exemplo: queima em caldeiras para a geração de energia térmica (COSTA, 2006).

Tal processo ocorre com maior frequência em regiões com temperaturas mais amenas, caso das regiões no sul do país. Também esse biogás poderá ser utilizado em caldeiras para a geração de energia térmica e, conseqüentemente, gerar energia elétrica por meio de processos termoelétricos.

A aplicação mais comum do biogás consiste na geração de energia elétrica através de processos de combustão interna controlada, realizada em motores de combustão interna (ciclo otto e ciclo diesel). Outras tecnologias como microturbinas a gás, turbinas a gás e turbinas a vapor também podem ser utilizadas. Porém, para o melhor aproveitamento do biogás, há necessidade de prover a purificação do biogás para a retirada de impurezas.

2.4.1.1 Purificação do Biogás

Segundo Ling et al.(2011), o biogás que provém da biomassa animal (estrume) é composto de aproximadamente 50% a 70% de metano, 30% a 35% de dióxido de carbono e 5% de sulfeto de hidrogênio. Encontram-se também nitrogênio, oxigênio e água. Essas substâncias prejudicam a queima do biogás tornando o sistema menos eficiente. Segundo a portaria 128, de 28 de agosto de 2011, publicada pela ANP (Agência Nacional de Petróleo), a quantidade mínima de metano no gás natural deve ser de 68% com no máximo 18% de CO₂. Esse percentual de mistura é utilizado quando o biogás se destina a processos de combustão externa. Para uso em motores a combustão interna (ciclo otto), o percentual mínimo de metano no biogás deve ser de 86% com, no máximo, 5% de CO₂. Para que as impurezas contidas no biogás não sejam um problema para determinadas aplicações, recomenda-se a limpeza do biogás com técnicas específicas que objetivam a retirada de umidade, dióxido de carbono, particulados e a remoção do ácido sulfídrico (H₂S) (SALOMON, 2007).

A remoção da umidade é feita visando à utilização final do biogás, pois cada processo tem um grau de umidade aceitável. Nesse caso são utilizados processos com glicóis e sílica gel. Para Salomon (2007), a remoção de dióxido de carbono (CO₂) do biogás pode ser feita

por meio da absorção física e química, absorção em superfície contínua, separação por membranas, separação criogênica e separação a partir de conversão química. Esses processos de limpeza são utilizados pelas indústrias petroquímicas, tecnologia considerada amadurecida.

Os processos físicos de purificação do biogás se destacam dos físico-químicos por requererem relativamente pouca energia, porém a pressão do sistema é elevada (300 a 500 kPa) com menor remoção de CO_2 (MAGALHÃES, et al., 2004). O sistema mais utilizado é o processo que utiliza colunas recheadas. Como se pode verificar na Figura 06, esse equipamento de purificação é constituído de um tubo metálico com camadas de material em seu interior (recheio) destinado a promover o maior contato do gás com o material solvente. O material solvente entra na parte superior do cilindro com pressão e vazão controladas com saída na parte inferior. Também nota-se na Figura 06 que o biogás tem circulação contrária ao material solvente objetivando o aumento do contato do biogás com o solvente e consequentemente aumento da absorção do CO_2 .

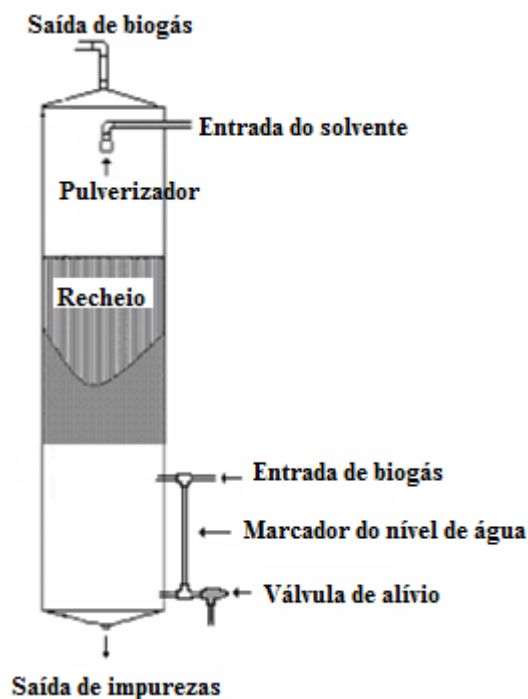


Figura 06 - Sistema para Purificação do Biogás, Coluna Recheada

Fonte: Magalhães, et al. (2004)

O material solvente utilizado no sistema de purificação do biogás formado de colunas recheadas utiliza material não volátil, não corrosivo, não inflamável, de baixa viscosidade e de boa absorção do soluto. Para a remoção do CO_2 existem diversos solventes que podem ser

utilizados (como por exemplo, polietileno glicol), porém os custos de alguns materiais são relativamente elevados. Quando se leva em consideração o custo como fator de decisão, a água destaca-se pelo seu custo reduzido e pelo fato de o CO₂ e o H₂S serem solúveis nesse material.

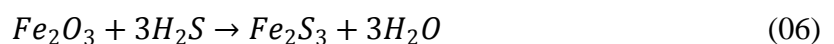
Outro fator a se considerar é a solubilidade do material soluto no material solvente, pois é por meio dessa solubilidade que se determina a vazão de solvente necessária para capturar o soluto na mistura gasosa. Segundo Magalhães et al. (2006), a solubilidade dos gases constituintes do biogás em água pode ser definida pela equação 05.

$$V_L = \frac{V_b}{S \times P} \times \frac{N}{100} \quad (05)$$

onde: V_L representa a vazão de água necessária (L/min), V_b representa a vazão de biogás (cm³/min), S consiste na solubilidade do CO₂ em água (cm³/L/atm), P representa a pressão de operação (atm) e N consiste no nível de CO₂ no biogás (%).

Outro gás maléfico para todo o sistema (compressor, reservatório e motores em geral) e que causa sérios problemas de corrosão é o ácido sulfídrico, encontrado em diversas concentrações, sendo corrosivo e tóxico. Durante a queima do biogás, o ácido sulfídrico é convertido em dióxido de enxofre. Porém, para Salomon (2007), o referido ácido também é solúvel em água e, assim, o equipamento utilizado para remover o CO₂ remove também o ácido sulfídrico.

Outra maneira de retirar o gás sulfídrico consiste em passar a mistura de biogás em uma torre por uma camada de óxido de ferro III (Fe₂O₃). Conforme o biogás passa pela torre, o gás sulfídrico (H₂S) fica retido ao reagir com o óxido de ferro e tal reação química é apresentada abaixo na equação 06.



Após a saturação do óxido de ferro III, a sua regeneração ocorre ao ar ambiente. Segundo Salomon (2007), 1 m³ de enchimento de óxido de ferro poderá remover aproximadamente 100 kg de enxofre utilizando a equação 06.

Para finalizar, a remoção das partículas sólidas é fundamental para não haver o entupimento de sistemas de transporte, armazenamento e injeção do biogás, e também para que as impurezas não roubem a energia durante a combustão, pois são impurezas não comburentes e ocupam o espaço da câmara de combustão reservado para o combustível e o oxigênio.

Os sistemas que utilizam o biogás como combustível precisam ser equipados com os sistemas citados anteriormente para efetuar a limpeza do biogás. O uso do biogás sem a aplicação do adequado processo de limpeza poderá diminuir consideravelmente a vida útil de todo o sistema. Além disso, com a retirada das impurezas do biogás, aumenta-se o poder calorífico do gás ocasionado pelo aumento do percentual de metano existente na mistura.

2.4.1.2 Uso do Biogás para a Geração de Energia

O biogás gerado no processo de digestão anaeróbica pode ser utilizado em grupos geradores acionados por motores de ciclo otto, microturbinas e turbinas a gás para a geração de energia elétrica, conforme mencionado anteriormente. Segundo Ferrarez (2009), para o cálculo de potência elétrica utiliza-se a equação (07). Essa equação considera 15% de rendimento para o gerador acionado por motores de ciclo Otto, 27% de rendimento para geradores acionados por microturbinas a gás e 33% de rendimento para acionamentos por turbinas a gás. De acordo com Costa (2006), os motores a gás ciclo Otto, com potência instalada de 30 kW á 20 MW, apresentam rendimento de 30 a 40%.

$$P_e = PCI \times P_b \times \eta_{g,gerador} \quad (07)$$

em que P_e é a potência elétrica gerada (kW), PCI , poder calorífico inferior do biogás (kJ/m^3), P_b , volume do biogás consumido por segundo ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) e $\eta_{g,gerador}$, rendimento do gerador e seu acionamento.

Atualmente, no Brasil, existem aplicações industriais dos motores de combustão interna em grupo gerador para a geração de energia elétrica utilizando o biogás como combustível, e algumas características desse processo serão destacadas a seguir.

Esses motores são divididos em dois grupos: motores de ciclo otto e motores de ciclo diesel. Quando do uso do biogás nesses tipos de motores, a taxa de combustão interna do motor diminui de 0,37 m/s para 0,23 m/s. Essa diminuição ocorre devido ao fato de o biogás ser composto por dióxido de carbono e outros gases não comburentes que não são removidos completamente pelo processo de limpeza (LING; et al., 2011).

Para Junior e Fagá (2008), um conjunto gerador de 1,00 MW, que queima aproximadamente 269,34 m^3/h de gás natural, emite para a atmosfera aproximadamente 0,535 kg/MWh de CO_2 , 1,406 kg/MWh de NO_x e 2,812 kg/MWh de CO.

Ferrarez (2009) apresentou e validou em seu trabalho a viabilidade econômica da produção de energia elétrica para uma granja da cadeia produtiva de frango de corte no Estado

de Minas Gerais. Utilizando parâmetros econômicos (valor presente líquido, taxa interna de retorno e tempo de retorno de capital), calculou o custo da energia elétrica gerada com grupo gerador (R\$/kWh) de 0,20 reais. Para obter esse resultado, Ferrarez (2009) apresentou os investimentos necessários para a implantação de sistema de geração de energia elétrica na granja com o grupo gerador (R\$ 19.061,99, valor apresentado no dia 24/09/2009). Considerou também a vida útil de cinco anos do equipamento e tempo de operação de 8.760 horas/ano do sistema.

Para Costa (2006), o custo de instalação de um grupo gerador de 30 kW para a queima do biogás atinge o valor de 822,67 R\$/kW. Ainda em seu trabalho, Costa (2006) apresenta um custo de operação e manutenção do grupo gerador de aproximadamente 0,034 R\$/kWh. (Valores obtidos com vida útil do equipamento de 40.000 horas e fator de disponibilidade de 80%.) Observa-se a disparidade nos valores obtidos por Ferrarez (2009) e Santos (2001). Isso ocorre devido aos diferentes cenários apresentados pelos pesquisadores. Para maiores informações sobre a disparidade de valores, direciona-se o leitor para o trabalho de Ferrarez (2009) e Santos (2001).

Outra tecnologia importante para o aproveitamento do biogás é o uso da Microturbina a Gás. Segundo Salomon (2007), essa tecnologia ainda está sendo bastante pesquisada, mas é uma alternativa tecnológica que, em um futuro próximo, estará difundida para a geração de energia elétrica a partir do biogás. Para Ferrarez (2009), esse tipo de equipamento tem um rendimento aproximado de 27% utilizando o princípio de funcionamento ciclo Brayton. Na Figura 07, observa-se que esse ciclo é composto de quatro etapas: compressão, adição de calor, expansão e rejeição de calor. Na primeira fase, o ar em condição ambiente passa pelo compressor, onde ocorre a compressão do ar em condição ambiente. Na segunda etapa, o ar comprimido é direcionado para a câmara de combustão, onde se mistura com o combustível possibilitando queima e aquecimento com pressão constante. Ao sair dessa câmara (etapa três), os gases de combustão se expandem conforme passam pela turbina. Esse fluido exerce trabalho sobre as palhetas reduzindo a pressão e a temperatura dos gases, gerando potência mecânica.

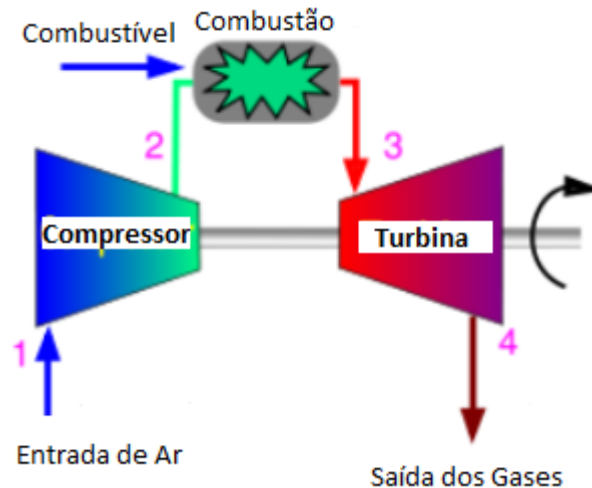


Figura 07 - Funcionamento da Microturbina

Fonte: Costa (2006)

Segundo Costa (2006), os gases saem da turbina com uma energia térmica elevada, podendo ser utilizados em processos seguintes para a cogeração de energia térmica através de trocadores de calor. Para se calcular a energia elétrica gerada por este tipo de tecnologia, utiliza-se a equação 07 apresentada por Ferrarez (2009).

Costa (2006) apresentou e validou em seu trabalho (Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto) a viabilidade econômica da instalação de um sistema de geração de 30 kW com microturbina a gás o valor de 5.034,88 R\$/kW instalado.

Também se validou o custo de operação e manutenção da microturbina a gás, que se aproximou dos 0,2269 R\$/kWh. Para obter esse valor, considerou-se a vida útil do equipamento de 40.000 horas e fator de disponibilidade de 80%.

Os equipamentos que utilizam as Turbinas a Gás no acionamento apresentam um princípio de funcionamento semelhante ao das microturbinas, porém são equipamentos com potência maior que variam de dezenas de kW até 300 MW. A eficiência das turbinas a gás é obtida em função da pressão e da temperatura do ar atmosférico no primeiro estágio da turbina e a temperatura de saída dos gases quentes da turbina. Quanto menor a temperatura de saída dos gases, maior será a eficiência do equipamento, que tem rendimento de aproximadamente 33% (SALOMON, 2007).

2.4.2 Gaseificação da Cama de Aviário

Para Neitzke (2010), a gaseificação é a conversão de qualquer combustível líquido ou sólido, como a biomassa, em gás energético por meio da oxidação parcial em temperaturas de

aproximadamente 350 °C com oxigênio, transformando o combustível em elemento gasoso. Esse gás é uma mistura de monóxido de carbono, dióxido de carbono, nitrogênio, hidrogênio e metano. Esses elementos gasosos poderão ser usados como combustível e serem queimados em diversos processos para a geração de energia elétrica (MRINALINI; NRIPEN, 2009).

Segundo Ro, et al. (2007), nos Estados Unidos, 35 milhões de toneladas de estrume animal por ano são utilizados como biomassa, os quais representam 18% da matéria prima derivada da agricultura. Para a extração da energia dessas biomassas, utilizam-se os processos de pirólise, digestão anaeróbica, gaseificação e queima direta.

Em experiência feita em bancada por Ro et al. (2007), no processo de gaseificação molhada, produziu-se 54% de CH₄, 45% de CO₂ e 1% de H₂. Esses resultados foram obtidos para todos os resíduos examinados. Ao final da experiência, os pesquisadores apresentaram um valor energético dos gases produzidos de 13.832 kJ/kg de matéria seca utilizando o processo de gaseificação molhada com cama de aviário. Para Neitzke (2010), esse poder calorífico superior ficou em média 13.500 kJ/kg de matéria seca.

Peres (1999), ao gaseificar a cama de aviário, verificou que 1kg de cama de aviário produz 0,65 m³ de gás com poder calorífico de aproximadamente 12,84 MJ/m³.

Segundo Neitzke (2010), um dos fatores mais importantes e que devem ser levados em consideração é a umidade da biomassa. Valores de umidade acima de 20% inviabilizam o processo de gaseificação, pois há o consumo elevado de energia para a retirada da umidade. Em seguida, há a necessidade de peletizar a cama natural, ou seja, processá-la de forma a aumentar a densidade energética. Na Figura 08 visualiza-se a cama de aviário peletizada, processo que se faz necessário, pois a cama de aviário é um material polidisperso. Além disso, o processo de peletização se faz necessário para aumentar a energia da cama de aviário por m³. Isso ocorre porque os equipamentos utilizados para a compactação dos resíduos aumentam a densidade do pellet, e, conseqüentemente, aumentam a quantidade de material por m³. A compactação pode ser realizada com equipamentos como: prensas extrusoras de pistão mecânico, prensas extrusoras de rosca sem fim, prensas hidráulicas, peletizadora e enfardadeira.



Figura 08 - Cama de Aviário Peletizada

Fonte: Neitzke (2010)

O processo de gaseificação é dividido em dois grupos: gaseificação de leito fixo e gaseificação de leito fluidizado. Pode-se estimar para tais processos de gaseificação uma eficiência termodinâmica de aproximadamente 30%. Neitzke (2010) apresentou uma análise econômica na qual utilizou 30% de rendimento do sistema e validou um custo final de 0,1977 R\$/kWh para a geração de energia elétrica. Nessa validação, queimou-se o gás gerado pelo processo de gaseificação da cama de aviário em um grupo gerador que utilizou um motor de ciclo otto acoplado ao gerador. Segundo Cardoso (2004), o gás gerado no processo de gaseificação da cama de aviário é composto de aproximadamente 21% de monóxido de carbono, 9,2% de dióxido de carbono, 14,5% de hidrogênio, 4,8% de vapor de água, 1,6% de metano e 48,45% de nitrogênio. Com essa composição do gás gerado no processo faz-se necessária a purificação do mesmo para poder ser usado em motores de combustão interna.

Neitzke (2010) apresenta para o gás gerado no processo de gaseificação um poder calorífico médio de 13,5 MJ/kg de cama de aviário peletizada na base seca, mas o poder calorífico só foi alcançado devido ao processo de peletização da cama. Se a peletização não ocorrer, o gás gerado apresenta poder calorífico reduzido devido à alta umidade da cama, que é composta por materiais como: cinzas, nitrogênio, fósforo e enxofre.

2.4.3 Queima Direta da Cama de Aviário

Na combustão direta, segundo Mrinalini e Nripen (2009), provoca-se a queima da biomassa para que se obtenha energia térmica para o aquecimento de líquidos para serem utilizados em diversos sistemas, inclusive na produção de vapor para gerar energia elétrica.

No processo que geraria energia elétrica, o líquido aquecido na aplicação da energia térmica e liberado pela queima da cama de aviário é utilizado para movimentar turbinas acopladas a geradores.

No Brasil não se tem registro da queima direta da cama de aviário em caldeiras de plantas industriais para a geração de energia térmica ou elétrica, apenas em plantas didáticas para pesquisas em instituições. Nessas plantas faz-se uso de um rendimento termodinâmico no ciclo de geração entre 25 a 35%. Para unidades de geração pequenas (50 MW) utiliza-se 25% como valor de referência. Na reutilização do vapor na saída da turbina de geração para outro processo no qual a temperatura de saída e pressão atendam à aplicação, o rendimento poderá aumentar para 85% (SORDI; SOUZA; OLIVEIRA, 2005).

Segundo Sordi, Souza e Oliveira (2005), o potencial econômico de geração de energia elétrica pode ser calculado pela equação 08.

$$C_g = \frac{C_c + C_{om} + C_{comb} + C_{Tr}}{PE} \quad (08)$$

em que C_g representa o custo de geração de energia elétrica (R\$/MWh), C_c representa o custo de capital anual (R\$/ano), C_{om} expressa o custo anual com operação e manutenção (R\$/ano), C_{comb} expressa o custo anual com a cama de aviário, o C_{Tr} representa o custo com transporte da cama de aviário e PE diz respeito à produção anual de eletricidade (MWh/ano) que é obtida pela equação abaixo.

$$PE = P \times T \quad (09)$$

onde T expressa a tempo de funcionamento anual da central de geração (horas) e P representa a potência instalada a vapor (kW).

Para o cálculo do potencial econômico deve-se considerar o poder calorífico da cama de aviário que, para o processo de queima direta, pode variar de 11.600 kJ/kg até 16.100 kJ/kg. Essa variação de valores se deve essencialmente à umidade da cama. Utilizando as equações 08 e 09, os autores obtiveram um potencial econômico de geração de 80,00 R\$/MWh. Para quantificar esse valor os autores apresentaram um estudo de caso de implantação da usina geradora no qual, para uma potência de 12 kW, chegou-se ao valor de 1.147,70 R\$/kW.

2.4.4 Pirólise da Cama de Aviário

Outro processo para o aproveitamento das biomassas e conversão termoquímica é a Pirólise, processo que consiste em aquecer a biomassa a temperaturas elevadas (500 a 900°C), para convertê-la em matéria sólida, líquida ou gasosa.

Nesse processo, objetiva-se a retirada da matéria volátil que produz um gás composto de hidrogênio e monóxido de carbono, deixando a matéria resultante com o dobro da densidade. Para Rocha, Pérez e Cortez (2004), a pirólise é um processo de conversão térmica que implica a ruptura de ligações carbono-carbono e na formação de ligações carbono-oxigênio, ou seja, processo de oxidação-redução na qual uma parte da biomassa é reduzida a carbono e outra parte é oxidada e hidrolisada dando origem a fenóis, carboidratos, alcoóis, aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos.

Pode-se também obter materiais líquidos conhecidos como óleo de pirólise e óleo de fenol. Os combustíveis derivados da pirólise, o gás e o óleo de pirólise podem ser queimados para a geração de energia térmica e posteriormente energia elétrica devido a suas características comburentes.

A composição da biomassa, ou proporção dos componentes que a constituem, apresenta papel importante nos produtos derivados da pirólise, pois cada biomassa apresenta características particulares quando é submetida ao processo. Ou seja, a composição e o rendimento desse processo dependem da composição da biomassa e dos equipamentos utilizados. Os pesquisadores Rocha, Pérez e Cortez (2004), em trabalho científico, comprovam que a madeira, sendo utilizada no processo de pirólise rápida, resulta em aproximadamente 75% de produto líquido, 12% em carvão e 13% em gás.

Para Kyoung, Cantrell e Patrick (2010), a pirólise de biomassa suína (esterco de suínos) resultou em um combustível com concentrações de hidrocarbonetos (C_2) de aproximadamente 29,5 MJ/s m³.

2.5 PERFIL ENERGÉTICO DOS AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE

Os gastos de energia nos aviários representam impacto significativo na avicultura e estão diretamente relacionados com a climatização (aquecimento e ventilação) dos galpões. Segundo Ferrarez (2009), os gastos com climatização podem alcançar 22% dos custos totais de produção do frango para o avicultor. O clima temperado e as variações climáticas do país potencializam o consumo elevado de energia. Para Nascimento (2011), a climatização dos

aviários se torna uma estratégia para o bom desempenho das aves, pois a saúde delas está diretamente relacionada às condições ambientais às quais estão expostas.

2.5.1 Demanda e Consumo de Energia Elétrica em Aviários

Bueno e Rossi (2006) afirmam em seus trabalhos que os aviários equipados com sistema convencional de climatização (sistema com acionamento parcialmente manual) apresentam um consumo de energia menor que os aviários com sistema de climatização automática. Na Figura 09, verifica-se o consumo de energia para cinco lotes de frango de corte, na qual se comprova que, no aviário com sistema de climatização negativa, o consumo de energia aumenta em mais de 50% para grande parte dos lotes de produção. Em alguns casos, o aumento do consumo de energia elétrica poderá atingir valores maiores, como ocorreu no quarto lote. O aumento, naquela ocasião, atingiu 110%. Observa-se também que os dois sistemas de climatização utilizados apresentam variações semelhantes no decorrer dos lotes de produção. Essas informações de consumo de energia foram validadas na região do município de Rio Claro, São Paulo, em 2003.

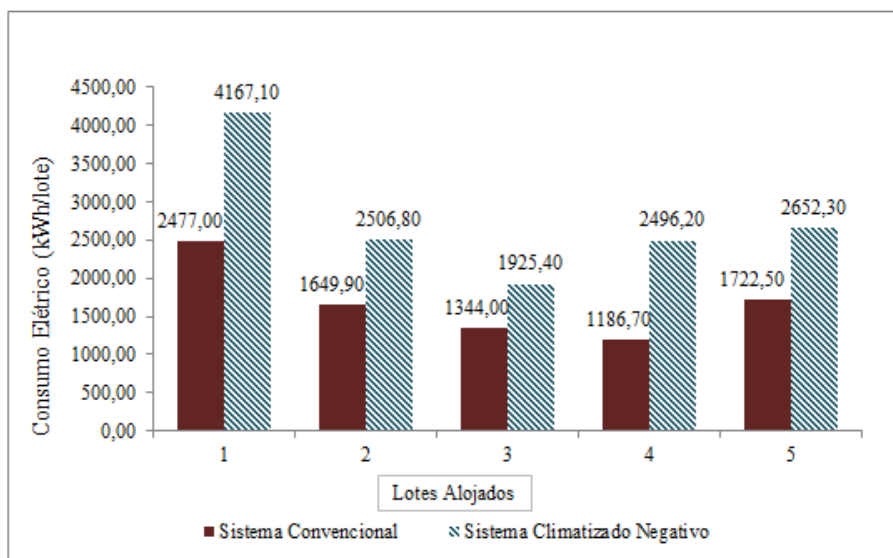


Figura 09 - Consumo de Energia Elétrica em kWh/lote

Fonte: Bueno e Rossi (2006)

Bueno e Rossi (2006) também apresentam em seu trabalho a demanda de energia elétrica por lote de produção, na qual novamente evidencia-se que os sistemas de climatização negativa demandam maior energia ao comparar com os sistemas convencionais para a produção da mesma quantidade de frango de corte. Na Figura 10 observa-se a demanda de potência elétrica para os cinco lotes em teste.

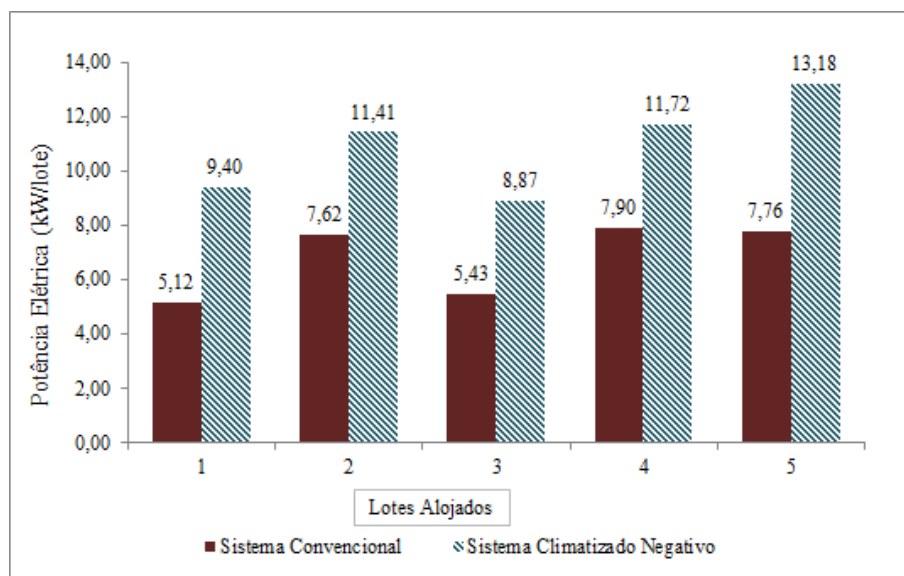


Figura 10 - Demanda de Potência Elétrica em kW/lote

Fonte: Bueno e Rossi (2006)

Além dos sistemas de climatização, os aviários são equipados com alimentadores dos comedouros, alimentadores dos bebedouros e sistema de iluminação. Tais sistemas também apresentam um consumo de energia elétrica, porém, em trabalhos publicados, os pesquisadores desconsideraram esses sistemas por apresentarem contribuição pequena para o consumo de energia do aviário.

Nascimento (2011) evidencia que o estudo do consumo energético em instalações de frango de corte é fundamental para a sobrevivência da atividade, que está diante de mercados altamente competitivos nos quais, cada vez mais, torna-se necessário o uso racional da energia elétrica. Também para Nascimento (2011) o consumo dessa energia em aviários varia em função do grau de automação dos sistemas de controle e manejo (sistemas de ventilação, aquecimento, fornecimento de água e alimento, entre outros). Em sua dissertação, o autor apresenta valores de 0,019 R\$/ave alojada em aviários convencionais, ou seja, aviários que apresentam o nível mínimo de automação dos sistemas. Por outro lado, o valor R\$/ave em aviários climatizados (sistemas automatizados) atinge os 0,047. O autor conclui também que, com o maior grau de tecnologia utilizada nos aviários climatizados, potencializa-se o consumo de energia elétrica.

Outra informação apresentada por Nascimento (2011) refere-se ao perfil de consumo por equipamento ao longo do alojamento das aves. Essas informações podem ser visualizadas na Figura 11. Nota-se, neste gráfico, que, dentre os seis sistemas instalados no aviário, cinco

apresentam um aumento no consumo no decorrer do alojamento, tendo seu pico de consumo nos 42 dias de produção, um dia antes da retirada das aves do aviário.

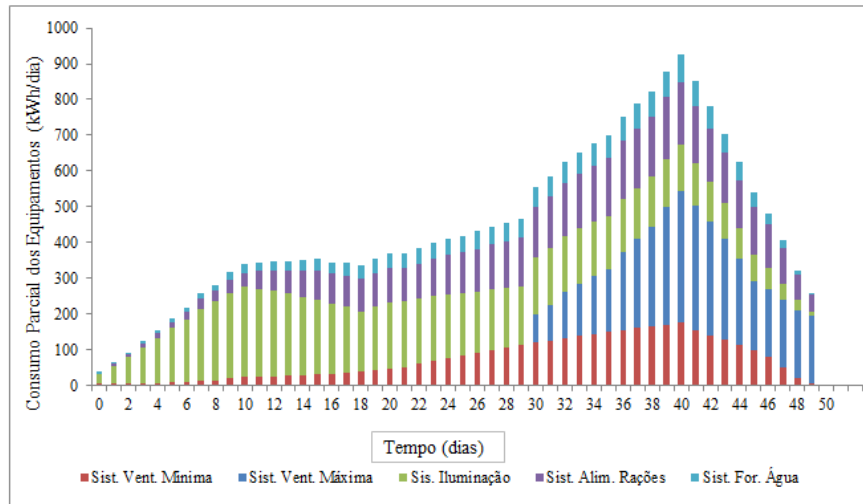


Figura 11 - Perfil de Consumo Simulado por Equipamento em kWh/dia no Lote
Fonte: Nascimento (2011)

Nascimento (2011) valida também, em seu trabalho, o consumo elétrico horário do aviário. Na Figura 12 apresentam-se estas informações. Evidencia-se nesta Figura que o sistema de ventilação máxima (nomenclatura utilizada pelo pesquisador) é acionado às 12 horas com desligamento às 18 horas. Também nota-se que, nesse período, ocorre o acionamento do sistema de fornecimento de água (bomba centrífuga) e mantém-se a rotina de acionamento para os demais sistemas.

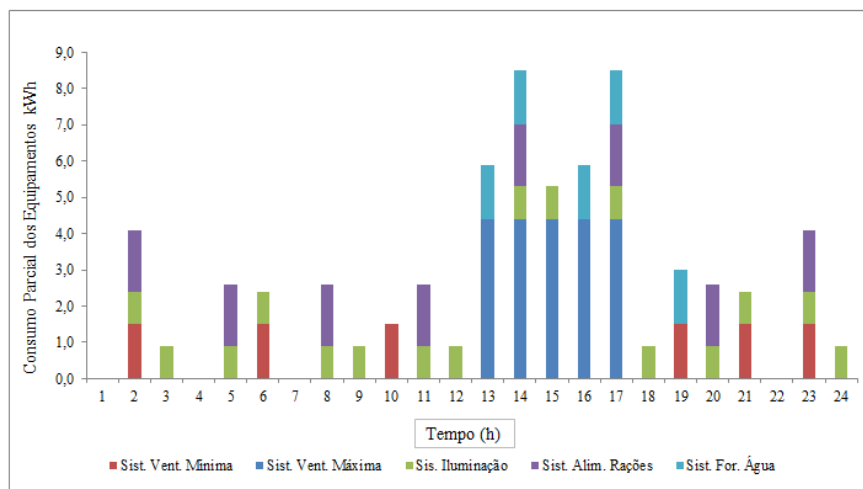


Figura 12 - Perfil de Consumo Simulado por Equipamento em kWh
Fonte: Nascimento (2011)

Compilando as informações da Figura 13, verifica-se que o consumo médio do aviário durante 24 horas apresenta das 18 horas até as 12 horas do dia seguinte um consumo de aproximadamente 10,90 kWh por hora. Para o período das 12 horas até as 18 horas, o consumo atinge os 21,42 kWh por hora. Na Figura 13 visualizam-se essas informações que representam a variação no consumo de energia elétrica do aviário ocasionada pela variação de temperatura durante o dia e pelo programa de acionamento dos equipamentos para garantir o correto manejo das aves.

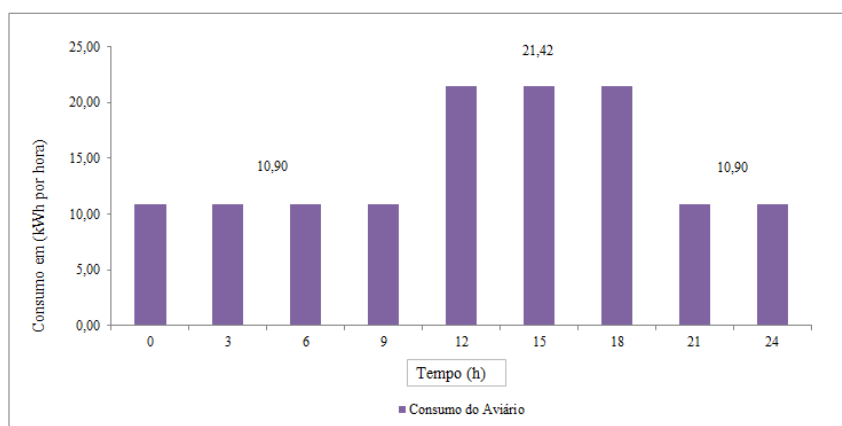


Figura 13 - Consumo Simulado do Aviário em kWh por Hora

Para maiores detalhes no consumo de energia elétrica nos aviários da avicultura de corte nacional, recomenda-se que o leitor direcione-se a Nascimento (2011), pois o autor apresenta, como referência, vários dados validados por pesquisadores da área.

2.5.2 Demanda e Consumo de Energia Térmica em Aviários

Devido às características climáticas do sul do país, o sistema de climatização dos aviários deve manter a temperatura interna adequada para o bom manejo das aves. No decorrer das estações, bruscas variações de temperatura prejudicam o manejo das aves de corte. Por consequência disso, no decorrer do ano, há uma variação no consumo de energia elétrica e térmica nos aviários. No verão, demanda-se maior energia elétrica para os horários de maior temperatura para acionar os sistemas de climatização. No inverno, necessita-se de grandes quantidades de energia térmica para elevar a temperatura interna do aviário.

Para manter essa temperatura em valores aceitáveis para o bom manejo das aves, utilizam-se os aquecedores a lenha (caldeira) ou os aquecedores infravermelhos a gás.

O aquecedor a lenha, visualizado na Figura 14, é um equipamento que consiste em fornalha, chaminé, ventilador, sistema elétrico de controle e tubos para a distribuição do ar quente produzido pelo equipamento dentro do aviário. Segundo Catelan (2007), esse sistema promove um aquecimento controlado e são utilizados no Sul do Brasil por se tratar das regiões mais frias do país.



Figura 14 - Aquecedor a Biomassa

Fonte: Frango Seva LTDA (2012)

Para calcular o consumo de energia térmica nos aviários por lote, Funck e Fonseca (2008) utilizaram a equação 10. Esta equação apresenta o consumo energético dos aviários através da combustão de lenha como biomassa.

$$CE_{lenha} = \frac{CTL \times PCI \times ME}{1000000} \quad (10)$$

onde CE_{lenha} representa o consumo energético do sistema a biomassa em GJ, CTL representa o consumo total de biomassa por lote, PCI é o poder calorífico inferior da biomassa e ME representa a massa específica da biomassa.

Após os cálculos, utilizando um consumo de aproximadamente 20 m³ de biomassa (lenha) com poder calorífico de 19.200 kJ/kg e massa específica da lenha (ME de 450 kg/m³), Funck e Fonseca (2008) validaram um consumo de energia térmica de aproximadamente 172,8 GJ/lote.

Quirino et al. (2004) relatam que o teor de umidade contribui para o aumento no consumo de biomassa. Também apresentam os PCS, PCI e *W* (Teor de Umidade) para diversas espécies de vegetais utilizados como biomassa conforme se visualiza na Tabela 03.

Tabela 03 - Poder Calorífico da Biomassa e Teor de Umidade (*W*)

NOME COMUM/BIOMASSA	PCS		PCI		<i>W</i>
	kcal/kg ⁻¹	kJ/kg ⁻¹	kcal/kg ⁻¹	kJ/kg ⁻¹	°C
Cajuaçu	4.411	18.464,45	3.092	12.943,11	23,5
Amapá-Armagoso	4.685	19.611,41	3.553	14.872,86	18,7
Casca de Baru	4.389	18.372,35	3.664	15.337,5	11,7
Cumaru	4.828	20.210,01	3.722	15.580,29	17,7
Faveira Folha Fina	4.647	19.452,34	3.181	13.315,67	25,8
Ipê	4.957	20.750	4.065	17.016,09	13,6
Breu Sucuruba	4.606	19.280,72	3.838	16.065,87	12,1
Briquete	4.545	19.025,37	3.884	16.258,42	10,4
Eucalyptus sp	4.525	18.941,65	3.854	16.132,84	10,5
Costaneiras de Pinus sp	4.978	20.837,91	4.122	17.254,69	12,9

Fonte: Quirino, et al., (2004)

Catelan (2007) também apresentou os aquecedores infravermelhos a gás, visualizados na Figura 15. Este tipo de equipamento utiliza como combustível os gases comburentes (GLP, Biogás, gás natural, entre outros gases comburentes) e funciona pelo princípio de transmissão de calor por radiação, onde a combustão do gás ocorre em superfície metálica tornando-a incandescente.



Figura 15 - Aquecedor Infravermelho a Gás

Fonte: Frango Seva LTDA (2012)

Funck e Fonseca (2008) utilizaram a equação 11 para calcular o consumo energético dos equipamentos infravermelhos a gás.

$$CE_{gás} = \frac{CTG \times PCI}{1000000} \quad (11)$$

onde $CE_{gás}$ representa o consumo energético do sistema a gás e CTG representa o consumo total de gás.

Dessa forma, Funck e Fonseca (2008) validaram um total de 429 kg de gás (GLP) com poder calorífico superior de 47.234 kJ/kg no uso dos aquecedores infravermelhos para o aquecimento do aviário nos meses de maio e junho, totalizando um consumo energético de 20,26 GJ/lote. Foi considerado esse período o de maior demanda de energia térmica, pois se trata de dois dos meses de menor temperatura do ano. Tais resultados de consumo energético para aquecedores a biomassa e aquecedores infravermelhos a gás foram obtidos no Oeste do Paraná, nos municípios de Cascavel, Toledo e Guaraniaçu, região com clima semelhante ao dos municípios do Sudoeste do Paraná.

2.6 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Segundo Dias, Borotni e Haddad (2005), a geração distribuída é definida como sistemas de geração de pequeno porte distribuída ao longo do sistema de potência. Nas últimas décadas, muitos países incentivaram o desenvolvimento das tecnologias para o aumento da geração distribuída. Assim, esse setor ganhou grande importância mundial devido ao aumento da eficiência e da confiabilidade dos sistemas. No Brasil, após a reforma do setor elétrico nacional na década de 1990, começou-se a operação desses sistemas distribuídos. Para o MME (2007) a geração distribuída tem como vantagem a redução de investimentos na construção das unidades de geração e distribuição. Outra vantagem é que grandes impactos ambientais deixam de existir, bem como se diminuem as perdas decorrentes dos sistemas de distribuição. Para Dias, Borotni e Haddad (2005), a procura de tecnologias mais eficientes e com o objetivo de reduzir os impactos ambientais, bem como os investimentos para o aumento da capacidade instalada no setor elétrico brasileiro, tem dado espaço para a geração distribuída.

No Brasil, a geração distribuída está sendo apresentada como um modelo alternativo. Isso ocorre devido aos avanços tecnológicos das centrais de geração termoeletricas de pequeno porte e crescente infraestrutura do sistema de fornecimento e também em função dos

avanços na área de equipamentos, tais como turbinas a gás, microturbinas a gás, motores Stirling e células de combustível.

A Companhia Paranaense de Energia (COPEL) foi uma das primeiras companhias de fornecimento de energia a regulamentar normas e procedimentos para conexão à rede elétrica para pequenas centrais de geração. Em dezembro de 2010, a companhia publicou o Manual de Acesso de Geração Distribuída ao Sistema da Copel (NTC 905100) com o objetivo de fornecer as informações necessárias para a conexão de pequenas centrais de geração no sistema de distribuição da COPEL. Em abril de 2012, a ANEEL apresentou a resolução normativa nº 482/2012 - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Essa normativa também foi publicada para estabelecer as condições de acesso ao sistema elétrico brasileiro pelas pequenas centrais de geração e, ainda, definir critérios técnicos operacionais, requisitos de projeto, dados para implementação da conexão e uso do sistema nacional.

Segundo o PRODIST, para a instalação de centrais de geração há a necessidade de haver o cumprimento de etapas para a viabilização do acesso à rede nacional, que é opcional ou necessária, dependendo do tipo do acessante. Na Tabela 04 apresentam-se as etapas a serem cumpridas para o acesso ao sistema elétrico da Copel.

Tabela 04 - Procedimentos para Acessar as Redes Elétricas da COPEL

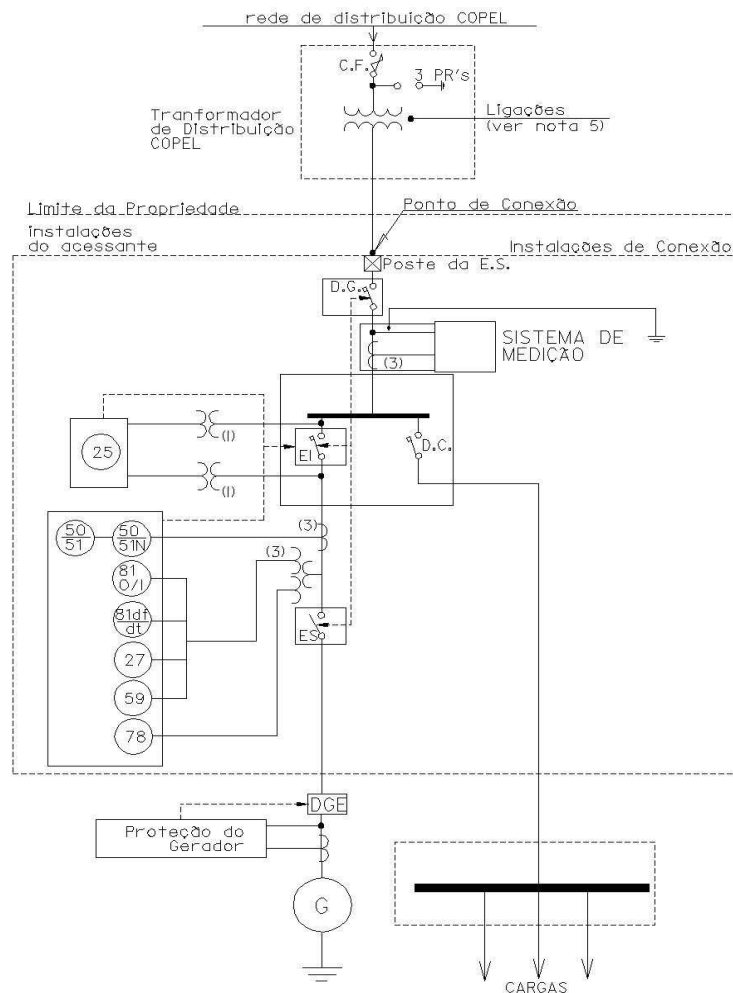
ETAPAS A CUMPRIR			
ACESSANTE	CONSULTA DE ACESSO	INFORMAÇÃO DE ACESSO	SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARECER DE ACESSO
Consumidor Especial	Opcionais		Necessárias
Consumidor Livre	Opcionais		Necessárias
Central Geradora - Registro	Opcionais		Necessárias
Central Geradora - Autorização	Necessárias		Necessárias
Central Geradora - Concessão	Procedimento definido no edital de licitação		
Outras Distribuidoras de Energia	Necessárias		Necessárias
Agente Importador/Exportador de Energia	Necessárias		Necessárias

Fonte: Copel (2010)

O aviário do estudo de caso deverá se enquadrar aos critérios técnicos e operacionais de centrais de geração de baixa tensão com sistema de geração inferior a 75 kW.

Nas Figuras 16 e 17 apresentam-se os esquemas unifilares para haver a conexão da rede da concessionária elétrica (Copel) com um sistema de geração própria de energia

elétrica. Nesses casos, as cargas do avião poderão ser supridas com a energia fornecida pela concessionária ou com a energia disponível pela geração própria. Para essas condições, a geração própria e as cargas ficam continuamente conectadas à rede da concessionária. No caso de ocorrer falta de energia elétrica para suprir as cargas, a concessionária fornece a energia faltante, porém se a energia gerada for maior que a energia necessária para as cargas, automaticamente a energia excedente é injetada na rede. Essa configuração de instalação necessita de uma sincronização do sistema de geração própria com a rede elétrica da concessionária. Porém, é uma sincronização que demanda equipamentos sofisticados e de alto valor agregado, o que inviabiliza, em muitos casos, o sistema de geração própria para potências menores que 75 kW.

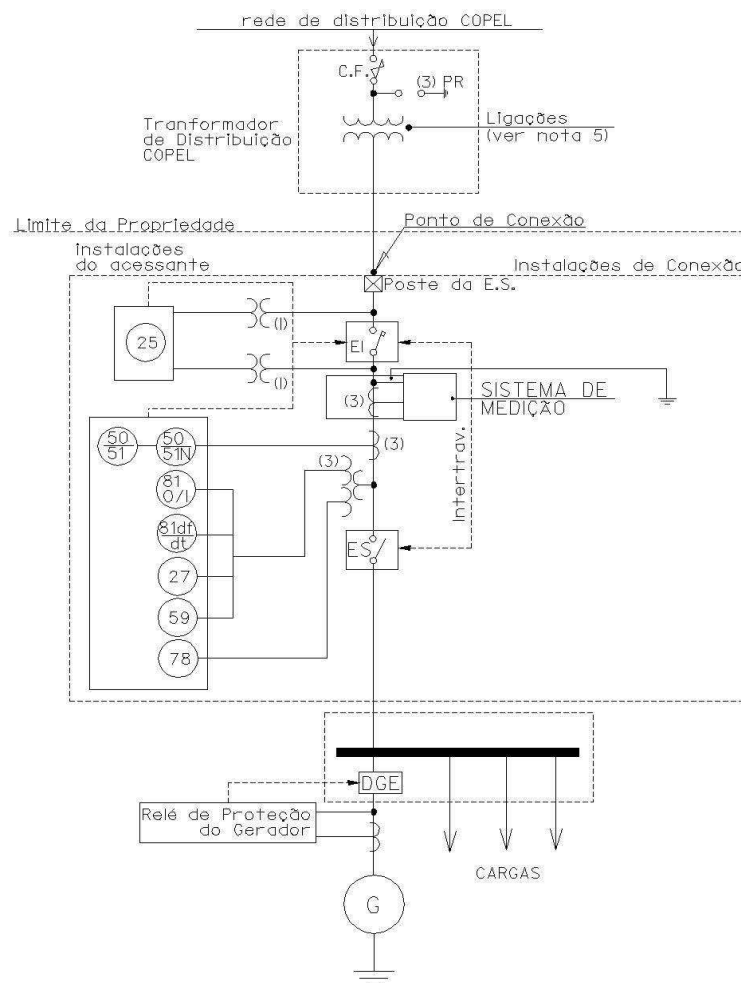


Legenda:

- EI = Elemento de Interrupção (Disjuntor de caixa moldada, padrão NEMA ou IEC, curva 'C', até 200 A, com bobina de disparo para abertura remota e, a critério do resp. técnico, bobina de fechamento remoto)
- DGE=Disjuntor do Gerador (Elemento de Desconexão)
- DG=Disjuntor Geral
- ES = Elemento de Seccionamento e Desconexão(chave seccionadora tripolar s/ elementos fusíveis)
- DC = Disjuntor para o circuito da Carga

Figura 16 – Proteção Atua Sobre o EI (Elemento de Interrupção) Desconectando Somente o Gerador

Fonte: Copel (2010)



Legenda:
 EI = Elemento de Interrupção (Disjuntor de caixa moldada, padrão NEMA ou IEC, curva 'C', até 200 A, com bobina de disparo para abertura remota e, a critério do resp. técnico, bobina de fechamento remoto)
 DGE=Disjuntor do Gerador (Elemento de Desconexão)
 ES = Elemento de Seccionamento e Desconexão(chave seccionadora tripolar s/ elementos fusíveis)

Figura 17 – Proteção Atua Sobre o EI (Elemento de Interrupção) Desconectando o Gerador e as Cargas

Fonte: Copel (2010)

Atualmente, pode-se afirmar, por intermédio da leitura atenta das publicações existentes, que as principais barreiras a se vencer na geração distribuída são: custos das tecnologias, níveis de consumo de energia, procedimentos de operação, proteção, tarifas e emissões de poluente. Esses são alguns dos fatores que deveriam ser tratados pelo Governo para melhorar o desenvolvimento deste setor. Além das informações técnicas apresentadas nas subseções anteriores, nas próximas subseções, apresentam-se as ferramentas econômicas a serem utilizadas nas análises.

2.7 FERRAMENTAS DE ANÁLISE ECONÔMICA

Sabe-se que algumas alternativas tecnológicas que apresentam maior eficiência técnica muitas vezes não trazem maior economia financeira ou maior lucro para as organizações, pois são tecnologias que exigem altos investimentos, valor esse que não retorna ao investidor durante o horizonte de planejamento.

Nesse caso, as organizações definem algumas prioridades para o sistema (maior eficiência ou maior economia financeira). Para efetuar essa análise, a Matemática Financeira permite realizar um estudo de viabilidade econômica com ferramentas de Engenharia Econômica que servem aos propósitos de racionalização de recursos que auxiliam na tomada de decisão nos investimentos.

Ao analisar as referências citadas neste trabalho, percebe-se que muitos autores tratam as ferramentas econômicas de formas diferentes, ou seja, compreendem os projetos de forma simplificada ou mais detalhada, porém todas as leituras possíveis visam a verificar a viabilidade de um investimento. Na análise econômica simplificada, utilizada por muitos pesquisadores, apresentam-se dois ou três indicadores (VPL, TIR e *Payback* em geral) para estudo do projeto. Nesse caso não há uma separação com relação aos indicadores de risco ou de retorno (SOUZA; CLEMENTE, 2000).

Para Kreuz, Souza e Clemente (2008), na análise detalhada (análise de multi-indicadores) apresentam-se dois grupos de indicadores: os de rentabilidade do projeto e os de risco do mesmo. Nos indicadores de rentabilidade se incluem o Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), o Índice Benefício Custo (IBC) e o Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA). Nos indicadores de risco incluem-se a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Período de Recuperação do Investimento (*Payback*) e o Ponto de Fisher.

Nas subseções deste capítulo, apresentam-se as ferramentas econômicas e as configurações de parâmetros econômicos utilizadas nesta pesquisa com o intuito de verificar a viabilidade econômica de pequenas centrais de geração de energia térmica e elétrica com o aproveitamento energético da cama de aviário. Consideram-se como parâmetros econômicos os custos dos equipamentos (investimento inicial), a aquisição dos sistemas com recursos próprios ou financiados, o fluxo de caixa (receitas e despesas), a depreciação dos equipamentos/instalações, a tributação (imposto de renda) sobre o fluxo de caixa e a correção da inflação. Frente a esses indicadores a serem considerados na análise, as ferramentas

econômicas permitem uma avaliação adequada sobre os investimentos a serem realizados pelo investidor, tendo em vista que, em muitos casos, esses investimentos envolvem grandes quantias monetárias.

2.7.1 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa é uma das muitas ferramentas econômicas utilizadas para verificar a viabilização de um projeto. Trata-se de uma representação gráfica de recursos monetários que entram e saem do caixa ao longo de um determinado horizonte de planejamento. Também se pode definir fluxo de caixa como uma demonstração das receitas e despesas distribuídas em um período (KREUZ; SOUZA; CLEMENTE, 2008).

2.7.2 Tributação Sobre o Fluxo de Caixa Líquido

Para calcular corretamente o fluxo de caixa de uma organização, é necessário conhecer as tributações às quais a mesma está sujeita. Os encargos tributários são definidos pelo código tributário nacional. De acordo com esse código, o imposto deve ser aplicado sobre os lucros de qualquer natureza de todas as pessoas jurídicas, uma tributação de competência da união. O Imposto de Renda (IR) incide sobre a apuração dos resultados contábeis de pessoas físicas e jurídicas. Para a pessoa jurídica, a forma de tributação pode ser simples, lucro presumido, lucro real e lucro arbitrado para um período de apuração (RECEITA FEDERAL, 2012).

Segundo a Receita Federal (2012), a alíquota do imposto de renda em vigor é de 15% sobre o lucro real, presumido ou apurado pelas pessoas jurídicas em geral, seja comercial ou civil o seu objeto. Para os valores dos investimentos que são financiados, também se paga a alíquota de 15% de IR sobre o valor pago que corresponde à amortização do saldo devedor.

A consideração da tributação sobre o fluxo de caixa é fundamental para fazer uma análise adequada dos projetos a serem viabilizados. Muitos estudos de viabilidade econômica são realizados, mas não consideram a tributação. Assim, a análise não confere com a realidade do projeto por não considerar a alíquota de IR (KREUZ; SOUZA; CLEMENTE 2008).

2.7.3 Inflação

As decisões de empresas para um determinado investimento consideram a inflação como um indicador de risco para o negócio, pois ela é a variação da moeda ao longo do tempo ocasionada pela elevação dos preços dos produtos e serviços. A inflação afeta diretamente o fluxo de caixa no qual a moeda de única data precisa fazer a correção da inflação no período

analisado (HJI, 2010). Para este trabalho utilizou-se como valor inflacionário o valor médio do Índice Nacional de Preços ao Consumidor (IPCA) dos anos de 2004 a 2011.

2.7.4 Depreciação Contábil dos Equipamentos e Instalações

A depreciação é caracterizada como a diminuição de valor de equipamentos e instalações ocasionada em decorrência de desgaste ou perda de utilidade pelo uso, pela ação da natureza ou por obsolescência (RECEITA FEDERAL, 2012).

A depreciação dos bens é computada como custos ou despesas operacionais. Atualmente, a depreciação dos bens e instalações é tabelada de acordo com a Instrução Normativa SRF (Secretaria da Receita Federal) nº162, de 31 de dezembro de 1998 da Receita Federal. Nessa instrução está definida a taxa anual de depreciação, bem como os anos de vida útil de bens e instalações. Para máquinas e equipamentos, a taxa de depreciação linear anual é de 10%, com vida útil de 10 anos (RECEITA FEDERAL, 2012). Esses valores serão aplicados neste trabalho com uma depreciação linear para todos os projetos simulados com as ferramentas econômicas.

Para o cálculo do valor residual fixo do bem no presente trabalho utilizou-se a equação 12.

$$VR_t = V_t - td \quad (12)$$

em que VR_t representa o valor fixo do bem no ano t , V_t representa o valor inicial do bem, t é o tempo de vida útil do equipamento e d representa a depreciação anual do equipamento. Para o cálculo da depreciação do bem utiliza-se a equação 13:

$$d = \frac{V_i - V_f}{n} \quad (13)$$

em que V_i representa o valor inicial do equipamento, V_f representa o valor final do equipamento e n o seu período de vida útil.

2.7.5 Investimento com Recursos Próprios ou Recursos de Terceiros (Financiado)

Para a implementação dos projetos, os investidores muitas vezes contam com recursos próprios ou com recursos oriundos de organizações privadas ou federais. Em alguns casos, os investidores utilizam recursos de terceiros por falta de recurso próprio. Mas, em outros casos, muitos investidores investem a quantia em fontes que proporcionam maior rendimento, ou seja, rendimentos que são maiores que o montante de juros cobrados pelo valor utilizado de

terceiro para a aplicação do projeto. Essa prática se justifica quando se busca maior rentabilidade (HJI, 2010).

Atualmente, encontra-se disponível, para pessoas físicas e jurídicas, o programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que fornece incentivo e recursos para todas as atividades agrícolas e pecuárias para a aquisição de máquinas/equipamentos, bem como implementações de sistemas com o objetivo de difundir novas técnicas sustentáveis para reduzir a emissão dos gases de efeito estufa. O limite de financiamento alcança R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais) com taxas de juros de 5,0% ao ano e prazo para pagamento de 5 a 15 anos, podendo a organização favorecida financiar com até 6 anos de carência (PLANO AGRÍCOLA E PECUÁRIO 2012/2013, 2012).

A carência é um período no qual o saldo devedor é atualizado. Nesse período não são pagas as prestações referentes ao empréstimo. No entanto, dependendo do financiamento, no período de carência, as organizações financeiras adotam apenas a cobrança dos juros decorrentes do saldo devedor, ou seja, o saldo devedor permanece o mesmo até o término do período de carência (DUTRA; TOLMASQUIM, 2002).

As organizações financeiras que aplicam o programa ABC podem utilizar duas formas para amortizar o saldo devedor: o sistema SAC (Sistema de Amortização Constante) ou o sistema Price (Sistema Francês de Amortização). O sistema SAC é um sistema de amortização utilizado em financiamentos diversos. Nesse sistema, amortiza-se um percentual fixo do saldo devedor após o período de carência do financiamento, de modo que as prestações são decrescentes já que os juros diminuem a cada prestação, pois o saldo devedor é decrescente. O sistema Price tem como característica apresentar prestações iguais, ou seja, consiste em um plano de amortização de dívidas em prestações periódicas em que o valor de cada prestação é composto de juros e amortização do capital (SANDRINI, 2007).

2.7.6 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Ao se realizar um investimento, comparam-se os prováveis rendimentos que serão alcançados pelo mesmo com os outros investimentos disponíveis no mercado financeiro. O valor mínimo de rentabilidade ou taxa de juros comparativa de um empreendimento é considerada a taxa mínima de atratividade. O empreendimento deve alcançar essa taxa para que o projeto seja viável (KREUZ; SOUZA; CLEMENTE, 2008).

Para definir a TMA, considera-se o custo de oportunidade do capital, a margem de rentabilidade e a correção monetária. O custo de oportunidade está relacionado com a

rentabilidade de aplicações como a poupança enquanto que a margem de rentabilidade varia de projeto para projeto e demonstra o rendimento sobre o valor empregado. Para Kreuz, Souza e Clemente (2008), a TMA deve ser a melhor taxa, ou seja, uma taxa com baixo grau de risco disponível para o investimento em análise (mercado financeiro/poupança).

2.7.7 Payback

O *Payback* (PB) visa à recuperação dos investimentos em um empreendimento dentro do horizonte de planejamento e é uma ferramenta que possibilita calcular essa recuperação de investimento. Quanto menor o *payback* do projeto, menor o risco do investimento, assim como um *payback* alto revela um risco alto do projeto (SOUZA, CLEMENTE, 2000).

Esse indicador deve ser empregado com cautela para comparar projetos de diferentes ramos de atividade, pois desconsidera todos os eventos posteriores ao período de recuperação de investimento. O PB poderá ser calculado pela equação 14:

$$\sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+TMA)^j} \geq |FC_0| \quad (14)$$

em que, N representa o horizonte de planejamento do projeto, FC_0 representa o fluxo de caixa no período zero e FC_j expressa o fluxo de caixa no período de recuperação dos investimentos no empreendimento (RASOTO, et al., 2012).

2.7.8 Valor Presente Líquido (VPL)

É um indicador econômico que analisa as entradas e saídas de recursos para a data de início do projeto. Neste caso, descontam-se todas as receitas e despesas futuras do fluxo de caixa utilizando a taxa mínima de juros que representa a taxa de atratividade do projeto (TMA). Um investimento é considerado economicamente viável quando os recursos presentes nas entradas forem maiores que os recursos presentes na saída do caixa, ou seja, com VPL positivo, o projeto é viável (SANDRINI, 2007). Também quanto maior o valor positivo do VPL mais atrativo é considerado o investimento. Calcula-se o VPL segundo a equação 15:

$$VPL = \sum_0^n F_n (1 + i)^{-n} \quad (15)$$

no qual o VPL representa o Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa, n representa o número de períodos em cada elemento de receitas e despesas do fluxo de caixa, F_n representa os valores envolvidos no fluxo de caixa líquido e i representa a taxa mínima de atratividade (TMA).

2.7.9 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa de juros que torna nulo o VPL de um investimento e pode ser calculada pelo monitoramento dos fluxos de entrada e saída do caixa. A Taxa Interna de Retorno (TIR) deve ser comparada à taxa mínima de atratividade (TMA) para verificar a rentabilidade do investimento. Para que um investimento seja considerado atrativo, por esse método, é preciso que a TIR seja maior que a TMA. A TIR pode ser calculada através da equação 16.

$$\sum_{t=0}^N \frac{F_t}{(1+j)^t} = 0 \quad (16)$$

em que j é igual a TIR e F_t representa o retorno líquido em cada ano e N representa o horizonte de planejamento (SOUZA; CLEMENTE, 2000).

2.7.10 Índice Benefício Custo (IBC)

Para Kreuz, Souza e Clemente (2008), o Índice Benefício Custo (IBC) é um indicador que representa a quantia que se espera ganhar com cada unidade de capital investido. Também se pode definir o IBC como um indicador para corrigir a deficiência do VPL e do VPLA representando os valores de retorno proporcionado pelo investimento. O IBC pode ser calculado através da equação 17.

$$IBC = \frac{VPFB}{VPFI} \quad (17)$$

onde $VPFB$ representa o valor presente do fluxo de benefícios e o $VPFI$ representa o valor presente do fluxo de investimento.

Para interpretar o IBC basta verificar se o valor obtido é superior ou inferior a 1, pois nos casos em que o IBC for superior a 1 o projeto apresenta-se viável.

2.7.11 Retorno Adicional Sobre o Investimento (ROIA)

Para Rasoto et al. (2012), o ROIA é um indicador que representa a possível rentabilidade anual do projeto. Esse indicador está na mesma unidade de tempo da TMA e deriva da taxa equivalente ao IBC para cada período do projeto.

$$Roia = \sqrt[N]{IBC - 1} \quad (18)$$

2.7.12 Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA)

O VPLA é um indicador econômico que expressa o indicador VPL ajustado em um horizonte de tempo mensal ou anual. Esse ajuste se faz necessário para expressar os

benefícios gerados pelo projeto. O VPLA é indicado para comparar projetos com horizontes de planejamento longo ou diferente, possibilitando que os gestores avaliem melhor a magnitude do ganho econômico do investimento (RASOTO et al., 2012). O VPLA é obtido por meio da equação 19.

$$VPLA = \frac{VPL \times [TMA \times (1+TMA)^N]}{[(1+TMA)^N - 1]} \quad (19)$$

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, inicialmente verificou-se o estado da arte e as contribuições científicas existentes na avicultura de corte brasileira. Também foi necessário identificar os parâmetros que influenciam no aproveitamento energético da cama de aviário bem como as tecnologias existentes para o aproveitamento energético de biomassa. Para identificar os parâmetros técnicos da avicultura de corte e as tecnologias existentes para o aproveitamento energético da cama de aviário, utilizou-se de equações e dados validados por outros pesquisadores no tocante à produção de pintainhos de corte no Brasil.

O estudo de caso foi realizado com dados técnicos obtidos com a concessionária de energia elétrica, com a coleta de dados no aviário e com os dados técnicos fornecidos pela empresa Frango Seva LTDA.

A empresa estudada foi a Frango Seva LTDA, que está situada próxima ao perímetro urbano do município de Pato Branco, no Estado do Paraná. A mesma tem como principal atividade a avicultura de frango de corte, desde o início da década de 1980. Atualmente é composta por um sistema produtivo completo, ou seja, engloba todos os setores de produção que garantem desde a criação das aves até a sua comercialização (estrutura para abate e processamento das aves, fábrica de rações e incubatórios).

Essa estruturação dos sistemas produtivos adotada pela empresa é comum para a grande maioria das empresas avícolas de pequeno e médio porte no Paraná. Essas empresas são compostas por todos os setores produtivos para garantir desde a criação até a comercialização da carne das aves.

No início de 2012, a Frango Seva industrializava aproximadamente 65 mil aves por dia, aves de corte com pesos médios de 2,900 kg. Para essa produção, a empresa utilizou aproximadamente 150 aviários para o manejo, dos quais grande parte é de propriedade de avicultores da região do Sudoeste e encontram-se alugados para a empresa. Os integrados, como são chamados, fornecem à empresa galpões, utensílios, equipamentos, material para a cama, energia, água, silos de armazenamento da ração e mão de obra necessária para o manejo das aves. Em contrapartida, a Frango Seva fornece aos avicultores os insumos necessários para a produção das aves: pintainhos, ração, vacinas e medicamentos, assistência técnica, transporte, industrialização, armazenamento, comercialização e distribuição do produto final.

Atualmente, a maioria dos aviários da empresa apresenta tamanho de 12m de largura por 100m de comprimento e pé direito de 2,7m; aproximadamente 95% dos aviários apresentam sistemas de climatização, iluminação e alimentação automatizada. Nesses aviários de 1200 m² alojam-se 15000 pintainhos que ficam em manejo por cerca de 50 dias.

Em se tratando do período de alojamento das aves, a empresa foco do estudo mantém os frangos de corte por aproximadamente 50 dias nos aviários. Com relação à retirada da cama de aviário, a empresa o faz no sexto lote de produção. Também segundo pesquisadores da área (subseção 2.4.1), o tempo de processamento da cama de aviário pelo processo de digestão anaeróbica está próximo dos 60 dias, tempo necessário para digerir e gerar 97% da capacidade de geração de biogás.

A coleta de dados no aviário ocorreu por meio de visitas diárias para monitoramento de dados energéticos e entrevistas com seu responsável, um diagnóstico fundamental para definir a viabilidade técnica e econômica do processo. Também utilizou-se do laboratório de energias renováveis da UTFPR - Câmpus Pato Branco.

A partir dos dados coletados no aviário escolhido e os dados validados por Santos (2001) apresentados na subseção 2.3.3 e 2.4.1, calculara-se a produção de cama de aviário. De posse da produção de cama de aviário do estudo de caso, dimensionou-se o biodigestor de batelada considerando que, o tamanho do biodigestor deverá comportar uma mistura de biomassa, água e microorganismos. A quantidade de mistura para a biomassa (água e microorganismo) varia para cada tipo de biodigestor. Utilizando biodigestor de batelada, utiliza-se 10% de biomassa, 15% de inóculo (microorganismo) e 75% de água. Em biodigestores sequenciais utiliza-se, aproximadamente, 10% de biomassa, 30% de inóculo e 60% de água.

Conhecendo esses fatores, o dimensionamento do biodigestor poderá ser feito prevendo a retirada de toda a cama de aviário no sexto lote de produção e no final de cada lote, ou também a retirada de uma parcela da cama de aviário para uma aplicação em específico.

Para a produção de energia elétrica, utilizou-se da quantidade de biogás calculada a partir de dados validados por Ferrarez (2009), (equação 07) e para quantificar a energia térmica foram utilizados dados de Fonseca (2008).

Além disso, buscou-se, com a coleta de dados no aviário e a utilização dos dados de Nascimento (2011), verificar a independência energética do aviário, ou seja, identificar os picos de consumo elétrico durante o alojamento das aves, os períodos de maior e menor

consumo elétrico e os sistemas instalados de maior consumo energético do aviário. Nessa verificação, quantificou-se a potência elétrica instalada no aviário e o consumo de energia elétrico-térmica necessária durante o alojamento das aves para posteriormente confrontar com os dados validados por Bueno e Rossi (2006).

Na sequência, realizou-se uma análise junto à concessionária de fornecimento de energia elétrica Copel (Companhia Paranaense de Energia), sobre a regulamentação e as políticas existentes para a comercialização da energia gerada. Além disso, buscaram-se subsídios nos regulamentos do Ministério de Minas e Energia.

Para o dimensionamento dos sistemas, utilizaram-se dados fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos e dados validados pelos pesquisadores Santos (2001) e Ferrarez (2009).

Com base nos resultados técnicos obtidos no trabalho, analisaram-se economicamente quatro configurações, porque cada configuração descreve um aproveitamento energético diferente da cama de aviário, conforme se descreve a seguir.

Para a primeira configuração, usa-se o biodigestor para processar toda a cama de aviário produzida no lote. Na sequência, utiliza-se o biogás gerado para o atendimento térmico do aviário e a geração de energia elétrica desde o início até o final do alojamento das aves. Visualizam-se na Figura 18 através de um diagrama de bloco, os processos para esta configuração.

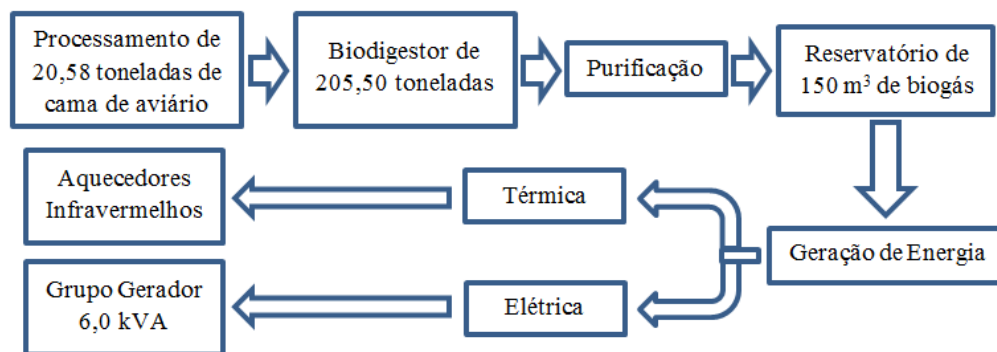


Figura 18 – Diagrama de Bloco Configuração I

Na segunda configuração, prevê-se o uso de um biodigestor para processar toda a cama de aviário produzida no lote. Também nessa configuração, não se considera o atendimento térmico do aviário. Ao invés disso, utilizam-se os aquecedores a lenha (caldeiras

convencionais a lenha) para o atendimento da demanda térmica do aviário. Visualizam-se na Figura 19 por meio de um diagrama de bloco, os processos para esta configuração.

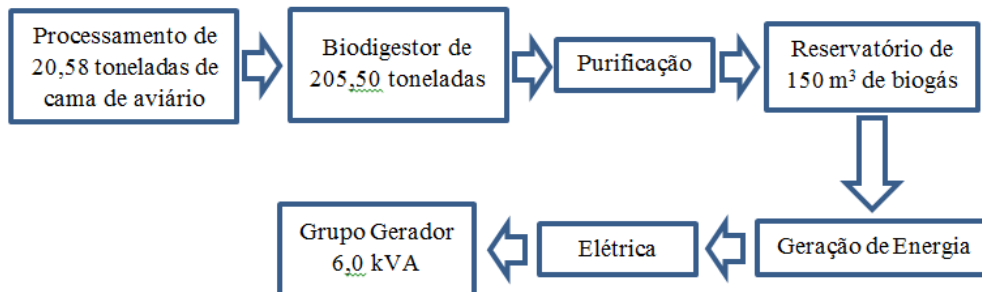


Figura 19 – Diagrama de Bloco Configuração II

A terceira e quarta configuração preveem apenas o atendimento térmico do aviário. Na terceira configuração, utiliza-se o biogás em aquecedores infravermelhos, diferente do que ocorre na quarta configuração, que utiliza o processo de queima direta da cama de aviário em fornalha de aquecedores a biomassa para o atendimento térmico do aviário. Visualizam-se na Figura 20 e 21 por meio de um diagrama de bloco, os processos para a terceira e quarta configuração.

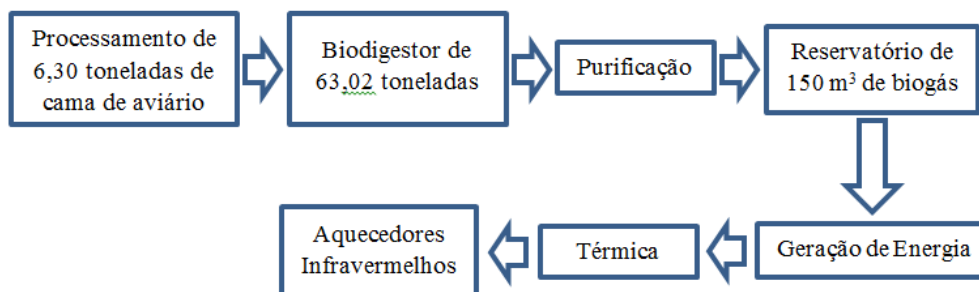


Figura 20 – Diagrama de Bloco Configuração III



Figura 21 – Diagrama de Bloco Configuração IV

Com base nas configurações apresentadas nos diagramas de blocos a cima, na qual cada configuração descreve um aproveitamento energético diferente da cama de aviário, utilizou-se das ferramentas econômicas para verificar a viabilidade econômica na instalação

de sistemas para o aproveitamento energético da cama de aviário. Nessa análise, verificaram-se os investimentos iniciais com capital próprio e investimentos de terceiros. Durante a análise, considerou-se a tributação de Imposto de Renda (dados fornecidos pela receita federal), a inflação (valor médio do IPCA de 2004 a 2011) e a depreciação dos equipamentos e instalações (dados fornecidos pela receita federal). Ao considerar os investimentos de terceiros, foram usadas informações do programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) no qual se simulou a análise econômica com o Sistema de Amortização Constante (SAC) de Financiamento.

A metodologia utilizada nas análises econômicas seguiu as orientações de Kreuz, Souza e Clemente (2008) e Rasoto et al. (2012). Também foram empregadas as equações apresentadas na subseção 2.7, bem como a elaboração das Tabelas 05, 06, 07 e 08. Nestas Tabelas, não apresentaram-se valores, pois as mesmas variam dependendo da configuração analisada.

Na tabela 05 apresenta-se um horizonte de planejamento de 180 períodos. Como receitas, incluíram-se a economia de energia elétrica, economia de lenha e venda de biofertilizante. Também foi necessário lançar na análise a venda de cama de aviário como uma redução de receita.

O valor de economia de energia elétrica é obtido utilizando a equação 10, no qual, a energia elétrica é calculada multiplicando o PCI do biogás, volume de biogás purificado produzido a partir da cama de aviário e o rendimento do grupo gerador. Acoossando o valor monetário cobrado pela concessionária de energia elétrica pelo kW (Tabela 12) com a quantidade de energia elétrica gerada (kW), encontra-se o valor a utilizar na tabela.

Para a economia de lenha, utiliza-se a quantidade em m³ de lenha observado durante o monitoramento do aviário do estudo de caso (38,19 m³) com o valor monetário do m³ da lenha (Tabela 12). Para a venda do biofertilizante, os valores monetários lançados na coluna são obtidos considerando a retirada de aproximadamente 85% do produto do biodigestor após o processo. Acoossando esta quantidade com o seu valor monetário (Tabela 12), obtem-se o valor a ser lançado na tabela.

Ao utilizar a cama de aviário no biodigestor, os avicultores terão uma redução de receita, pois a mesma não será mais vendida para a aplicação em lavouras. Esta redução de receita é calculada com a quantidade de cama de aviário a ser adicionada no biodigestor e o valor de venda da cama de aviário.

Tabela 05 - Modelo de Planilha Utilizada para Lançamento das Receitas

PERÍODO		RECEITAS			RED. RECEITA	SOMA DAS RECEITAS
Anos	Meses	Economia de Energia Elétrica	Economia de Lenha	Venda do Biofertilizante	Venda da Cama de Aviário	
1º ano	0					
	1					
	2					
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Na Tabela 06, apresentam-se as despesas consideradas no fluxo de caixa. Nesta planilha, consideram-se o substrato, custo de manutenção, operação e depreciação linear. O custo de substrato é obtido com a quantidade de substrato adicionado no aviário e o seu valor de compra (Tabela 12).

O custo de manutenção é uma despesa necessária para manter os equipamentos em perfeitas condições de funcionamento, despesas estas fornecidas pelos fabricantes das máquinas e equipamentos. Também os custos de operação, que são as despesas necessárias para manter os sistemas em operação foram considerados. Incluíram-se nestas despesas, os custos com a retirada da cama de aviário, alimentação do biodigestor e retirada do biofertilizante.

Para finalizar, considera-se também um custo de depreciação de 10% ao ano com um tempo de depreciação de 10 anos.

Tabela 06 - Modelo de Planilha Utilizada para Lançamento das Despesas

PERÍODO		SAÍDAS				SOMA DAS SAÍDAS
Anos	Meses	Substrato Maravalha	Custo de Manutenção	Custo de Operação	Depreciação Linear	
1º ano	0					
	1					
	2					
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

O cálculo do IR aplica-se aos períodos no qual obtém um saldo positivo no fluxo de caixa, nestes períodos, aplica-se 15% de tributação. Quanto ao fluxo de caixa (FC), a descapitalização das receitas (Desc. C), despesas (Desc. B), o fluxo de caixa descapitalizado (Desc. FC), acumulado (Acum.) e o tempo de retorno do capital (*Payback*) são obtidos com a

metodologia de (SOUZA; CLEMENTE, 2000). Estas informações são visualizadas na Tabela 07.

Tabela 07 - Modelo de Planilha Utilizada para a Análise

Análise Considerando Recurso Próprio e IR										
Cálculo do IR considerando Recurso Próprio			FCL Considerando Recurso Próprio e IR							
Imposto de Renda	Lucro Antes do IR	Lucro Líquido Após IR	Receitas	Despesas	FCL	Desc. C	Desc. B	Desc. FCL	Acum.	Payback
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Análise Considerando Recurso Financiado e IR										
Calculo do IR com recurso financiado			FCL Considerando Recursos Financiado e IR							
Imposto de Renda	Lucro Antes do IR	Lucro Líquido Após IR	Receitas	Despesas	FCL	Desc. C	Desc. B	Desc. FCL	Acum.	Payback
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Na Tabela 08, visualiza-se a planilha, na qual se aplica o programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono). Esta planilha utiliza o Sistema SAC (Sistema de Amortização Constante), esta está dividida em: valor de amortização, juros, valor da parcela (somatória da amortização mais os juros) e saldo devedor. O valor a lançar como amortização é obtida dividindo o saldo devedor inicial pelo número de parcelas, neste caso, os valores de amortização são constantes. Por outro lado, os valores dos juros são decrescentes, pois são calculados aplicando a taxa de juros no saldo devedor resultantes. Neste caso, conforme se diminui o saldo devedor, diminui-se o valor pago de juros.

Tabela 08 - Modelo de Planilha Utilizada para a Análise com o Programa ABC

Financiado pelo programa Agricultura de Baixo Carbono - ABC				
Sistema SAC				
Parcelas	Amortização	Juros	Valor Parcela	Saldo Devedor
1º ano de carência				
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

4 RESULTADOS TÉCNICOS DO ESTUDO DE CASO

4.1 CONSUMO ENERGÉTICO EM AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE

Para este estudo de caso foi analisado um aviário situado no município de Pato Branco-PR, com dois anos de operação, que apresenta todos os equipamentos e instalações em perfeitas condições de uso, conforme Figura 22.



Figura 22 - Aviário de Frango de Corte, Vista Frontal

Fonte: Frango Seva LTDA, 2012

O aviário em análise e os demais instalados nos Estados do Paraná, de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e de São Paulo estão sujeitos às alterações climáticas da região, ou seja, altas variações na temperatura ambiente conforme as estações do ano. Por exemplo, no verão, a temperatura da região Sudoeste do Estado do Paraná atinge os 35°C e no inverno chega a 0°C (SIMEPAR, 2012). Por consequência da variação de temperatura no decorrer do ano, os aviários são equipados com sistema de climatização que garante a temperatura adequada no seu interior para o alojamento das aves, mesmo que ocorram, no ambiente externo, grandes variações ao longo do ano.

Para o presente estudo, utilizou-se um aviário automatizado, pelo fato de esse sistema ser o que utiliza maior demanda de energia elétrica e térmica para o manejo das aves. Na sequência, apresentou-se a potência elétrica e térmica demandada para o manejo das aves e o consumo dos sistemas.

Após o levantamento da potência instalada no aviário em estudo, promovida pela visita ao mesmo, e verificação junto aos equipamentos, apresenta-se, na Figura 23, a potência elétrica instalada, na qual se verifica que o sistema de ventilação consome 7,70 kW; verifica-se também que o sistema de aquecimento tem potência de 3 kW. O sistema de nebulização e

fornecimento de água demanda 3 kW de potência. Também se verifica que o sistema de alimentação de rações utiliza 5,80 kW e a potência do sistema de iluminação totaliza 1,5 kW.

Verifica-se também que a potência elétrica total para o manejo de frango de corte (15000 pintainhos alojados em aviário de 100m de comprimento por 12m de largura) é de aproximadamente 22,44 kW, o que representa 0,001496 kW/ave alojada (1,49 W/ave) de potência instalada. Esse valor de potência por ave alojada no aviário do estudo de caso é maior que o valor validado por Nascimento (2011): 0,000867 kW/ave (0,867 W/ave).

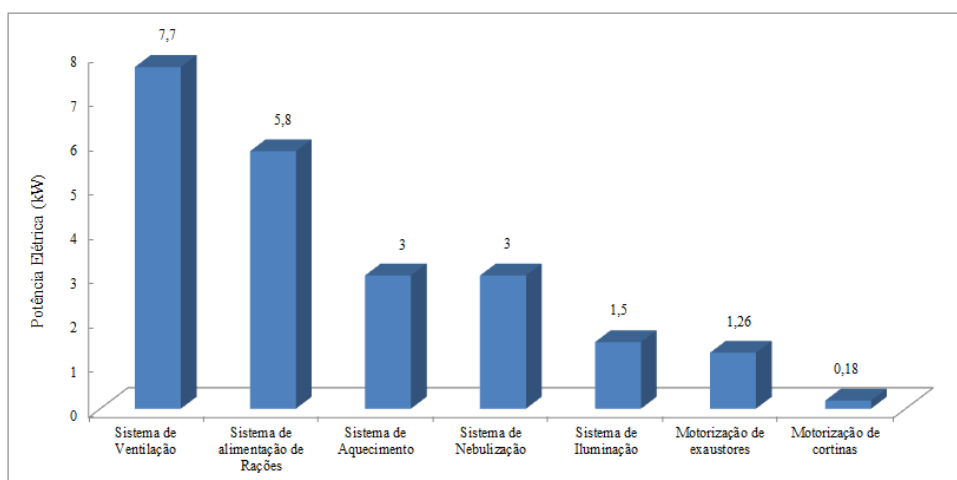


Figura 23 – Potência Elétrica do Aviário

Para chegar a estes valores de potência elétrica, realizou-se a coleta dos dados nos equipamentos e no manual técnico. O aviário selecionado apresenta características semelhantes aos demais aviários da empresa do estudo de caso, que seguem características nacionais de demanda energética e manejo das aves devido a alterações bioclimáticas que ocorrem nas regiões de maior produção avícola. Essa demanda de energia é projetada para atender as situações climáticas mais severas, ou seja, temperaturas próximas de 0°C no inverno e de 35°C no verão. Assim, conclui-se que a potência elétrica apresentada na Figura 23 representa aproximadamente a demanda instalada nos aviários brasileiros.

Após coletar dados de consumo de energia elétrica fornecidos pela concessionária e associar com os lotes alojados no aviário no período de outubro a fevereiro de 2012, pode-se definir o consumo elétrico do aviário. Para a análise, considerou-se um tempo de alojamento de 50 dias por lote e seis lotes ao ano, o que resulta em 300 dias de alojamento das aves e 65 dias de vazio sanitário (tempo necessário para a esterilização das instalações e equipamentos) e limpeza das instalações. Para os 300 dias de alojamento compilaram-se as informações

fornecidas pela concessionária de energia elétrica, as quais mostraram que houve um consumo médio de 76,61 kWh/dia, valor para o período de 50 dias de alojamento. Esse valor médio foi utilizado nos cálculos para os 300 dias de alojamento no ano. Também se obteve, para os 65 dias de vazio sanitário, um valor médio diário de 9,23 kWh/dia de consumo necessários para a esterilização e limpeza das instalações. Esse valor de consumo de energia elétrica obtido durante o alojamento das aves não considera o consumo de energia elétrica por etapas de crescimento das aves, mas sabe-se que durante as fases de crescimento a demanda necessária para atender o sistema varia.

Na Tabela 09, confirma-se que o consumo de energia elétrica do aviário por lote é de aproximadamente 3.830,45 kWh e identificou-se, nesse caso, um consumo de 0,255 kWh por ave alojada. Tal valor de consumo é considerado elevado quando comparado com o valor de 0,168 kWh/ave encontrado por Bueno e Rossi (2006), mas se justifica quando se observa que, naquele estudo, ocorreu com maior densidade de aves/m² (18 aves/m²) enquanto que no estudo de caso deste trabalho utilizou-se densidade de 12,5 aves/m². Se no presente estudo de caso fosse utilizada a densidade de 18 aves/m², o consumo de energia elétrica alcançaria os 0,1773 kWh/aves, valor próximo encontrado por Bueno e Rossi (2006). Ou seja, compreende-se que, quanto maior a densidade de aves/m², menor será o consumo de kWh/ave. Também se torna verificável o custo de energia elétrica para o manejo das aves alojadas. Utilizando um custo de R\$ 0,194 o kWh cobrado pela concessionária elétrica, chegou-se ao custo de R\$ 0,050 por ave alojada.

Tabela 09 - Demanda e Consumo de Energia Elétrica em Aviário

Consumo de energia elétrica do aviário	
Consumo de energia elétrica (kWh/ano)	22.982,72
Consumo de energia elétrica (kWh/lote)	3.830,45
Pintainhos alojados/ano	90.000
Consumo de energia elétrica (kWh/ave)	0,255
Custo da energia elétrica (R\$/kWh)	0,194
Custo de energia elétrica (R\$/ave)	0,05

Estes valores obtidos e apresentados na Tabela 09 são valores de consumo de energia elétrica que ocorreram na estação do ano de maior demanda de energia elétrica, o verão. Nessa estação, as temperaturas chegam aos 35°C, exigindo que todos os sistemas de

climatização para redução de temperatura (ventilação, nebulização, fornecimento de água e controle de cortinas) sejam acionados regularmente.

Comparando o consumo de energia elétrica por lote com os dados validados por Bueno e Rossi (2006) (subseção 2.5.1), verifica-se que o consumo de energia elétrica do presente aviário em estudo de caso é 8,07% menor que o consumo de energia elétrica no aviário analisado por Bueno e Rossi (2006), valor de 4.167,10 kWh por lote. Também observando a Tabela 09, verifica-se que o valor encontrado no estudo de caso é 6% maior (0,050 R\$/ave) em comparação ao valor (0,047 R\$/ave) apresentado por Nascimento (2011), conforme citados na subseção 2.5.1 deste trabalho.

Como os dados apresentados acima representam o consumo do aviário no período do verão, decidiu-se também monitorar o consumo do aviário com coletas diárias do consumo elétrico no medidor (medidor convencional) da concessionária de energia elétrica no período de inverno, para verificar a diferença resultante no consumo em função da diferença de temperatura nas estações de inverno e verão. A Figura 24 apresenta o consumo de energia elétrica do aviário, no qual foram alojados os pintainhos no início de junho de 2012 com retirada após os 50 dias de alojamento. Notou-se (Figura 24) que o consumo de energia elétrica oscilou durante o período de alojamento, principalmente com um declínio no consumo de energia elétrica a partir do vigésimo quinto dia de alojamento. Essa queda no consumo ocorreu pela diminuição da temperatura ocasionada pela chegada de frente fria na região de alocação do aviário. Na média, o consumo do aviário manteve-se nos 78 kWh/dia.

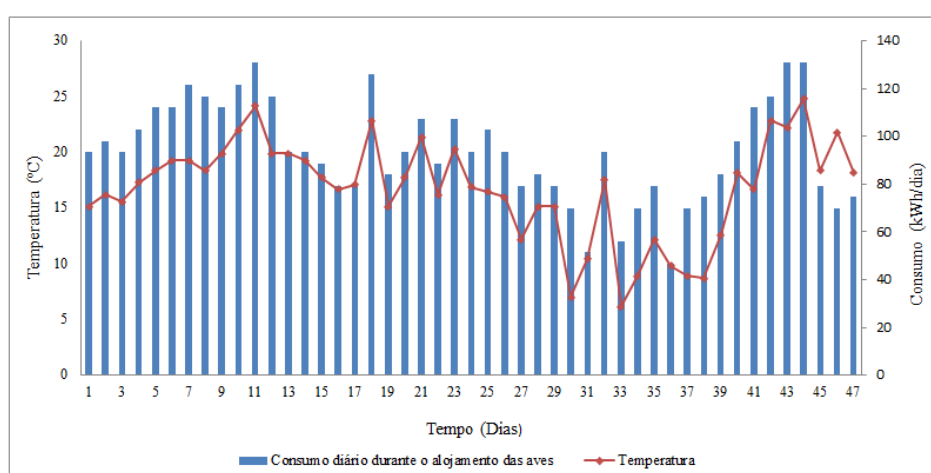


Figura 24 - Consumo de Energia Elétrica no Aviário e Variação de Temperatura

Conclui-se, nesse caso, que o consumo do aviário é fortemente influenciado pelas diminuições de temperatura ocasionadas no inverno, pois com temperaturas baixas não é necessário acionar o sistema de climatização.

Para refinar a análise do consumo de energia elétrica do aviário, buscaram-se dados de Nascimento (2011) que trata de um estudo de análise econômica sobre a viabilidade no suprimento parcial ou total das cargas elétricas instaladas em um aviário automático de frango de corte, a partir da utilização de geradores fotovoltaicos e aerogeradores conectados à rede. Estudo localizado na região sudoeste do Paraná, no município de Capanema. Município a 160 km de Pato Branco, desta forma, considera-se que, o aviário do estudo de caso e o aviário analisado por Nascimento (2011), estão submetidos às mesmas variações bioclimáticas.

Analisando-se as Figuras 12 e 13 apresentadas na subseção 2.5.1, nota-se que o consumo do aviário para um dia típico de verão apresenta variações durante o dia. Para o período das 18h às 12 horas do dia seguinte, o consumo atinge a média dos 10,90 kWh/dia e para o período das 12h às 18 horas, o consumo atinge os 21,42 kWh/dia. Nomeando o período de menor consumo (10,90 kWh/dia) de **período normal** e para o período de maior consumo (21,42 kWh/dia) **período crítico**, apresenta-se a seguir a contribuição dos sistemas utilizados no aviário no valor médio apresentado anteriormente.

No período normal (10,90 kWh/dia) de consumo de energia elétrica, acionam-se os sistemas necessários para fornecer a alimentação das aves, o sistema para garantir a ventilação mínima e o sistema de iluminação. Segundo a Figura 25, verifica-se que, nesse período o sistema que garante a alimentação das aves apresenta o maior consumo de energia elétrica, o que representa aproximadamente 53,90% do consumo total do período. Em segundo lugar, destaca-se a ventilação mínima com aproximadamente 20,45% do consumo total do período normal. Nesta figura, considerou-se o consumo nominal por hora dos equipamentos, informações fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos.

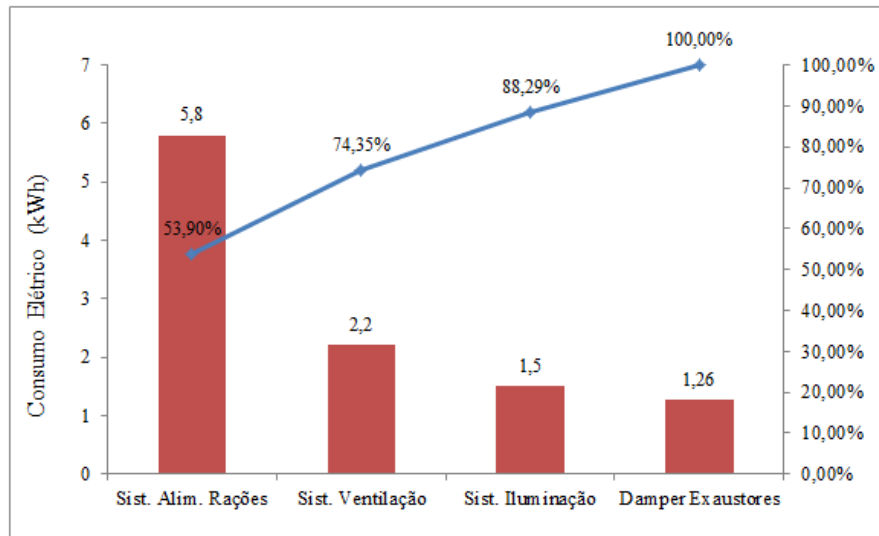


Figura 25 - Consumo Elétrico para o Período Normal

Analisando também o consumo no horário do período crítico, nota-se que apenas o sistema de aquecimento não é utilizado, isso porque o período crítico compreende o período de maior temperatura do dia. Nota-se na Figura 26 que, quando o sistema promove a ventilação máxima do aviário, apresenta o maior consumo de energia elétrica, aproximadamente 35,91% do consumo total do período. Em seguida, o sistema de alimentação contribui com 27%. Nesta figura, considerou-se o consumo nominal por hora dos equipamentos, informações fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos.

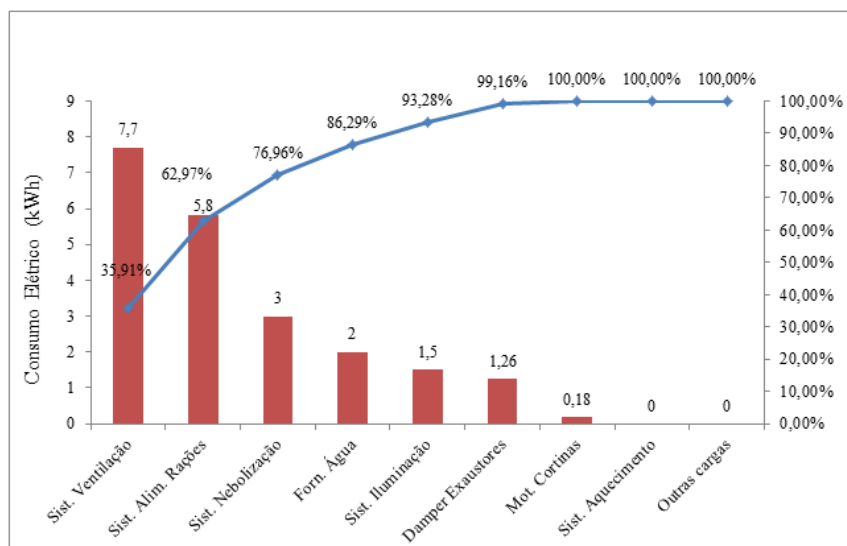


Figura 26 - Consumo Elétrico para o Período Crítico

Para o presente estudo apresenta-se também a demanda térmica para o manejo das aves. Segundo a Frango Seva LTDA (2012), o consumo médio de biomassa (lenha) por ano é de aproximadamente 120 m³, ou seja, 20 m³ por lote. Com essa informação e utilizando a equação 10 apresentada na subseção 2.5.2 pode-se aventar um consumo médio de 172,8 GJ/lote. Tais dados são considerados semelhantes, pois o aviário avaliado neste trabalho e o aviário validado por Funck e Fonseca (2008) apresentam a mesma área (1.200 m²) e os mesmos equipamentos utilizados para o aquecimento. Além disso, ambos os aviários estão localizados no Paraná, a aproximadamente 250 km de distância. Então, pode-se considerar que estão submetidos à mesma variação de temperatura.

Para complementar o presente trabalho, não foram utilizados apenas os dados informados pela empresa Frango Seva LTDA. Apresenta-se também o consumo térmico do aviário durante o período de alojamento das aves proveniente do monitoramento e coleta de dados do aviário em dias de baixa temperatura (meses de junho e julho). Constata-se que, após as primeiras quatro semanas de alojamento, não se utiliza energia térmica no aviário para aquecimento das aves, pois elas apresentam estrutura física (penas e penugem) e seu organismo está preparado para suportar maiores gradientes de temperatura. Outro fator que influencia para o não aquecimento do aviário é a grande troca de ar nas instalações devido a questões zootécnicas, pois o ar quente injetado nelas é facilmente retirado pelo processo de renovação do ar.

Após a quantificação da quantidade de lenha (*Eucalyptus*) utilizada no aviário para o suprimento da demanda térmica até o vigésimo quinto dia do lote monitorado, apresenta-se, na Figura 27, o padrão de consumo de lenha. Nota-se que o abastecimento térmico do aviário ocorreu até o vigésimo quinto dia, totalizando 38,19 m³/lote de lenha.

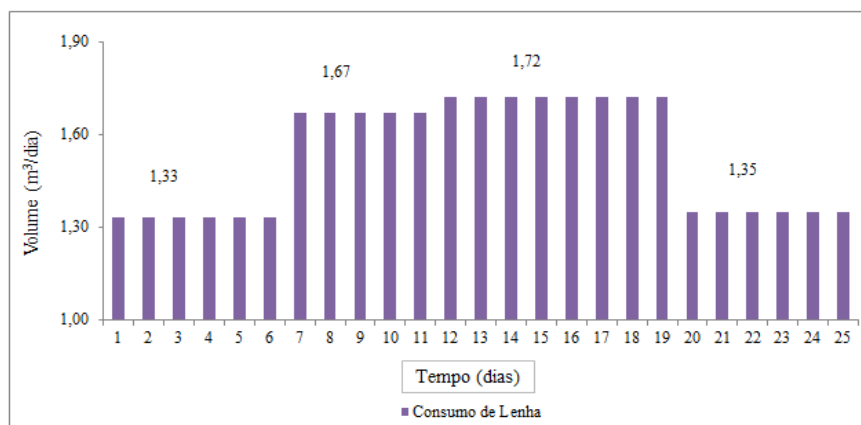


Figura 27 - Consumo de Lenha

Ao utilizar as características da biomassa (lenha) expostas na Tabela 03, pode-se calcular a energia térmica demandada pelo aviário através da equação 10. Para o presente estudo de caso não foram considerados os valores da Tabela 03, pois a lenha utilizada durante o lote monitorado apresentou alto teor de umidade (W) e, conseqüentemente, menor PCI, provocando um consumo excessivo da biomassa. Nesse caso considerou-se, para os cálculos, uma lenha com W de 40% e PCI de 10.046 kJ/kg. Utilizando a equação 10 da subseção 2.5.2, associando ao total de lenha *Eucalyptus* utilizada no aviário, obteve-se uma demanda térmica de 172,65 GJ/lote. Note-se que esse valor fica próximo do valor encontrado pelos pesquisadores Funck e Fonseca (2008), porém esses pesquisadores utilizaram um valor médio de 20 m³ de lenha e consideraram W abaixo de 10% e PCI de 19.200 kJ/kg.

4.2 PRODUÇÃO DE CAMA DE FRANGO NO AVIÁRIO DO ESTUDO DE CASO

A quantificação da cama de aviário se fez necessária para verificar a independência energética do aviário e para dimensionar o sistema utilizado para processar essa biomassa. Utilizando os dados apresentados neste trabalho na subseção 2.3, calculou-se um total de 123,48 toneladas/ano (20,58 toneladas/lote) de cama de aviário na base seca. Para essa produção se prevê uma quantidade de seis lotes no ano com alojamento de 15.000 pintainhos por lote. A tabela 10 apresenta os dados utilizados nos cálculos.

Tabela 10 - Produção de Cama de Aviário para um Aviário

Produção de Cama de Aviário	
Substrato (kg/ave na base seca)	0,44
Detritos (kg/aves na base seca)	0,93
Produção pintainhos de corte/ano	90.000
Total de cama produzido (kg/ano)	123.480

4.3 RETIRADA DA CAMA DE AVIÁRIO

Após quantificar a produção de cama de aviário, nesta subseção apresentam-se as características de alojamento das aves e principalmente, a rotina de retirada da cama de aviário adotada pela empresa.

Utilizando como critério a retirada da cama de aviário ao final do lote, o biodigestor de batelada deverá ter capacidade de 205,5 toneladas, das quais, aproximadamente 20,55 toneladas são de cama de aviário, 30,82 toneladas de inóculo e 154,12 toneladas de água. O

tamanho do biodigestor teoricamente dimensionado suporta as 20,55 toneladas de cama de aviário produzidas em um lote de produção com alojamento de aproximadamente 15.000 aves por 50 dias. Com isso, muda-se a rotina de retirada da cama e, nesse caso, será necessário retirar a cama de aviário ao final do lote e adicionar ao biodigestor. Para isso deverá ser adotado um procedimento de operação do biodigestor no qual a cada 60 dias de operação, a mistura contida no biodigestor deverá ser retirada em aproximadamente 85% e reabastecida com 10% (aproximadamente 20,55 toneladas) de biomassa e 75% de água.

Para se manter a rotina de retirada da cama de aviário no sexto lote de produção, é necessária a instalação, nas proximidades do aviário, de um depósito para armazenar a cama de aviário e também é preciso dimensionar um biodigestor de batelada para processar sequencialmente, durante o período de seis lotes de produção, a cama de aviário retirada anteriormente ao sexto lote. Porém, segundo as informações apresentadas na subseção 2.3.4, a cama de aviário (após a sua produção) está em constante processo de fermentação, provocando alterações constantes em seu poder calorífico. Por essa razão, é necessário conhecer as alterações nas características físico-químicas e biológicas da biomassa ocasionadas pelo tempo de armazenamento.

Neste trabalho, não se verificou a influência das características físicas, químicas e biológicas no armazenamento da cama de aviário em galpões em virtude do tempo limitado que o cronograma do trabalho impõe. Recomenda-se, neste caso, que o teor de umidade da biomassa seja o menor possível para o seu armazenamento para minimizar sua fermentação e alteração na capacidade de geração de biogás. Nessas condições, considera-se que as alterações físicas, químicas e biológicas não são significativas ao ponto de influenciar os resultados finais, porém trabalhos futuros serão necessários para verificar a real influência no armazenamento da cama de aviário sobre a capacidade energética da mesma.

O tamanho do biodigestor para a geração do biogás poderá contar com capacidade para 205,50 toneladas/batelada. Esse tamanho de biodigestor processa sequencialmente a cama dos seis lotes de produção em seis bateladas. Nesse caso, acrescenta-se apenas o depósito para armazenamento da cama de aviário. O depósito deverá ter capacidade de cinco lotes alojados, totalizando aproximadamente 102,75 toneladas, pois na retirada da cama do aviário, aproximadamente 20,55 toneladas (cama de aviário de um lote de produção) são utilizadas na primeira batelada do processo. Para o presente trabalho, utiliza-se o biodigestor de batelada com a retirada da cama de aviário ao final do lote ou ao final do sexto lote.

Simulam-se essas duas configurações com o objetivo de diminuir os custos de implantação do sistema (custos que podem inviabilizar o projeto).

Após apresentar as rotinas de retirada da cama de aviário, demonstra-se, na sequência, o uso da cama de aviário como combustível para o processo de queima direta e digestão anaeróbica. Inicia-se apresentando a produção, a purificação e a utilização do biogás para a geração de energia térmica e elétrica.

Nos parágrafos anteriores foram descritas duas rotinas para a retirada de toda a cama de aviário produzida pelo lote, porém esse procedimento de retirada de toda a cama pode não ser atraente técnica e economicamente. Essa condição ocorre quando se pretende manter uma camada de cama de aviário no alojamento de novos pintainhos para diminuir a quantidade de maravalha e, conseqüentemente, diminuir os custos.

Prevedo a retirada de uma parcela da cama de aviário ao final do lote para a geração de biogás e uso apenas para atendimento térmico do aviário, calcula-se que aproximadamente 6,30 toneladas da cama devam ser removidas e adicionadas ao biodigestor. Nesse caso, a capacidade do biodigestor deve ser de aproximadamente 63,02 toneladas, situação em que a mistura é composta de aproximadamente 6,30 toneladas de cama de aviário, 9,45 toneladas de inóculo e 47,26 toneladas de água.

4.4 ESCOLHA DA TECNOLOGIA PARA A CONVERSÃO ENERGÉTICA DA CAMA DE AVIÁRIO

Frente às informações técnicas e energéticas dos processos utilizados para a conversão energética da cama de aviário apresentadas na seção 02, elegeu-se como critério na tomada de decisão para a escolha do processo a ser utilizado no trabalho a tecnologia mais madura tecnicamente e que apresentasse dados quantitativos e qualitativos. Com esse critério de decisão, os processos de digestão anaeróbica e de queima direta apresentam-se como sendo os processos mais maduros tecnicamente e que também fornecem os dados necessários para o dimensionamento dos sistemas.

Os processos de gaseificação e pirólise demonstraram ter, na verificação do estado da arte, tecnologias com custos elevados para as instalações e necessidade de mão de obra especializada para a operação e manutenção do sistema. Outro fator que levou à escolha das tecnologias mais maduras foi a falta de instrumentação para monitorar um sistema de geração e simular o seu comportamento.

Após ter definido as tecnologias a serem utilizadas, na sequência apresentam-se informações técnicas de dimensionamento dos sistemas utilizados para a produção de biogás e geração de energia. Além disso, apresentam-se informações dos sistemas usados na queima direta da cama de aviário.

4.5 PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR BATELADA PARA O ESTUDO DE CASO

Para conhecer a produção teórica de biogás utilizando o biodigestor de 205,50 toneladas, utilizaram-se dados validados por pesquisadores apresentados na subseção 2.4.1 na Figura 04 e 05. Nesses dados pode-se conhecer o comportamento do sistema de produção de biogás para biodigestores de batelada que utilizam 15% de inóculo. Conforme se visualiza na Figura 28, a produção semanal de biogás para as quatro primeiras semanas do processo de biodigestão (biodigestor de batelada) atinge os 67,85% da produção total de biogás da batelada (60 dias de digestão anaeróbica). Esses 67,85% representam um total acumulado de 2.083,12 m³.

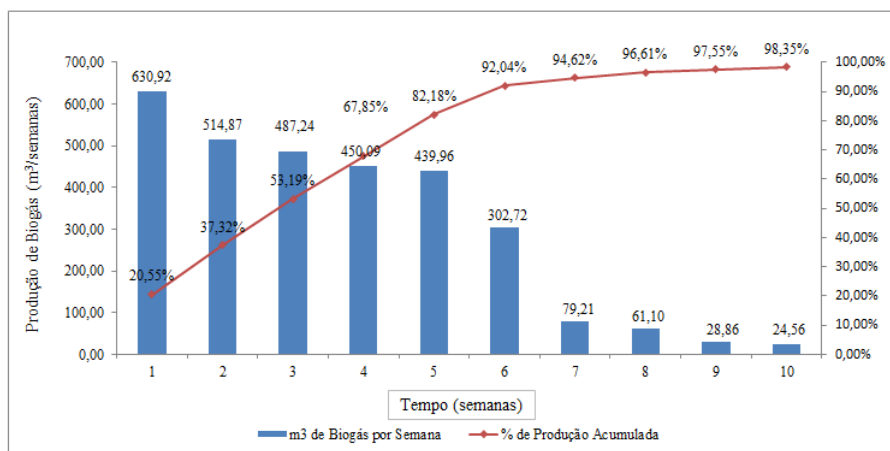


Figura 28 - Produção Semanal de Biogás

O comportamento da produção de biogás em percentual para um biodigestor de 63,02 toneladas não se modifica em comparação ao biodigestor de maior capacidade, mas ocorre alteração na quantidade de biogás gerado, pois se trata de uma quantidade menor de biomassa adicionada no biodigestor. Na Figura 29 visualiza-se a produção média diária de biogás. Nota-se que, na primeira semana de digestão anaeróbica, com capacidade de 205,50 toneladas, a produção de biogás atinge os 90,13 m³/dia. Para as demais semanas, a produção tende a diminuir gradativamente. Também se visualiza que o biodigestor de batelada de 63,02

toneladas, para processar aproximadamente 6,30 toneladas de cama de aviário, produz, na primeira semana de processo, aproximadamente 27,64 m³ de biogás/dia, quantidade necessária para atender termicamente o aviário.

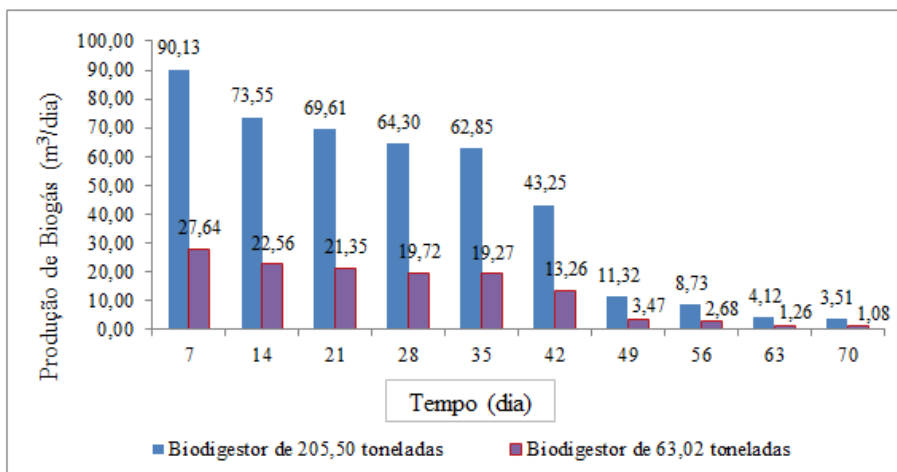


Figura 29 - Produção Diária de Biogás

4.6 SISTEMA DE REMOÇÃO DE IMPUREZAS CONTIDAS NO BIOGÁS (CO₂ E H₂S)

O biogás gerado pelo processo de digestão anaeróbica apresenta as propriedades físico-químicas já citadas na subseção 2.4.1. As características dessas propriedades influenciam no uso final do biogás. O dimensionamento do purificador é feito através da vazão do biogás do purificador, pela capacidade de absorção do CO₂, pelo custo do equipamento e pela operacionalidade.

O purificador deverá ter uma capacidade de vazão de purificação de biogás de aproximadamente 0,071 m³/min ou 0,052 kg/min. Esse sistema de purificação deverá também garantir uma mistura de aproximadamente 95% de Metano e 2% de CO₂ na saída do sistema. Com essa mistura, o biogás atende a portaria 128, de 28 de agosto de 2011, publicada pela ANP (Agência Nacional de Petróleo), a qual regulamenta que: para uso em motores a combustão interna (ciclo otto), o percentual mínimo de metano no biogás deverá ser de 86% e, no máximo, deverá haver 5% de CO₂.

A pressão de operação do sistema, a vazão do material solvente, bem como sua quantidade, são parâmetros não abordados neste trabalho, pois são informações específicas destinadas ao dimensionamento do purificador de biogás. Para este trabalho cabem

informações para a especificação junto ao fabricante, informações de vazão máxima de biogás a ser utilizada no sistema, percentual de metano e percentual de gás carbônico (CO₂) contidos na mistura final do biogás.

4.7 SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DO BIOGÁS

O sistema de armazenamento do biogás deve sempre possuir capacidade de armazenar uma quantidade de biogás suficiente para evitar paradas dos equipamentos que estarão utilizando o biogás como combustível e também capacidade para armazenar a sobra de biogás quando a produção for maior que o consumo.

Parte-se inicialmente da condição ideal de armazenamento do biogás, ou seja, aproximadamente 60% da produção de biogás para o sistema de digestão anaeróbica utilizada. Esses 60% de capacidade de armazenamento representam o percentual de metano, pois o biogás deverá ser purificado antes do armazenamento. A purificação se faz necessária para que se evitem problemas de corrosão nos sistemas, ocasionados pelo ácido sulfídrico (H₂S).

Todos os sistemas de armazenamento de gás apresentam alto valor de aquisição e instalação, o que influencia significativamente na viabilidade econômica do sistema. Sabendo-se que o custo do reservatório influencia na viabilidade econômica do projeto, apresenta-se, neste trabalho, nas seções a seguir, o valor real de armazenamento do biogás. Para encontrar a condição real de seu armazenamento, necessita-se descrever e apresentar claramente as análises para uso final do biogás, conhecer a produção diária de biogás e conhecer o consumo térmico e elétrico do aviário. Tais informações serão apresentadas na sequência.

4.8 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS

No aviário utilizam-se duas formas de energia para o manejo das aves, a saber, a elétrica e a térmica. O maior consumo de energia elétrica ocorre nos meses de maiores temperaturas ambiente. Esse período compreende os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, quando se recorre ao sistema de ventilação. Já no que diz respeito à energia térmica, o consumo aumenta nos meses de menor temperatura, meses de junho, julho e agosto, época em que o sistema de aquecimento é utilizado. Essas variações de temperatura ambiente têm relação com a região do país.

Após apresentar alguns fatores que influenciam na produção do biogás através da biodigestão anaeróbica da cama de aviário, abordam-se nas subseções a seguir análises para

uso do biogás como combustível. Inicialmente, mostra-se como se dá a geração de energia térmica para suprir a demanda térmica do aviário durante o alojamento das aves. Na sequência, são descritas as análises feitas para a geração de energia elétrica e atendimento da demanda elétrica do aviário.

4.8.1 Uso do Biogás para a Geração de Energia Térmica

Conforme apontado no estudo de caso, a demanda térmica do aviário se dá nas quatro primeiras semanas de alojamento. Essa prática é adotada pela empresa do estudo de caso devido ao fato de as aves apresentarem estrutura física e organismo preparado para suportar maiores gradientes de temperatura somente a partir dos 28 dias de alojamento.

Outra justificativa utilizada pela empresa para não aquecer os aviários após os 28 dias está relacionada com parâmetros de renovação do ar dentro do aviário. Segundo a empresa, a necessidade de promover grande troca de ar no aviário devido a questões zootécnicas promove rapidamente a retirada do ar quente do aviário.

Conforme verificado na revisão de literatura (subseção 2.5.2), pode-se utilizar dois tipos de equipamentos para suprir a demanda térmica do aviário: caldeiras alimentadas com biomassa ou aquecedores infravermelhos alimentados com gás. Para este trabalho, serão considerados os aquecedores infravermelhos alimentados com biogás purificado.

Como demonstrado pela equação 11, pode-se calcular a quantidade de biogás (m^3) necessária para suprir a demanda térmica do aviário utilizando os aquecedores infravermelhos. Nesse caso, mantém-se a quantidade de energia térmica de 20,26 GJ/lote apresentada por Funck e Fonseca (2008) e considera-se o PCI do biogás de 35.900 kJ/ m^3 (biogás purificado). Utilizando tais valores, calcula-se aproximadamente 557,10 kg/biogás (773,75 m^3 /biogás) para suprir a demanda térmica do aviário. Essa quantidade é prevista para atender à demanda térmica do aviário nos meses do período de inverno. No entanto, tendo como base uma produção de 5.124,42 m^3 /biogás por lote com o biodigestor de 205,50 toneladas no qual aproximadamente 3.070,17 m^3 do biogás são metano, o consumo de biogás purificado para o atendimento térmico do aviário representa aproximadamente 25,20%. Com isso, o restante do biogás produzido pelo biodigestor poderá ser utilizado para a geração de energia elétrica. É importante lembrar também que, para esse caso, está se prevendo o processamento de toda a cama de aviário produzida no lote.

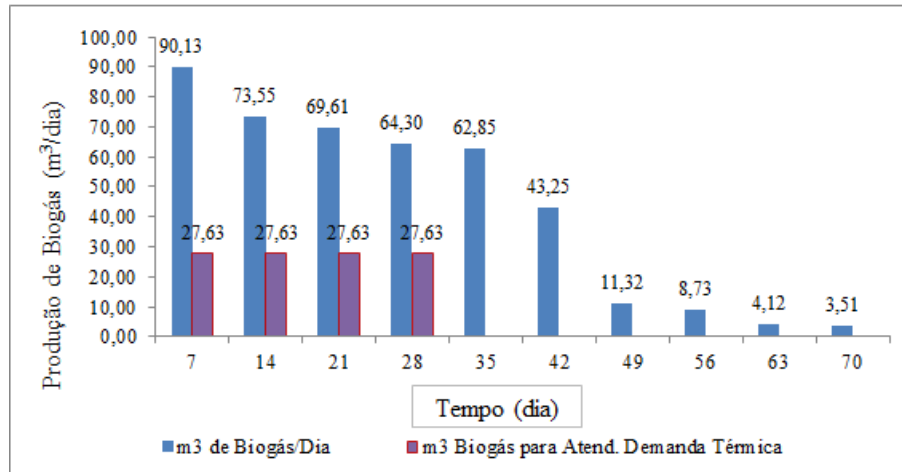


Figura 30 - Produção Diária de Biogás (Biodigestor de 205,5 Toneladas) & Quantidade de Biogás Necessário para Atendimento da Demanda Térmica

Apresenta-se também, através na Figura 30, o consumo médio diário de biogás para as semanas de processo anaeróbico e atendimento térmico do aviário. Nota-se que o consumo de 27,63 m³ de biogás/dia é menor que a quantidade de biogás produzida por dia pelo biodigestor de batelada de 205,50 toneladas. Assim, a sobra de biogás deverá ser armazenada, totalizando, nos 28 dias de produção, aproximadamente 1.309,36 m³ de biogás purificado (Figura 31). Para tal quantidade (1.309,36 m³) necessita-se de reservatório com dimensões consideráveis (aproximadamente 30 m x 9 m x 5 m). Também se sabe que, até o final do processo de produção, a quantidade de biogás purificado totaliza os 2.245,76 m³, representando aproximadamente 75% da produção total. Nesse caso, a produção excedente de biogás poderá ser armazenada para uma utilização futura ou momentânea para a geração de energia elétrica.

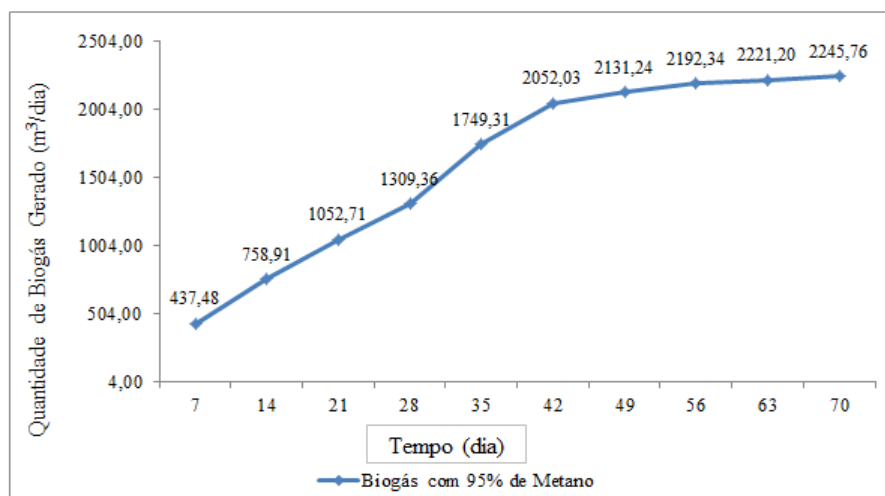


Figura 31 – Quantidade de Biogás Purificado Gerado com Biodigestor de 205,50 toneladas

Com um biodigestor de 63,02 toneladas, na primeira semana a produção de biogás atinge a quantidade de biogás necessária para o atendimento térmico de aviário. Para a segunda, terceira e quarta semanas há uma falta de biogás que, por sua vez, é suprida com o biogás do reservatório. Contudo, a quantidade de biogás gerada pelo biodigestor de 63,02 toneladas atende apenas à demanda térmica do aviário, descartando-se, no caso, o uso do biogás para a geração de energia elétrica.

4.8.2 Uso do Biogás para a Geração de Energia Elétrica

Na subseção anterior apresentara-se a quantidade de biogás acumulado para uma batelada em que se prevê o atendimento térmico do aviário, porém sabe-se que todos os aviários de frango de corte demandam também energia elétrica. Portanto, nesta subseção, reserva-se a análise e levantamento de algumas das alternativas possíveis de serem aplicadas com o biogás. Investiga-se, nesta análise, o atendimento térmico e elétrico do aviário. As cinco análises desta subseção foram definidas com base nas informações técnicas de consumo e da potência instalada no aviário.

Uso do Biogás 1ª Análise:

Para a primeira análise do uso do biogás, considera-se a geração de energia térmica para o atendimento do aviário e considera-se o armazenamento do biogás até o vigésimo oitavo dia de produção. Nesse caso, prevê-se o uso do biogás armazenado e em produção para a geração de energia elétrica através de grupo gerador para suprir a demanda elétrica do aviário até o final do alojamento. A decisão de utilizar o biogás para a geração de energia elétrica do vigésimo nono dia até o final do lote foi tomada após a análise da Figura 11, apresentada na subseção 2.5.1.

A Figura 11 demonstra o consumo elétrico dos equipamentos utilizados para o manejo das aves durante o alojamento. Constata-se que, a partir do vigésimo nono dia de alojamento, todos os equipamentos proporcionam um consumo maior de energia elétrica, fator que, tecnicamente, justifica a possibilidade de utilização do biogás em grupo gerador com a finalidade de gerar energia elétrica e atender às últimas semanas de alojamento das aves. Porém, para essa condição ser atendida a contento, o fator utilização do grupo gerador é baixo, uma vez que o mesmo ficará desligado nos primeiros 28 dias de geração de biogás.

Para essa condição, é necessário armazenar a sobra do biogás até o vigésimo oitavo dia. Na Figura 31, apresentada nesta subseção, apresenta-se aproximadamente 1.309,36 m³/biogás a ser armazenado até o vigésimo oitavo dia de alojamento. Para esta capacidade de

1.309,36 m³/biogás, considera-se o biogás purificado. A partir do vigésimo nono dia de alojamento, o biogás gerado pelo processo e armazenado até então deverá ser usado como combustível até o final do alojamento das aves, aproximadamente 22 dias.

Com a utilização do biogás armazenado junto com o biogás gerado no processo de biodigestão anaeróbica (aproximadamente 2.245,76 m³ de biogás purificado) em aplicação da equação 07, apresentada na subseção 2.4.1, na qual se utiliza um PCI do biogás purificado de 35.900 kJ/m³ e rendimentos dos grupos geradores acionados por motores a combustão de 15%, chega-se ao valor de uma potência elétrica de aproximadamente 6,36 kW. Para o cálculo da potência apresentada acima, considera-se uma geração ininterrupta do vigésimo nono dia até o final do lote (50 dias de alojamento).

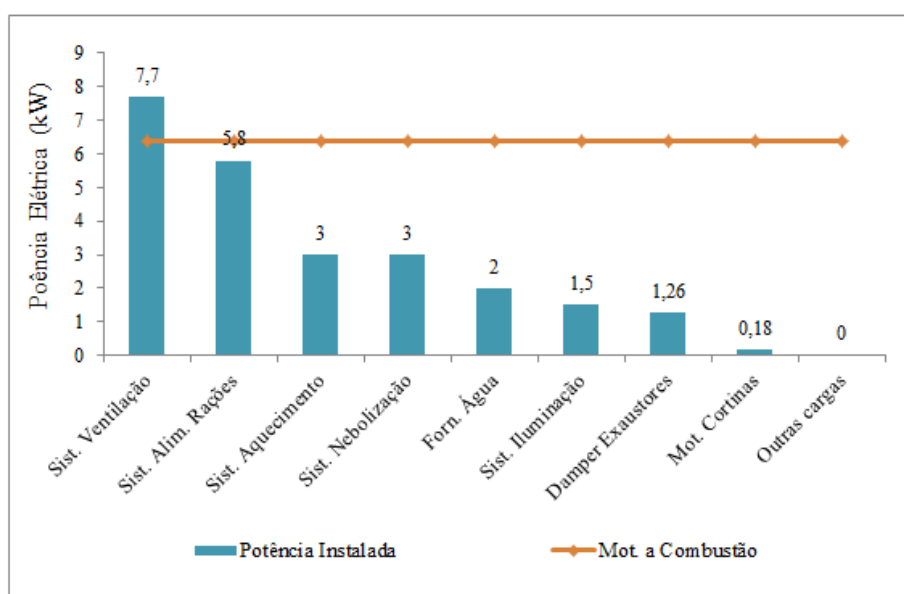


Figura 32 – Potência Elétrica Instalada e Potência Elétrica Gerada

Apresenta-se também, na Figura 32, a comparação da potência dos sistemas instalados no aviário do estudo de caso com a potência disponibilizada pelo gerador para esse sistema com o uso do biogás em motor a combustão. Nota-se que, utilizando uma eficiência de aproximadamente 15% para motores a combustão, a potência disponível apresenta-se menor apenas para o sistema de ventilação, tornando-se atrativo o uso da potência disponível pelo gerador para atender a alguns equipamentos do aviário.

As análises feitas acima preveem o uso do biogás para gerar energia elétrica e disponibilizar potência até o final do alojamento das aves de corte, ou seja, para 22 dias de geração ininterrupta. Porém, essa primeira análise não se apresenta tecnicamente viável

devido à grande dimensão do reservatório necessário para armazenar o biogás até o vigésimo oitavo dia de produção, aproximadamente $1.309,36 \text{ m}^3$.

Torna-se aqui interessante tomar como referência uma capacidade de armazenamento de no máximo 150 m^3 de biogás, devido à falta de fornecedor para reservatório maior. Reservatórios menores que 150 m^3 apresentam dimensões favoráveis para a instalação (4 m de largura por 3 m de altura e 12,5 m de comprimento).

Após identificar o tamanho adequado para o reservatório, necessita-se possuir um sistema de geração de energia elétrica com capacidade para consumir durante 24 horas todo o biogás produzido nesse período de tempo. Caso o gerador não tenha capacidade de consumo, o biogás produzido no período acumula-se gradativamente, o que resulta na necessidade de um reservatório maior. Ao conhecer essas limitações na análise, desconsidera-se, neste trabalho, qualquer avaliação considerando reservatório maior que 150 m^3 e geradores que tenham uma capacidade/dia de consumo de biogás menor que a capacidade/dia de produção de biogás pelo biodigestor.

Uso do Biogás 2ª Análise:

Após verificar que a primeira análise apresenta-se inviável tecnicamente devido ao tamanho do reservatório, apresenta-se, na sequência, a segunda análise que prevê a utilização do biogás para a geração de energia térmica do aviário até o vigésimo oitavo dia e a geração de energia elétrica nos 50 dias de produção de biogás. Nesse caso, elimina-se a necessidade de armazenar a sobra do biogás no período de aquecimento do aviário. Porém, para evitar paradas e interrupções não programadas na geração de energia elétrica proveniente por falta de biogás, adota-se uma quantidade mínima de armazenamento. Tendo em vista que a produção máxima diária de biogás atinge os $90,13 \text{ m}^3$, adota-se para a presente análise um reservatório com capacidade de armazenar 100 m^3 de biogás. Esse tamanho de reservatório de biogás garante a minimização das paradas não programadas no sistema de geração por falta de biogás.

Para a primeira semana de produção de biogás, destina-se para o atendimento elétrico do aviário aproximadamente $62,50 \text{ m}^3/\text{dia}$ de biogás. Com essa quantidade, o sistema de geração fornece para os sistemas elétricos do aviário potências de 3,90 kW. Esse tamanho de grupo gerador garante o consumo do biogás gerado sem haver sobras, ou seja, geradores com essas potências garantem que o biogás produzido no período de 24 horas seja consumido nesse espaço de tempo.

Após entrar em contato com os fornecedores de grupo geradores, chegou-se à conclusão que grupos geradores com potências menores que 5,00 kW não são encontrados no mercado para uso do biogás como combustível. Porém, podem-se fazer adaptações em motores a diesel para trabalhar a biogás, mas essas adaptações em motores a diesel não serão abordadas no trabalho.

Uso do Biogás 3ª Análise:

Na terceira possibilidade de uso do biogás, considera-se seu uso para o atendimento da demanda térmica do aviário e atendimento de uma pequena parcela da demanda elétrica. Nesse caso, considera gerador com potência maior de 5,00 kW e reservatórios de, no máximo, 150 m³ de biogás.

Para reservatórios de, no máximo, 150 m³ de biogás, o sistema de geração elétrica entra em funcionamento quando a capacidade máxima do reservatório for atingida. Após o esvaziamento do biogás contido no reservatório, o sistema de geração é desacionado. Novamente espera-se o biodigestor produzir biogás até atingir o nível alto do reservatório para que, novamente, o sistema de geração entre em funcionamento. Esse ciclo deverá ocorrer até o final da produção do biogás.

Para essa rotina de geração de energia elétrica disponibiliza-se, para os sistemas elétricos do aviário, uma potência elétrica prevendo o atendimento do período de menor ou maior consumo elétrico.

Utilizaram-se os dados apresentados por Nascimento (2011) para elaborar a Figura 13, apresentada na subseção 2.5, para verificar a oscilação na demanda elétrica do aviário e constatar em que momento a geração própria poderá entrar em funcionamento. Nota-se na Figura que, em um período do dia (das 12 horas até as 18 horas), o consumo do aviário atinge os 21,42 kWh e, em outro período, o consumo do aviário atinge os 10,90 kWh. Nesse caso, pode-se utilizar esse comportamento de consumo para definir o período de acionamento do sistema de geração.

Ao arbitrar um reservatório de 100 m³ de biogás e sistema de geração de 25 kW, disponibiliza-se energia elétrica para o atendimento ao aviário no período de maior consumo. Ou seja, o sistema de geração disponibiliza por um tempo de seis horas uma potência de 24,93 kW com gerador acionado por motor a combustão. Essa potência disponível atende à demanda elétrica do aviário no período de maior consumo de energia elétrica (das 12h às 18h). Tendo 100% da demanda elétrica do aviário suprida pelo sistema de geração própria, o aviário poderá ser desconectado da rede de energia elétrica da concessionária.

Outras potências de grupo gerador podem ser utilizadas para atendimento elétrico do aviário. Nesse caso, prevê-se o atendimento do consumo elétrico do aviário no período de menor demanda (10,90 kWh). Na utilização de um reservatório de aproximadamente 132 m³ de biogás, o sistema de geração poderá disponibilizar uma potência de 11,22 kW. Utilizando grupo gerador de 12,00 kW, atende-se à demanda elétrica do aviário no período das 18 horas até as 12 horas do dia seguinte. Assim, o aviário poderá ser desconectado da rede elétrica da concessionária, mas é necessário adotar procedimentos para evitar oscilações no consumo elétrico do aviário nesse período e evitar sobrecargas no grupo gerador.

Quando não for possível adotar procedimentos de operação que diminuam as oscilações das cargas elétricas, precisa-se manter o aviário conectado à rede da concessionária de energia elétrica e ao sistema de geração própria.

Uso do Biogás 4ª Análise:

Visto que geradores de potências elevadas apresentam custos de aquisição e de manutenção elevados, complementa-se a análise desta subseção prevendo o uso de geradores de potências menores que 10 kW.

Para esta quarta análise se mantém o atendimento térmico do aviário com o biogás e se prevê o atendimento elétrico de alguns sistemas do aviário. Utilizando os 132 m³ de biogás do reservatório no período de 24 horas, a potência disponível alcança os 8,23 kW com geradores acionados por motores a combustão. Essa potência poderá atender ao sistema de alimentação de rações e ao sistema de iluminação, pois são cargas elétricas acionadas 24 horas do dia. Esses sistemas (alimentação de rações e iluminação) podem ficar desconectados da rede da concessionária de energia elétrica.

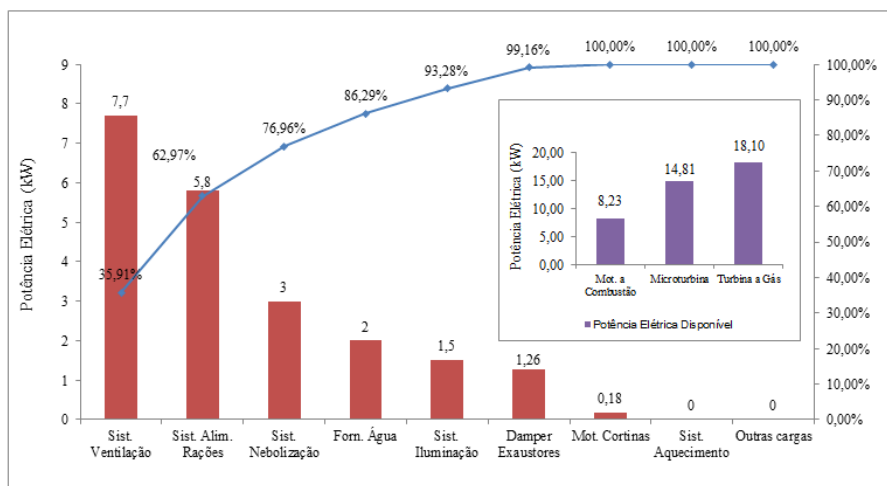


Figura 33 - Potência Elétrica do Aviário no Período Crítico & Potência elétrica Gerada

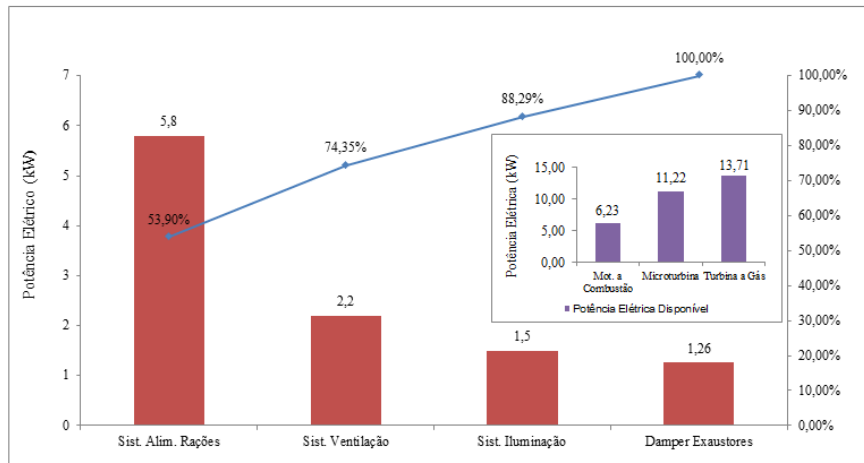


Figura 34 – Potência Elétrica do Aviário no Período normal & Potência elétrica Gerada

Na utilização de reservatório de 100 m³ de biogás, disponibiliza-se com grupo gerador aproximadamente 6,23 kW de potência durante as 24 horas. Dessa forma, o sistema de geração atende apenas ao sistema de alimentação das rações do aviário.

Uso do Biogás 5ª Análise:

Para a quinta análise, prevê-se a utilização de todo o biogás para a geração de energia elétrica. Para tanto, utiliza-se a biomassa lenha para o atendimento térmico do aviário através dos aquecedores a lenha. Com o uso de todo o biogás para a geração de energia elétrica, a potência disponível totaliza os 5,62 kW com gerador acionado por motor a combustão.

Calculando uma produção de biogás de 90,13 m³/dia, é necessário um reservatório de aproximadamente 100 m³ para armazenar o biogás. Essa quantia garante que não ocorram paradas no sistema de geração pela falta de biogás.

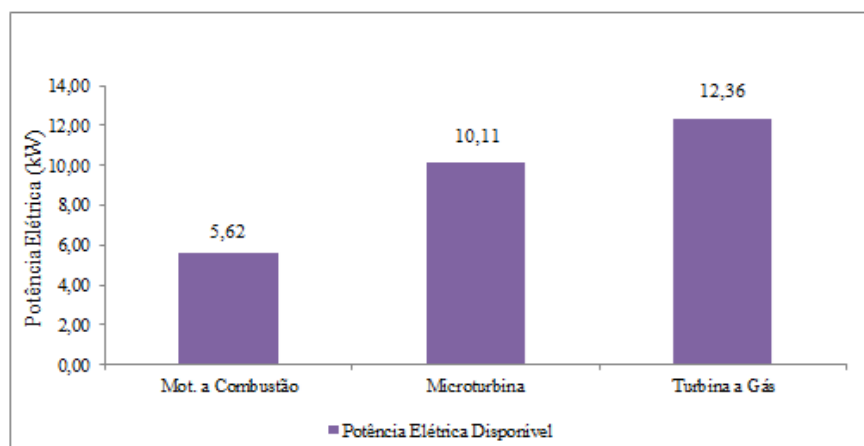


Figura 35 - Potência Elétrica Máxima Gerada

4.9 ATENDIMENTO À DEMANDA TÉRMICA DO AVIÁRIO COM A QUEIMA DIRETA DA CAMA DE AVIÁRIO

Nas seções anteriores, apresentou-se a cama de aviário como biomassa para adicionar ao biodigestor e, conseqüentemente, provocar a produção de biogás. Porém, nesta subseção apresenta-se a cama de aviário como biomassa para ser queimada em fornalhas de aquecedores a biomassa. Na subseção 2.5.2 apresentou-se um tipo comum de aquecedor utilizado pela atividade avícola. Segundo a empresa do estudo de caso, esse tipo de aquecedor pode ser utilizado para a queima da cama de aviário sem promover alterações construtivas no equipamento. Utilizando a equação 10, a qual demonstra que, se for mantida a quantidade de energia térmica para o aquecimento do aviário (172,80 GJ/lote) e um poder calorífico inferior da cama de aviário de 11.600 kJ/kg (apresentado na subseção 2.4.3), calculou-se que são necessários queimar aproximadamente 14,90 toneladas de cama de aviário. Para esse cálculo considerou-se um teor de umidade da cama de aviário entre 29,26% e 33,72%, valores esses encontrados por Santos (2001).

A rotina de retirada da cama de aviário nesse caso poderá ocorrer ao final do lote ou ao final do sexto lote. Quando a retirada da cama de aviário for ao final do lote, as 14,90 toneladas de cama de aviário representam 72,5% do total da cama produzida. Nesse caso, o restante da cama de aviário (27,5%) permanece no local para evitar o contato dos pintainhos com o piso do aviário.

Ao definir a retirada da cama de aviário ao final do sexto lote, removem-se aproximadamente 89,4 toneladas de cama. Essa quantidade permite o atendimento térmico do aviário nos próximos seis lotes de frango de corte a serem alojados. Independentemente da época em que a cama de aviário for retirada, seja no final do lote ou no final do sexto lote, a biomassa deverá ficar armazenadas em depósitos para a queima gradativa conforme a demanda térmica do aviário.

Para a análise na qual se considera a cama de aviário como biomassa a ser utilizada em fornalhas, necessita-se de outra fonte de energia para o atendimento térmico do aviário para o primeiro lote, pois o mesmo não apresenta cama de aviário disponível para a queima.

5 RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICA DO ESTUDO DE CASO

Nas seções anteriores, apresentaram-se as características dos equipamentos utilizados para o aproveitamento energético da cama de aviário, a potência elétrica dos equipamentos instalados e seu consumo elétrico. Identificaram-se, também, as alternativas para o atendimento térmico e elétrico do aviário no uso da cama de aviário. Com essas informações, apresenta-se, nas subseções a seguir, o estudo da viabilidade econômica das configurações analisadas.

5.1 CONFIGURAÇÕES ADOTADAS PARA A ANÁLISE ECONÔMICA

Para esta seção do trabalho, apresenta-se como prioridade verificar a viabilidade econômica das configurações, viabilidade que depende de parâmetros econômicos como: custo dos equipamentos (investimento), fluxo de caixa (receitas e despesas), depreciação dos equipamentos/instalações, tributação (imposto de renda) e linhas de crédito para o investimento inicial.

Atualmente, há empresas que atuam na fabricação de equipamentos e instalações para o aproveitamento energético da cama de aviário. São empresas que contam com engenheiros, especialistas, setores administrativos e produtivos que resultam em custos na fabricação de seus equipamentos. Em virtude da estrutura organizacional das empresas e da eficiência de gestão, podem existir variações significativas na qualidade e preço dos produtos, dependendo das empresas.

Para esta subseção, apresentam-se os valores orçados dos diferentes equipamentos (tipos e dimensões) utilizados no estudo das configurações, orçamentos fornecidos por empresas nacionais e internacionais especializadas na atividade de fabricação de máquinas e equipamentos. Tais orçamentos encontram-se nos anexos A, B, C, D, E e G. Porém, apresentam-se, na Tabela 11, os valores de todos os sistemas utilizados nos projetos.

Tabela 11 - Valores dos Equipamentos Utilizados nos Projetos

Equipamentos e Instalações	
Biodigestor (205,5 toneladas)	R\$ 29.648,71
Biodigestor (63,02 toneladas)	R\$ 22.516,78
Purificador de Biogás	R\$ 15.000,00
Reservatório 100 m ³ (3 m x 10 m x 1,2 m)	R\$ 2.445,65
Reservatório 150 m ³ (3 m x 15 m x 1,2 m)	R\$ 3.700,25
Grupo Gerador 6,0 kVA Acionamento Manual	R\$ 7.000,00
Grupo Gerador 6,0 kVA Acionamento Automático	R\$ 10.000,00
Grupo Gerador 10,0 kVA Acionamento Manual	R\$ 17.000,00
Grupo Gerador 10,0 kVA Acionamento Automático	R\$ 20.000,00
Grupo Gerador 12,5 kVA Acionamento Manual	R\$ 17.000,00
Grupo Gerador 25,0 kVA Acionamento Manual	R\$ 32.000,00
Grupo Gerador 25,0 kVA Acionamento Automático	R\$ 35.000,00
Tubulações	R\$ 400,00
Equipamentos Diversos	R\$ 500,00
Aquecedor Infravermelho	R\$ 2.000,00

Todos os equipamentos apresentados na Tabela 11 apresentam uma vida útil de 15 anos. Também se considerou, na análise econômica das configurações, uma taxa de depreciação linear anual de 10%, com tempo total de depreciação igual a 10 anos.

Conhecendo-se os valores de mercado dos sistemas utilizados nos projetos, encontra-se então o valor monetário que o investidor precisa desembolsar para a aplicação do projeto em cada configuração estudada. Em muitos casos, o investidor não dispõe da quantia monetária inicial. Nessas situações, buscam-se programas de financiamento junto a organizações para obter esses recursos.

Na subseção 2.7.5 apresentou-se um programa de financiamento oferecido pelo governo federal para incentivar e subsidiar os investimentos nos setores agrícola e pecuário (ABC - Agricultura de Baixo Carbono). Enquadra-se este trabalho em um dos projetos do programa ABC (o qual visa ao tratamento de dejetos e resíduos oriundos da produção animal para a geração de energia e compostagem) com prazo de pagamento de 08 anos e 3 anos de carência, podendo-se financiar 100% do investimento. Utiliza-se, na viabilidade econômica das configurações, o sistema de amortização de capital SAC, pois se calcula a viabilidade das configurações na qual o investimento inicial é financiado pelo programa ABC. Esse sistema de amortização foi escolhido por se tratar do sistema mais adotado pelas organizações financeiras. Além disso, esse sistema considera que, no período de carência, o financiado deverá pagar apenas os juros provindos do saldo devedor.

Os benefícios a serem considerados neste trabalho são valores convertíveis na forma monetária caracterizada como redução de custo e acréscimo de receita. São considerados fatores de redução de custo a economia de energia elétrica (R\$/kWh mês) resultante do sistema de geração própria e também a economia de lenha (R\$/lote) pela queima do biogás nos aquecedores infravermelhos. Também se considera como benefício o acréscimo de receita ocasionada pela venda do biofertilizante (R\$/lote).

Como custos consideram-se os custos convertíveis na forma monetária que são considerados relevantes para a análise econômica como os custos de manutenção de todos os sistemas e o custo de operação. A redução de receita ocasionada pela cama de aviário que não será mais vendida e sim utilizada no biodigestor também se caracteriza como um custo (R\$/lote), pois deve ser descontado das receitas. Por fim, a maravalha entra como um acréscimo de custo (R\$/maravalha por lote), pois esse substrato é colocado antes do alojamento dos pintainhos de corte. Isso ocorre quando a cama de aviário é totalmente retirada do aviário ao final de cada lote.

Na Tabela 12, apresentam-se os valores das receitas e despesas praticadas na viabilidade econômica das configurações. O valor de R\$ 0,19 kWh para o primeiro ano encontra-se na fatura de energia elétrica do aviário do estudo de caso, conforme anexo F; já os demais valores para o primeiro ano, apresentados na Tabela 12, são valores praticados em 2012 pela empresa que forneceu os dados para a elaboração deste trabalho. Os demais valores apresentados na Tabela 12 para os 15 anos da análise são valores estimados no fluxo de caixa praticando-se a correção da inflação segundo o valor médio do Índice Nacional de Preços ao Consumidor (ICPA) de 2004 a 2011, apresentados na Tabela 13.

Tabela 12 - Variação dos Preços das Entradas e Saídas do Fluxo de Caixa

Anos	R\$/kWh	R\$/m ³ lenha	R\$/ton fertil.	R\$/ton C. Aviário	R\$/m ³ de maravalha
1	0,194	45,000	8,530	87,730	32,000
2	0,204	47,329	8,972	92,271	33,656
4	0,226	52,356	9,924	102,071	37,231
5	0,237	55,066	10,438	107,354	39,158
6	0,250	57,916	10,978	112,911	41,185
7	0,263	60,914	11,547	118,756	43,317
8	0,276	64,067	12,144	124,903	45,559
9	0,290	67,384	12,773	131,368	47,917
10	0,306	70,872	13,434	138,168	50,398
11	0,321	74,540	14,129	145,320	53,006
12	0,338	78,398	14,861	152,842	55,750
13	0,355	82,456	15,630	160,753	58,636
14	0,374	86,725	16,439	169,074	61,671
15	0,393	91,214	17,290	177,826	64,863

Tabela 13 - Variação do IPCA no Brasil

IPCA	
2004	7,60%
2005	5,69%
2006	3,14%
2007	4,45%
2008	5,90%
2009	4,31%
2010	5,90%
2011	4,42%
Taxa média anual	5,18%
Taxa média mensal	0,42%

Outra variável importante a considerar no trabalho trata-se da TMA (taxa mínima de atratividade). Ao não encontrar em publicações o valor médio de TMA aplicado em investimentos no setor avícola, e por a empresa do estudo de caso não a fornecer, adotou-se o valor de 7,25% ao ano, valor da SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia). É um índice pelo qual as taxas de juros cobradas pelo mercado se balizam, sendo utilizado como referência pela política monetária.

Também se considera na análise econômica das configurações a tributação sobre o fluxo de caixa líquido. Atualmente, utiliza-se uma alíquota de imposto de renda de 15%.

Também paga-se IR sobre o montante pago na parcela correspondente à amortização do saldo devedor no caso de os investimentos iniciais serem financiados.

Tomando-se as variáveis econômicas apresentadas nesta seção como critérios para avaliar economicamente as configurações, assenta-se em terreno mais seguro para a discussão. Para o caso, utiliza-se o VPL (valor presente líquido), a TIR (taxa interna de retorno), o *Payback*, o IBC (índice benefício custo) e o ROIA (retorno adicional sobre o investimento).

5.1.1 Configuração I

Para a configuração I, utiliza-se o biodigestor de 205,50 toneladas que processa toda a cama de aviário produzida no lote, a qual, por sua vez, é retirada ao final de cada lote. Utiliza-se o biogás gerado para o atendimento térmico do aviário e geração de energia elétrica desde o início até o final do período de alojamento das aves. Para essa condição, o sistema de geração fornece para o aviário uma potência menor que o consumo do aviário e, portanto, nesse caso, as instalações do aviário devem permanecer conectadas à rede de fornecimento de energia elétrica da concessionária, conforme os esquemas unifilares apresentados na subseção 2.6.

Para atender à primeira configuração analisada, são apresentados na Tabela 14 os equipamentos e as instalações necessárias para processar toda a cama de aviário do lote. Esse investimento inicial alcança o valor de R\$ 59.494,36. Com os equipamentos listados na Tabela 14, obtêm-se os dados técnicos listados na Tabela 15.

Tabela 14 - Equipamentos e Instalações Utilizados na Configuração I

Equipamentos e Instalações	
Biodigestor (205,5 toneladas)	R\$ 29.648,71
Purificador de Biogás	R\$ 15.000,00
Reservatório 150 m ³ (3 m x 15 m x 1,2 m)	R\$ 3.700,25
Grupo Gerador 6,0 kVA Acionamento Automático	R\$ 10.000,00
Tubulações	R\$ 400,00
Aquecedor Infravermelho	R\$ 2.000,00

Tabela 15 - Dados Técnicos da Configuração I

Dados Técnicos		
Geração de energia elétrica com a sobra de biogás	3.359,28	kWh
Volume de biogás utilizado para o atendimento térmico do aviário	773,75	m ³
Volume de biogás utilizado para o atendimento elétrico do aviário	2.245,76	
Volume total de biogás produzido por lote	3.070,17	

Na Tabela 15 apresenta-se um volume de 773,75 de biogás necessários para o atendimento da demanda térmica do aviário que é utilizado em aquecedores infravermelhos. Essa quantidade de biogás é prevista para atender à demanda térmica do aviário nos meses do período de inverno. Também se apresenta a produção total de 3.070,17 m³ do biogás purificado e uma sobra de biogás de 2.245,76 m³/lote utilizado para a geração de energia elétrica. Ao utilizar os 2.245,76 m³/lote de biogás nas rotinas de consumo e armazenamento apresentados na subseção 4.8, considera-se uma economia de energia elétrica de aproximadamente 3.359,28 kWh na utilização de gerador acionados por motores a combustão.

Para essa primeira configuração, utiliza-se como entradas no fluxo de caixa as variáveis apresentadas na Tabela 16. Associando-se a Tabela 16 com os valores apresentados na Tabela 12, calculam-se os valores monetários das entradas do fluxo de caixa apresentados na Tabela 17.

Tabela 16 - Receitas do Fluxo de Caixa para a Configuração I

Entradas		
Economia de Biomassa (lenha)	38,19	m ³ /lenha/lote
Venda do Biofertilizante	174,68	ton/lote
Economia de Energia Elétrica	3.359,28	kWh/lote

Tabela 17 - Receitas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa

PERÍODO		RECEITAS			RED. RECEITA	TOTAL
Anos	Meses	Economia de Energia Elétrica (R\$)	Economia de Lenha (R\$)	Venda do Biofertilizante (R\$)	Venda da Cama de Aviário (R\$)	RECEITAS (R\$)
1º ano	0	0	0	0	0	0,00
	1	325,85	1.718,55			2.044,40
	2	325,85		1.489,98	1.802,85	12,98
	3	325,85	1.718,55			2.044,40
	4	325,85		1.489,98	1.802,85	12,98
	5	325,85	1.718,55			2.044,40
	6	325,85		1.489,98	1.802,85	12,98
	7	325,85	1.718,55			2.044,40
	8	325,85		1.489,98	1.802,85	12,98
	9	325,85	1.718,55			2.044,40
	10	325,85		1.489,98	1.802,85	12,98
	11	325,85	1.718,55			2.044,40
12	325,85		1.489,98	1.802,85	12,98	

Nota-se na Tabela 17 que a economia de energia elétrica está distribuída mensalmente, pois a geração de energia elétrica para a injeção na rede elétrica do aviário ocorre durante todo o período de processamento da biomassa, ou seja, durante os 60 dias do processo de biodigestão da cama de aviário. No caso da economia de lenha, lança-se como receita o valor monetário no mês de alojamento das aves, pois a demanda térmica do aviário ocorre nas primeiras quatro semanas. Para a venda do biofertilizante, o lançamento ocorre ao término dos 60 dias de processo do biodigestor, ou seja, sempre é lançado no mês em que as aves de corte são retiradas do aviário. Por fim, considera-se como redução de receita a cama de aviário que será adicionada ao biodigestor, pois atualmente essa cama tem um valor agregado e pratica-se a sua venda para a aplicação em lavouras. Assim, o valor monetário da venda da cama de aviário deverá ser descontado das receitas.

O fluxo de caixa também é composto de saídas e essas saídas/despesas são apresentadas na Tabela 18. Também se apresentam na Tabela 19, os custos detalhados de manutenção e operação do sistema. Tais custos são demandados pela rotina de manutenção programada definida pelo fabricante das máquinas, pelos custos da retirada da cama do aviário, pela alimentação do biodigestor e pela retirada do fertilizante do biodigestor ao final do processo.

Tabela 18 - Saídas/Despesas para a Configuração I

Saídas	
Manutenção	R\$ 127,25
Operação	R\$ 221,00
Maravalha	R\$ 1.440,00
Depreciação Linear	R\$ 506,24

Tabela 19 - Custos de Manutenção e Operação Configuração I

CUSTOS LOTE			
Custo de Manutenção		Custo de Operação	
Biodigestor (205,5 toneladas)	R\$ 50,00	Retirada da Cama de Aviário	R\$ 102,00
Purificador de Biogás	R\$ 75,00	Mão de Obra Operação Sist.	R\$ 0,00
Reservatório de 100 m ³	R\$ 22,00	Alimentação do Biodigestor	R\$ 90,00
Gerador 6 kVA	R\$ 75,00	Retirada do Fertilizante	R\$ 250,00
Tubulações	R\$ 12,50		
Aquecedor Infravermelho	R\$ 20,00		
Total dos Custos	R\$ 254,50	Total dos Custos	R\$ 442,00

Os custos de mão de obra para operar os sistemas do projeto foram desconsiderados, pois o operador dos sistemas do aviário poderá por em funcionamento, em paralelo, os sistemas apresentados no projeto. Todos esses valores de custos de operação foram fornecidos pela empresa objeto do estudo. Na Tabela 20, exibe-se o fluxo de caixa para os custos mês a mês. Além disso, incorporam-se nos custos a depreciação das instalações e o IR. Em se tratando do fato de o investimento inicial ser de terceiros, incorporam-se também nos custos o valor monetário descontado mensalmente da amortização do saldo devedor e os juros pagos pelo empréstimo no valor do investimento inicial.

Tabela 20 - Saídas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa

SAÍDAS/CUSTOS						
Período		Maravalha (R\$)	Custo de Manutenção (R\$)	Custo de Operação (R\$)	Depreciação Linear Econômica (R\$)	DESPESAS TOTAIS (R\$)
Anos	Meses					
1º ano	0	0	0	0	0	0,00
	1	200,00	127,25	221,00	506,24	1.054,49
	2		127,79	221,93	506,24	855,96
	3	1.440,00	128,32	222,87	506,24	2.297,43
	4		128,87	223,81	506,24	858,91
	5	1.440,00	129,41	224,75	506,24	2.300,40
	6		129,95	225,70	506,24	861,89
	7	1.440,00	130,50	226,65	506,24	2.303,39
	8		131,05	227,60	506,24	864,90
	9	1.440,00	131,60	228,56	506,24	2.306,41
	10		132,16	229,53	506,24	867,93
	11	1.440,00	132,72	230,49	506,24	2.309,45
12		133,28	231,46	506,24	870,98	

Após conhecer os valores monetários das receitas e despesas, verificou-se que a configuração I é economicamente inviável por apresentar um VPL negativo (-R\$ 67.474,20 com investimento próprio e -R\$ 60.066,73 com investimento de terceiro), ou seja, o investimento inicial não retorna ao investidor no período de análise do projeto. Dessa forma, não se aplica uma análise mais detalhada com o uso das ferramentas econômicas apresentadas na subseção 2.7.

Comprova-se, nessa análise econômica, que essa configuração apresenta-se inviável, ou seja, para a condição real de fluxo de caixa os investimentos iniciais não se pagam durante o período da vida útil do projeto. Comprovando a inviabilidade dessa configuração, na subseção a seguir cria-se um cenário favorável para verificar o quão distante encontra-se a viabilidade desse projeto. Também se cria esse cenário para que se torne possível conhecer as variáveis que precisam de atenção pelas organizações governamentais e privadas para que, de fato, o uso energético da cama de aviário se torne viável economicamente ou mais atrativo do ponto de vista econômico.

5.1.1.1 Cenário I

Ao criar um cenário para verificar a viabilidade da configuração I, há a necessidade de alterar o valor do kWh pago pela concessionária de energia elétrica, o valor de venda da

tonelada do biofertilizante e o valor do m³ da lenha. Na Tabela 21, apresentam-se as alterações feitas nas variáveis de entrada nas quais se aplica um aumento gradativo de 10%. Essas alterações foram feitas individualmente, ou seja, alterou-se apenas uma variável de entrada por vez e mantiveram-se as outras com seus valores reais.

Tabela 21 – Cenário I, Aumento Gradativo nas Variáveis de Entrada

Aumento Gradativo das Receitas					
% Aumento	Valor do kWh	Valor da ton. biofertilizante		Valor do m ³ da lenha	
0%	0,19	R\$/kWh	R\$/tonelada	8,53	45,00
10%	0,21			9,38	49,500
20%	0,23			10,24	54,000
30%	0,25			11,09	58,500
40%	0,27			11,94	63,000
50%	0,29			12,80	67,500
60%	0,31			13,65	72,000
70%	0,33			14,50	76,500
80%	0,35			15,35	81,000
90%	0,37			16,21	85,500
100%	0,39			17,06	90,000
110%	0,41				
120%	0,43				
130%	0,45				
140%	0,47				
150%	0,49				

Utilizando as alterações nas variáveis de entrada referentes ao valor do kWh, apresenta-se, na Figura 36 que, para se obter um VPL positivo e em consequência viabilizar economicamente a configuração, é necessário aumentar em aproximadamente 130% e 150% o valor do kWh. Os 130% correspondem a investimento de terceiro e os 150% correspondem a investimento próprio.

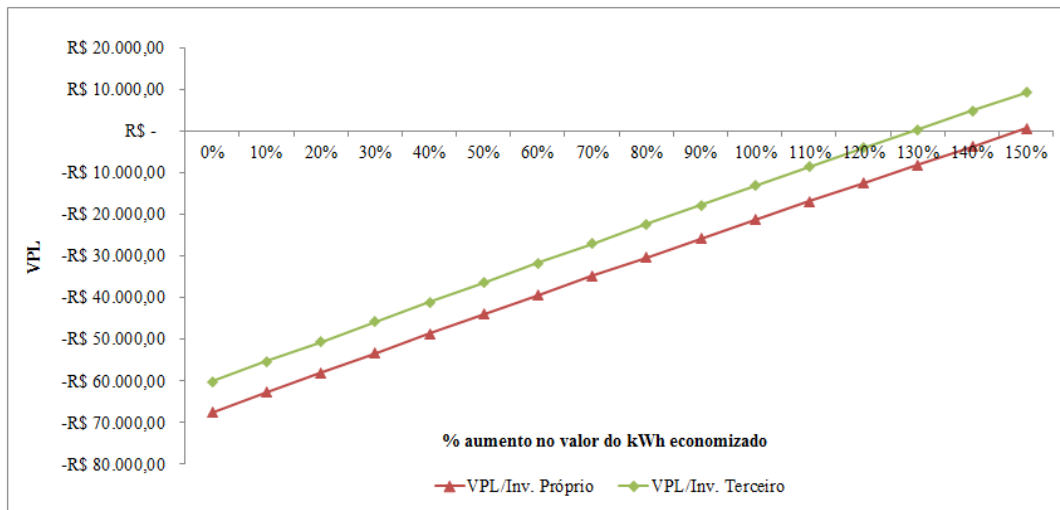


Figura 36 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor do kWh

Na segunda análise, mantém-se o valor do kWh e do m³ de lenha em seus valores reais e altera-se somente o valor da tonelada do biofertilizante. Efetuando essa alteração, observa-se, na Figura 37, a necessidade de aumentar em aproximadamente 55% (investimento de terceiro) e 65% (investimento próprio) o valor da tonelada para a configuração se tornar viável.

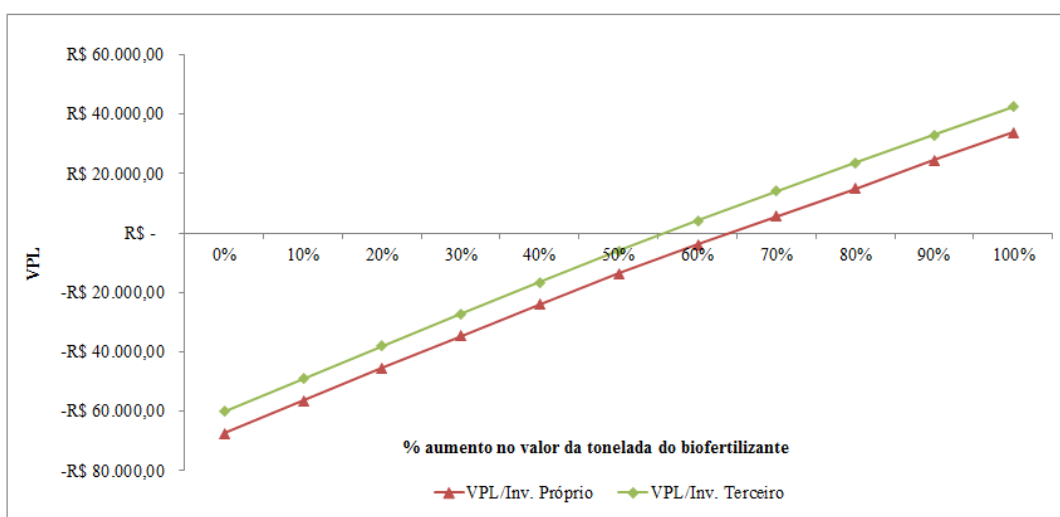


Figura 37 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor da Tonelada do Biofertilizante

Por fim, ao manter o valor do kWh e da tonelada de biofertilizante em seus valores reais, observa-se que, se o m³ da lenha aumentar 50% na análise que considera investimento inicial de terceiro, ou 60% na análise de investimento inicial próprio, o investimento se torna

viável, pois se aumenta a economia monetária na substituição da lenha pelo biogás para o atendimento térmico do aviário.

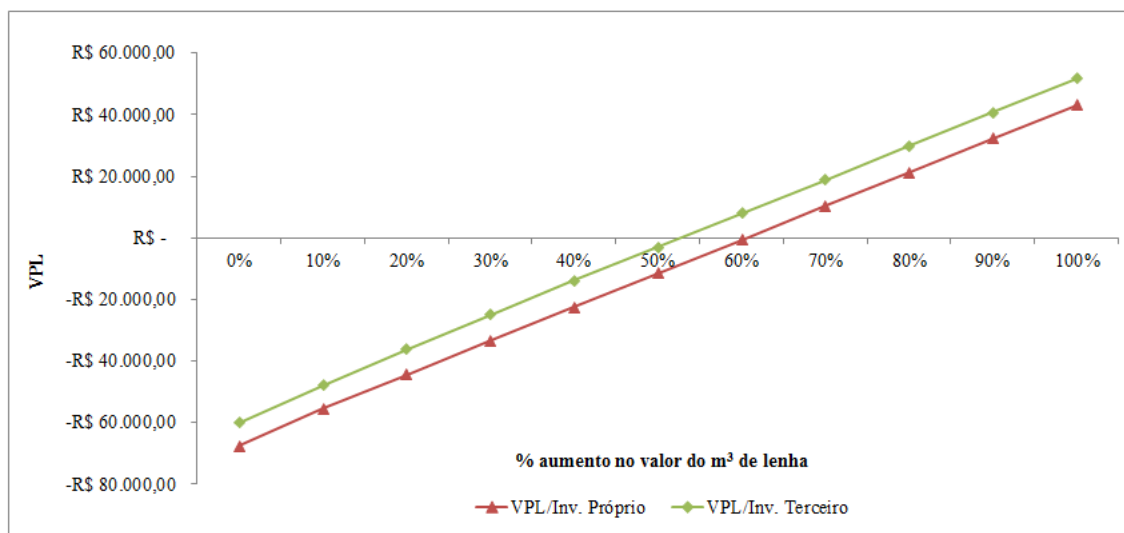


Figura 38 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do m³ da Lenha

A manipulação de algumas variáveis de entrada torna a configuração I viável. Porém sabe-se que a manipulação dessas variáveis não condiz com a situação real para o investimento, mas permite analisar/identificar as variáveis de maior impacto para a viabilidade da configuração e, assim, buscar subsídios/parcerias para tornar o projeto viável.

5.1.2 Configuração II

Para a configuração II prevê-se o processamento de toda a cama de aviário produzida no lote, que por sua vez é retirada ao final de cada lote. Nesse caso, desconsidera-se a necessidade de armazenar a cama de aviário por um determinado tempo, situação que acarretaria custos em sua armazenagem. Também para a configuração II não se considera o atendimento térmico do aviário, pois, nesse caso, os aquecedores a lenha (caldeiras convencionais a lenha) são utilizados para tal atendimento, de modo que esta segunda configuração possa atender somente uma parcela da demanda de energia elétrica do aviário. Sendo assim, na Tabela 22 apresentam-se os equipamentos e seus respectivos valores para essa configuração. Nesse caso, o investimento inicial totaliza R\$ 58.748,96.

Tabela 22 - Investimento da Configuração II

Equipamentos e Instalações	
Biodigestor (205,5 toneladas)	R\$ 29.648,71
Purificador de Biogás	R\$ 15.000,00
Reservatório 150 m ³ (3 m x 15 m x 1,2 m)	R\$ 3.700,25
Grupo Gerador 6,0 kVA Acionamento Automático	R\$ 10.000,00
Tubulações	R\$ 400,00

Com os equipamentos apresentados na Tabela 22, produz-se um volume de biogás que, no uso em motores a combustão, poderá disponibilizar uma quantidade de energia elétrica para o sistema elétrico do aviário conforme se apresenta na Tabela 23. Porém, o sistema de geração própria fornece para o aviário uma potência de 6,0 kVA, potência menor que a potência instalada no aviário (22,44 kW). Portanto, as instalações do aviário devem permanecer conectadas à rede de fornecimento de energia elétrica da concessionária.

Tabela 23 - Dados técnicos da configuração II

Dados Técnicos		
Geração de energia elétrica	4.592,46	kWh
Volume de biogás	3.070,17	m ³

Para essa configuração, utilizam-se como entradas no fluxo de caixa as variáveis apresentadas na Tabela 24. Associando a Tabela 24 com os valores apresentados na Tabela 12, calculam-se os valores monetários das entradas do fluxo de caixa apresentados na Tabela 25.

Tabela 24 - Receitas do Fluxo de Caixa para a Configuração II

Receitas		
Venda do Biofertilizante	174,68	ton/lote
Economia de Energia Elétrica	4.592,46	kWh/lote

Tabela 25 - Receitas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa.

PERÍODO		RECEITAS			RED. RECEITA	TOTAL
Anos	Meses	Economia de Energia Elétrica (R\$)	Economia de Lenha (R\$)	Venda do Biofertilizante (R\$)	Venda da Cama de Aviário (R\$)	RECEITAS (R\$)
1º ano	0	0	0	0	0	0,00
	1	445,47	0,00			445,47
	2	445,47		1489,98	1802,85	132,59
	3	445,47	0,00			445,47
	4	445,47		1489,98	1802,85	132,59
	5	445,47	0,00			445,47
	6	445,47		1489,98	1802,85	132,59
	7	445,47	0,00			445,47
	8	445,47		1489,98	1802,85	132,59
	9	445,47	0,00			445,47
	10	445,47		1489,98	1802,85	132,59
	11	445,47	0,00			445,47
12	445,47		1489,98	1802,85	132,59	

Nota-se na Tabela 25, que os lançamentos dos valores monetários ocorrem de forma semelhante aos da Tabela 17 apresentada anteriormente. Porém, em função de o biogás não estar sendo utilizado para o atendimento térmico do aviário, os valores monetários dessa coluna são zerados.

O fluxo de caixa também é composto de saídas/despesas, as quais são apresentadas na Tabela 26. Por outro lado, na Tabela 27 visualizam-se os custos de manutenção e de operação do sistema de forma detalhada.

Tabela 26 - Saídas/Despesas para a Configuração II

Custos	
Manutenção	R\$ 117,25
Operação	R\$ 221,00
Maravalha	R\$ 1.440,00
Depreciação Linear	R\$ 489,57

Tabela 27 - Custos de Manutenção e Operação Configuração II

CUSTOS LOTE			
Custo de Manutenção		Custo de Operação	
Biodigestor (205,5 toneladas)	R\$ 50,00	Retirada da Cama de Aviário	R\$ 102,00
Purificador de Biogás	R\$ 75,00	Mão de Obra Operação Sist.	R\$ 0,00
Reservatório de 150 m ³	R\$ 22,00	Alimentação do Biodigestor	R\$ 90,00
Gerador 6 kVA	R\$ 75,00	Retirada do Fertilizante	R\$ 250,00
Tubulações	R\$ 12,50		
Total dos Custos	R\$ 234,50	Total dos Custos	R\$ 442,00

Todos esses valores de custos de operação foram fornecidos pela empresa do estudo de caso. Na Tabela 28, exibe-se o fluxo de caixa para os custos mês a mês. Também se incorporam nos custos a depreciação das instalações, o IR e, em se tratando de o investimento inicial ser de terceiros, incorpora-se também o valor monetário descontado mensalmente da amortização do saldo devedor e os juros pagos pelo empréstimo no valor do investimento inicial.

Tabela 28 - Saídas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa

SAÍDAS/CUSTOS						
Período		Maravalha (R\$)	Custo de Manutenção (R\$)	Custo de Operação (R\$)	Depreciação Linear Econômica (R\$)	DESPESAS TOTAIS (R\$)
Anos	Meses					
1º ano	0	0	0	0	0	0,00
	1	200,00	117,25	221,00	489,57	1027,82
	2		117,74	221,93	489,57	829,25
	3	1440,00	118,24	222,87	489,57	2270,68
	4		118,74	223,81	489,57	832,12
	5	1440,00	119,24	224,75	489,57	2273,56
	6		119,74	225,70	489,57	835,01
	7	1440,00	120,25	226,65	489,57	2276,47
	8		120,75	227,60	489,57	837,93
	9	1440,00	121,26	228,56	489,57	2279,40
	10		121,77	229,53	489,57	840,87
	11	1440,00	122,29	230,49	489,57	2282,35
12		122,80	231,46	489,57	843,84	

Após conhecer os valores monetários das receitas e despesas, verificou-se para a configuração II um VPL negativo (-R\$ 173.762,25 com investimento próprio e -R\$ 166.642,74 com investimento de terceiro). Portanto, considera-se essa configuração inviável,

pois apresenta um fluxo de caixa líquido descapitalizado negativo. Dessa forma, não se aplica uma análise detalhada com o uso das ferramentas econômicas apresentadas na subseção 2.7.

Comprovando a inviabilidade dessa configuração, na subseção a seguir, cria-se um cenário favorável para verificar o quão distante encontra-se a viabilidade desse projeto. Também se cria esse cenário para que se possam conhecer as variáveis que precisam de atenção pelas organizações governamentais e privadas para que, de fato, o uso energético da cama de aviário se torne viável economicamente ou mais atrativo do ponto de vista econômico.

5.1.2.1 Cenário II

Para o cenário II busca-se viabilizar a configuração II. Nessa perspectiva, há a necessidade de se alterar o valor do kWh pago pela concessionária de energia elétrica e o valor de venda da tonelada do biofertilizante. Na Tabela 29 apresentam-se as alterações feitas nas variáveis de entrada nas quais se aplica um aumento gradativo de 10%. Essas alterações foram feitas individualmente, ou seja, alterou-se apenas uma variável de entrada por vez e manteve-se a outra com seu valor real.

Tabela 29 – Cenário II, Aumento Gradativo nas Variáveis de Entrada

Aumento Gradativo das Receitas		
% Aumento	Valor do kWh	Valor da ton. biofertilizante
0%	R\$ 0,19	R\$ 8,53
10%	R\$ 0,21	R\$ 9,38
20%	R\$ 0,23	R\$ 10,24
30%	R\$ 0,25	R\$ 11,09
40%	R\$ 0,27	R\$ 11,94
50%	R\$ 0,29	R\$ 12,80
60%	R\$ 0,31	R\$ 13,65
70%	R\$ 0,33	R\$ 14,50
80%	R\$ 0,35	R\$ 15,35
90%	R\$ 0,37	R\$ 16,21
100%	R\$ 0,39	R\$ 17,06
110%	R\$ 0,41	R\$ 17,91
120%	R\$ 0,43	R\$ 18,77
130%	R\$ 0,45	R\$ 19,62
140%	R\$ 0,47	R\$ 20,47
150%	R\$ 0,49	R\$ 21,33
160%	R\$ 0,50	R\$ 22,18
170%	R\$ 0,52	R\$ 23,03
180%	R\$ 0,54	R\$ 23,88
190%	R\$ 0,56	R\$ 24,74
200%	R\$ 0,58	R\$ 25,59
210%	R\$ 0,60	
220%	R\$ 0,62	
230%	R\$ 0,64	
240%	R\$ 0,66	
250%	R\$ 0,68	
260%	R\$ 0,70	
270%	R\$ 0,72	
280%	R\$ 0,74	
290%	R\$ 0,76	
300%	R\$ 0,78	

R\$/kWh

R\$/tonelada

Utilizando as alterações nas variáveis de entrada referentes ao valor do kWh, apresenta-se a seguir a Figura 39, que mostra que, para se obter um VPL positivo e, dessa maneira, viabilizar economicamente a configuração, é necessário aumentar em

aproximadamente 255% (investimento de terceiro) e 265% (investimento próprio) o valor do kWh.

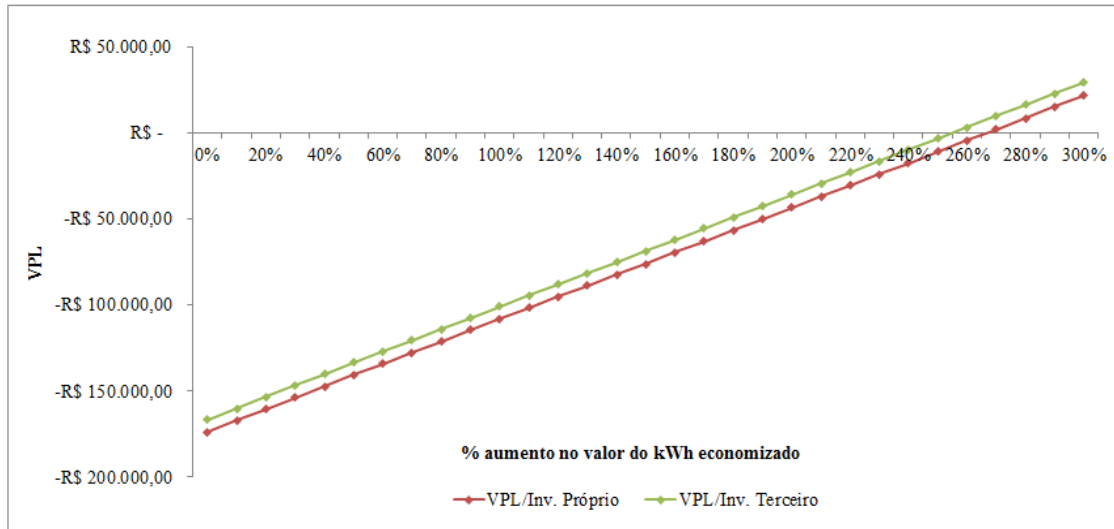


Figura 39 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor do kWh

Na segunda análise, mantém-se o valor do kWh em seu valor real e altera-se somente o valor da tonelada do biofertilizante. Efetuando-se essa modificação, observa-se, na Figura 40, a necessidade de aumentar em aproximadamente 170% na análise que considera investimento inicial de terceiro e 180% na análise de investimento inicial próprio para, só então, a configuração tornar-se viável.

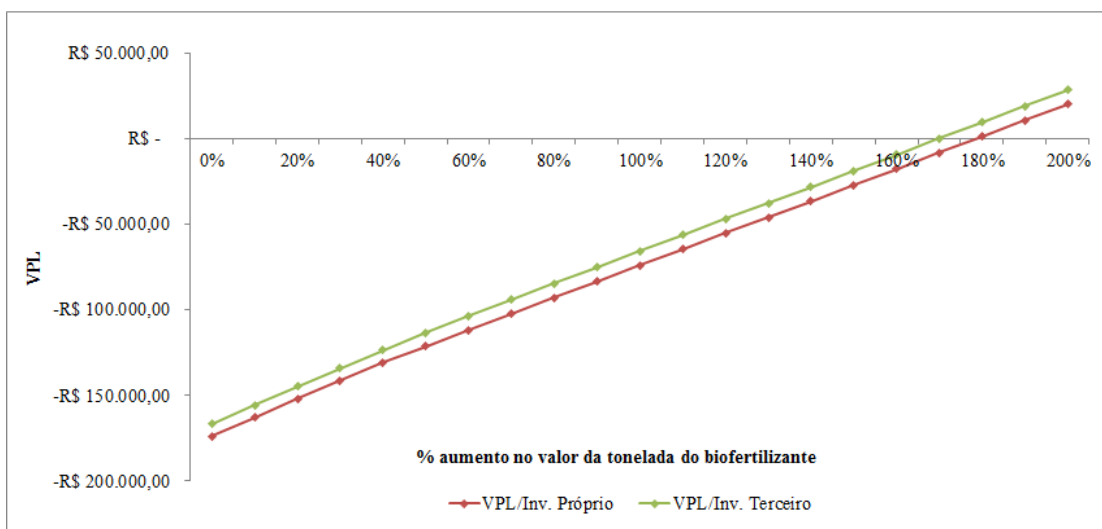


Figura 40 - Valores dos VPLs com Aumento Gradativo do Valor da Tonelada do Biofertilizante

5.1.3 Configuração III

A terceira configuração prevê a utilização do biodigestor de 63,02 toneladas com reservatório de 150 m³ para o biogás. Nesse caso, utiliza-se o biogás gerado apenas para o atendimento térmico do aviário através dos aquecedores infravermelhos. Para essa configuração analisada, apresentam-se, na Tabela 30 os valores dos equipamentos necessários para o aproveitamento energético da cama de aviário e constata-se que o valor totaliza R\$ 43.617,03.

Tabela 30 - Investimento para a Configuração III

Equipamentos e Instalações	
Biodigestor (63,02 toneladas)	R\$ 22.516,78
Purificador de Biogás	R\$ 15.000,00
Reservatório 150 m ³ (3 m x 15 m x 1,2 m)	R\$ 3.700,25
Tubulações	R\$ 400,00
Aq. Infravermelho	R\$ 2.000,00

Conhecendo o investimento inicial da configuração, apresentam-se, na sequência, as receitas e as despesas previstas. Como receitas, considera-se a economia de lenha e a venda de biofertilizante e percebe-se que a economia de lenha representa 79% das receitas do fluxo de caixa, conforme se visualiza na Figura 41.

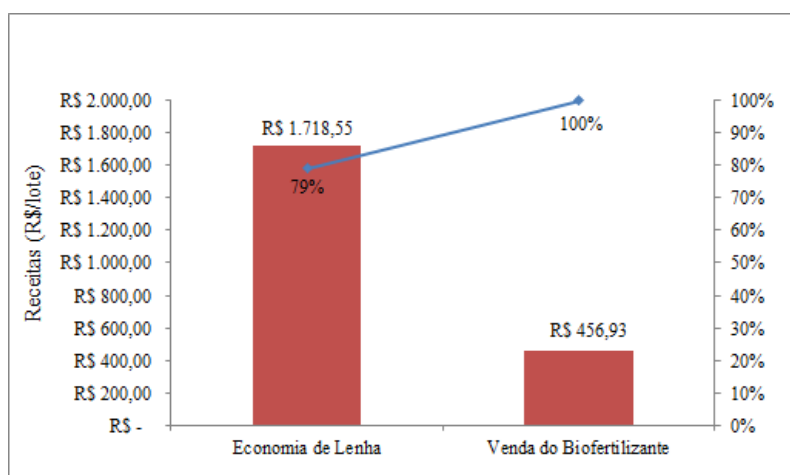


Figura 41 - Receitas do Fluxo de Caixa da configuração III

Com os equipamentos apresentados na Tabela 30, produz-se um volume de biogás que, no uso em aquecedores infravermelhos, disponibiliza uma quantidade de energia térmica necessária para o atendimento térmico do aviário, conforme se visualiza na Tabela 31.

Tabela 31 - Dados técnicos da configuração III

Dados Técnicos	
Volume de biogás	941,52 m ³
Geração de energia térmica	25,53 GJ

Na terceira configuração, utilizam-se como entradas no fluxo de caixa as variáveis apresentadas na Tabela 31. Associando a Tabela 32 com os valores apresentados na Tabela 12, calculam-se os valores monetários das entradas do fluxo de caixa apresentados na Tabela 33.

Tabela 32 - Variáveis do Fluxo de Caixa para a Configuração III

Receitas		
Economia de Lenha	38,19	m ³ /lenha/lote
Venda do Biofertilizante	53,57	ton/lote

Tabela 33 - Receitas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa

PERÍODO		RECEITAS			RED. RECEITA	TOTAL
Anos	Meses	Economia de Energia Elétrica (R\$)	Economia de Lenha (R\$)	Venda do Biofertilizante (R\$)	Venda da Cama de Aviário (R\$)	RECEITAS (R\$)
1º ano	0	0	0	0	0	0,00
	1	0,00	1718,55			1718,55
	2	0,00		456,95	552,70	-95,75
	3	0,00	1718,55			1718,55
	4	0,00		456,95	552,70	-95,75
	5	0,00	1718,55			1718,55
	6	0,00		456,95	552,70	-95,75
	7	0,00	1718,55			1718,55
	8	0,00		456,95	552,70	-95,75
	9	0,00	1718,55			1718,55
	10	0,00		456,95	552,70	-95,75
	11	0,00	1718,55			1718,55
12	0,00		456,95	552,70	-95,75	

Nesta Tabela 33, lançam-se os valores monetários das receitas (economia de lenha e venda de biofertilizante). Mas, como o fluxo de caixa é também composto de saídas/despesas, elas são apresentadas nas Tabelas 34 e 35.

Tabela 34 - Saídas/Despesas para a Configuração III

Custos	
Manutenção	R\$ 89,75
Operação	R\$ 67,92
Maravalha	R\$ 480,00
Depreciação Linear	R\$ 363,48

Tabela 35 - Custos de Manutenção e Operação Configuração III

CUSTOS LOTE			
Custo de Manutenção		Custo de Operação	
Biodigestor (63,02 toneladas)	R\$ 50,00	Retirada da Cama de Aviário	R\$ 31,35
Purificador de Biogás	R\$ 75,00	Mão de Obra Operação Sist.	R\$ 0,00
Reservatório de 150 m ³	R\$ 22,00	Alimentação do Biodigestor	R\$ 27,66
Gerador 6 kVA	R\$ 0,00	Retirada do Fertilizante	R\$ 76,83
Tubulações	R\$ 12,50		
Q. Infravermelho	R\$ 20,00		
Total dos Custos	R\$ 179,50	Total dos Custos	R\$ 135,84

Os valores de custos de operação foram fornecidos pela empresa do estudo de caso. Na Tabela 36, exibe-se o fluxo de caixa para os custos mês a mês.

Tabela 36 - Saídas com Lançamento Mensal no Fluxo de Caixa

SAÍDAS/CUSTOS				
Maravalha (R\$)	Custo de Manutenção (R\$)	Custo de Operação (R\$)	Depreciação Linear Econômica (R\$)	DESPESAS TOTAIS (R\$)
0	0	0	0	0,00
200,00	89,75	67,92	363,48	721,15
	90,13	68,21	363,48	521,81
480,00	90,51	68,49	363,48	1002,48
	90,89	68,78	363,48	523,15
480,00	91,27	69,07	363,48	1003,82
	91,66	69,36	363,48	524,50
480,00	92,04	69,66	363,48	1005,17
	92,43	69,95	363,48	525,86
480,00	92,82	70,24	363,48	1006,54
	93,21	70,54	363,48	527,23
480,00	93,61	70,84	363,48	1007,92
	94,00	71,14	363,48	528,61

Após conhecer os valores monetários das receitas e despesas, verificou-se, para a configuração III, um VPL positivo para os investimentos iniciais utilizando recursos próprios. Na Tabela 37 apresentam-se os multi-indicadores de retorno e de risco para o capital próprio. Observa-se nos indicadores de retorno, um VPL de R\$ 8.360,25 e um Índice de lucratividade (IBC) de 1,0739. Observa-se também nos indicadores de risco que, o tempo de retorno do investimento é de 145 meses com uma taxa interna de retorno (TIR) de 0,83% ao mês. A partir desse período, o investimento começa a trazer lucros para o investidor.

Tabela 37 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento Próprio

Análise Econômica Considerando Recurso Próprio e IR			
Indicadores de Retorno		Indicadores de Risco	
VP	R\$ 51.977,28	<i>Payback</i>	145
VPL	R\$ 8.360,25	TIR	0,83%
VPLA	R\$ 76,32	TMA/TIR	73,22%
IBC	1,0739	Payback/N	80,56%
ROIA	0,04%		

Sabendo-se que o investimento inicial é viável economicamente na utilização de recursos próprios, na Figura 42 apresenta-se uma análise de sensibilidade que mostra os

possíveis riscos ao se investir na configuração III utilizando investimento próprio. Tal risco de investimento está representado pela diferença entre a TMA e a TIR, ou seja, quanto maior o valor da TIR (0,83%) em relação à TMA (0,60%), menores são os riscos que o investimento apresenta.

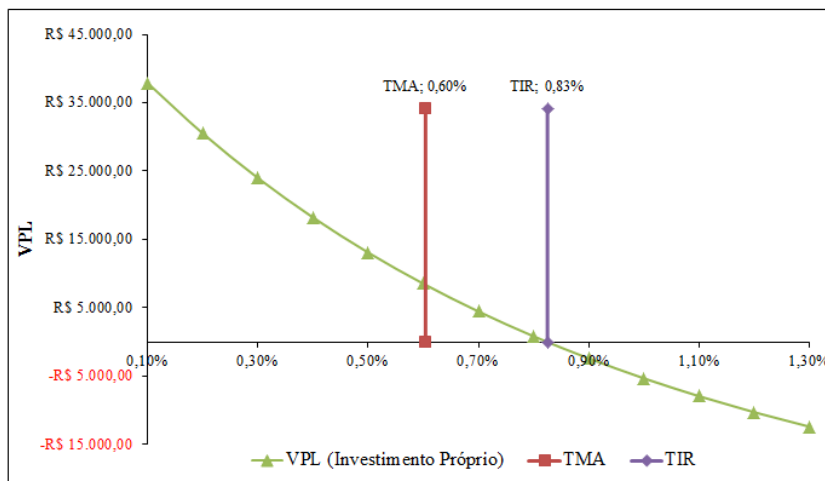


Figura 42 - Análise de Sensibilidade da Configuração III com Investimento Próprio

Porém, ao se analisar a configuração III considerando os investimentos iniciais de terceiros, alteram-se as variáveis de custos do fluxo de caixa. Nesse caso, acrescenta-se o valor monetário descontado mensalmente da amortização do saldo devedor e os juros pagos pelo empréstimo no valor do investimento inicial. Neste caso, considerou como custo inicial o montante de R\$ 1.500,00 que representam os encargos administrativos na contratação dos investimentos de terceiros. Neste caso, na Tabela 38 apresentam-se os resultados através dos multi-indicadores de riscos e retorno da análise ao considerar recursos de terceiros.

Tabela 38 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento de Terceiros

Análise Econômica Considerando Recurso de Terceiros			
Indicadores de Retorno		Indicadores de Risco	
VP	R\$ 10.546,58	Payback	143
VPL	R\$ 9.046,58	TIR	1,08%
VPLA	R\$ 82,58	TMA/TIR	55,80%
IBC	1,484	Payback/N	79,44%
ROIA	0,22%		

Observa-se, na Tabela 38, que o VPL atinge os R\$ 9.046,58, e que no mês 143 o investimento apresenta um fluxo de caixa positivo, ou seja, começa a render lucros ao investidor.

Ao se comparar os resultados obtidos na análise e apresentados nas Tabelas 37 (investimentos iniciais do próprio investidor) e 38 (investimentos iniciais de terceiros), observa-se que para essa configuração o uso de recursos de terceiros torna-se mais atrativo economicamente, pois o VPL e a TIR apresentaram-se maiores, representando maiores lucros para o investidor. Também o tempo de retorno do investimento é menor ao se considerar o investimento de terceiros, pois o valor inicial do investimento é distribuído em parcelas ao longo do horizonte de análise da configuração.

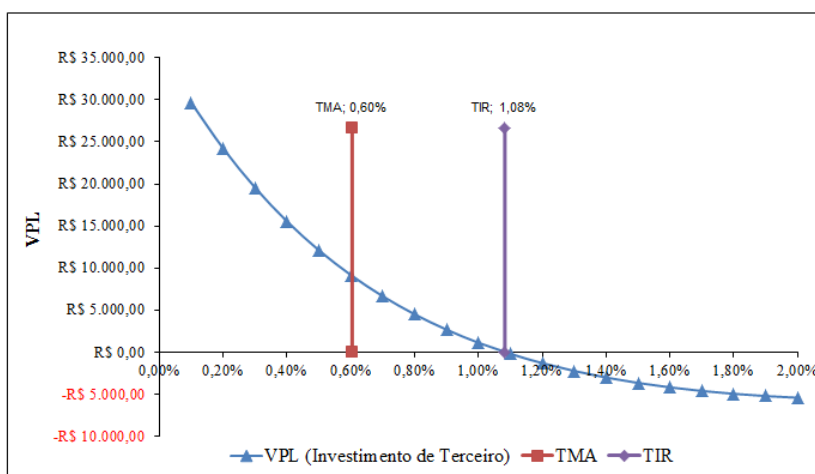


Figura 43 - Análise de Sensibilidade da Configuração III com Investimento de Terceiros

Na Figura 43, apresenta-se uma análise de sensibilidade a qual mostra os riscos ao investir na configuração III utilizando investimento de terceiros. Nessa Figura 43, observa-se que os riscos do investimento são menores ao se comparar com os dados da análise em que se utiliza investimento próprio. Isso ocorre porque a TIR (1,08%) obtida na análise com investimento de terceiros é maior que a TIR (0,83%) encontrada na análise com investimento próprio.

5.1.4 Configuração IV

Para complementar a análise, utiliza-se o processo de queima direta para a combustão da cama de aviário em fornalha de aquecedores a biomassa para o atendimento térmico do aviário.

Para a configuração IV, como investimento inicial considera-se apenas um depósito para armazenar a cama de aviário (valor orçado em R\$ 12.045,00 conforme anexo G), pois todos os aviários são instalados com aquecedores a biomassa. Nesse caso, como receita, considera-se apenas a economia de lenha.

Para essa quarta configuração, utiliza-se como entrada no fluxo de caixa a variável apresentada na Tabela 39. Associando-se a Tabela 39 com os valores apresentados na Tabela 12, calculam-se os valores monetários das entradas do fluxo de caixa apresentados na Tabela 40.

Tabela 39 - Variável do Fluxo de Caixa para a Configuração IV

Receitas		
Economia de Lenha	38,19	m ³ /lenha/lote

Tabela 40 - Receitas Mensais para o Fluxo de Caixa

PERÍODO		RECEITAS	RED. RECEITA	TOTAL
Anos	Meses	Economia de Lenha (R\$)	Venda da Cama de Aviário (R\$)	RECEITAS (R\$)
1º ano	0	0	0	0,00
	1	1718,55	0	1718,55
	2	0	1309,81	-1309,81
	3	1718,55	0	1718,55
	4	0	1309,81	-1309,81
	5	1718,55	0	1718,55
	6	0	1309,81	-1309,81
	7	1718,55	0	1718,55
	8	0	1309,81	-1309,81
	9	1718,55	0	1718,55
	10	0	1309,81	-1309,81
	11	1718,55	0	1718,55
12	0	1309,81	-1309,81	

Na Tabela 40, lançam-se os valores monetários da receita (economia de lenha). Também o fluxo de caixa tem como custo apenas a depreciação contábil, conforme se visualiza na Tabela 41. Em se tratando do investimento inicial a partir de terceiros, considera-se também como despesas os juros pagos pelo empréstimo e as parcelas da amortização.

Tabela 41 - Saída Mensal para o Fluxo de Caixa

SAÍDAS			
Período		Depreciação Linear contábil (R\$)	DESPESAS TOTAIS (R\$)
Anos	Meses		
1º ano	0	0	0,00
	1	100,38	100,38
	2	100,38	100,38
	3	100,38	100,38
	4	100,38	100,38
	5	100,38	100,38
	6	100,38	100,38
	7	100,38	100,38
	8	100,38	100,38
	9	100,38	100,38
	10	100,38	100,38
	11	100,38	100,38
12	100,38	100,38	

Após conhecer os valores monetários das receitas e despesas, apresentam-se na Tabela 42 os indicadores de risco e os de retorno para a configuração IV. Esses indicadores são obtidos considerando investimento inicial próprio e nos indicadores de retorno observa-se um VPL de R\$ 487,72, um índice de lucratividade (IBC) de 1,015 e um ROIA de 0,009%.

Observa-se também nos indicadores de retorno que o tempo de retorno do investimento é de 171 meses, época em que o investimento começa a render lucros para o investidor com uma taxa interna de retorno (TIR) de 0,66%.

Tabela 42 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento Próprio

Análise Econômica Considerando Recurso Próprio e IR			
Indicadores de Retorno		Indicadores de Risco	
VP	R\$ 12.532,72	<i>Payback</i>	171
VPL	R\$ 487,72	TIR	0,66%
VPLA	R\$ 4,45	TMA/TIR	91,89%
IBC	1,0159	Payback/N	95,00%
ROIA	0,009%		

Sabendo-se que o investimento inicial é viável economicamente na utilização de recursos próprios, na Figura 44 apresenta-se uma análise de sensibilidade a qual mostra os

riscos ao investir na configuração IV. O risco de investimento está representado no intervalo entre o valor da TMA e da TIR, pois quanto menor o valor da TIR ou mais próximo da TMA, maiores são os riscos que se apresentam.

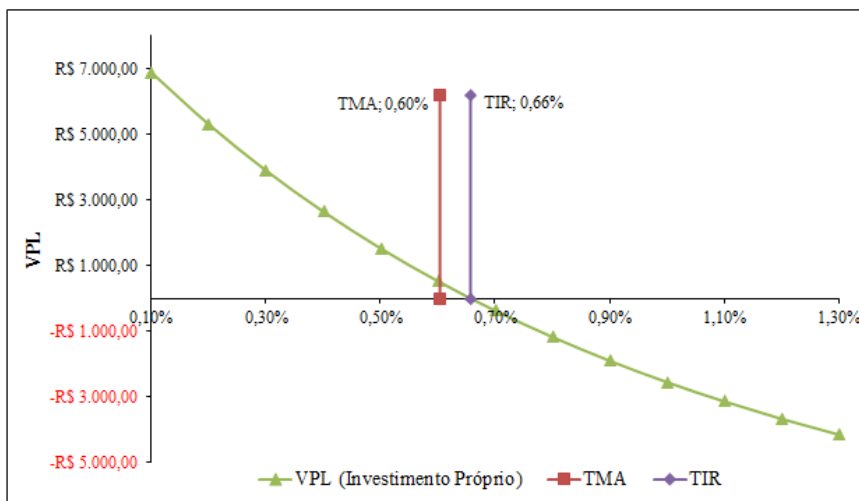


Figura 44 - Análise de sensibilidade da Configuração IV Recursos Próprios

Ao analisar a configuração IV utilizando os investimentos iniciais de terceiros, alteram-se as variáveis de custos do fluxo de caixa. Nesse caso, acrescenta-se o valor monetário descontado mensalmente da amortização do saldo devedor e os juros pagos pelo empréstimo no valor do investimento inicial. Porém, considerou-se um investimento inicial arbitrado de R\$ 1.500,00 representado pelo custo com encargos administrativos na contratação dos investimentos de terceiros. Nessa situação, na Tabela 43 apresentam-se os resultados através dos multi-indicadores de riscos e retorno da análise.

Tabela 43 - Indicadores Econômicos da Análise Utilizando Investimento de Terceiros

Análise Econômica Considerando Recurso de Terceiro e IR			
Indicadores de Retorno		Indicadores de Risco	
VP	R\$ 2.192,56	Payback	167
VPL	R\$ 692,56	TIR	1,04%
VPLA	R\$ 6,32	TMA/TIR	58,22%
IBC	1,023	Payback/N	92,78%
ROIA	0,012%		

Observa-se que o VPL atinge os R\$ 692,56, também observa-se um *payback* de 167 meses, TIR de 1,04%, IBC de 1,023 e ROIA de 0,012%.

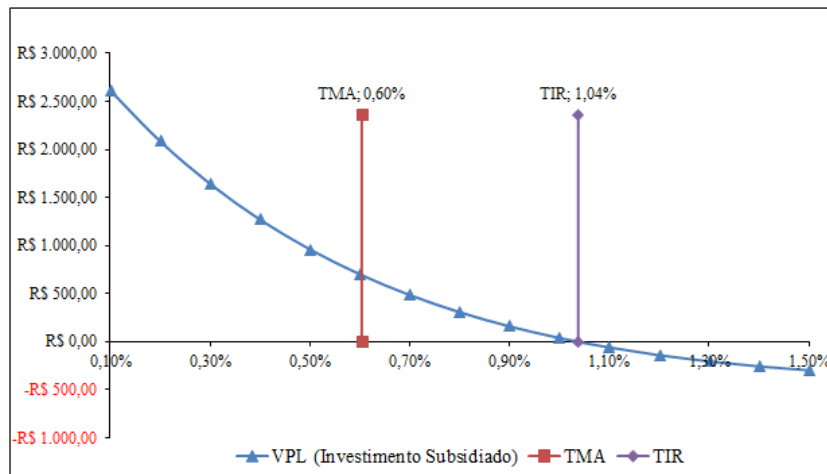


Figura 45 - Análise de Sensibilidade da Configuração IV Recursos de Terceiros

Sabendo-se que essa configuração é viável economicamente com a utilização de recursos de terceiros, a Figura 45 apresenta uma análise de sensibilidade a qual mostra que, na configuração IV, os riscos do investimento ao considerar investimento de terceiros é menor, pois quanto maior o valor da TIR em relação à TMA, menores são os riscos do investimento.

Ao se comparar os resultados obtidos na análise e apresentados nas Tabelas 42 (investimentos iniciais do próprio investidor) e 43 (investimentos iniciais de terceiros), observa-se que, para essa configuração, o uso de recursos de terceiros torna-se mais atrativo economicamente, pois os indicadores de risco e retorno são melhores, representando maiores lucros para o investidor. Também o tempo de retorno do investimento com recursos de terceiros é menor, pois o valor inicial do investimento é distribuído em parcelas ao longo do horizonte de análise da configuração.

6 CONCLUSÃO

Este estudo pode ser considerado como uma investigação sobre o potencial técnico e econômico do aproveitamento energético da cama de aviário da avicultura de corte através dos processos de biodigestão anaeróbica e queima direta. Os resultados obtidos na pesquisa permitiram obter um entendimento sobre as vantagens, desvantagens e barreiras técnicas e econômicas enfrentadas pelos avicultores que pretendem aproveitar energeticamente a cama de aviário.

Os resultados técnicos expostos na seção 4 apresentam a influência do perfil de consumo dos aviários em relação ao tipo de energia gerada e os períodos de suprimento. Conforme se visualizou no estudo de caso, os aviários apresentam demandas térmicas e elétricas variáveis durante o dia e durante o período de alojamento e tais variações contribuem significativamente na definição do aproveitamento energético da cama de aviário, pois são várias as possibilidades de aproveitamento térmico e elétrico desse material.

Essas alternativas de aproveitamento energético da cama de aviário implicam os custos de implantação dos sistemas, pois dependem diretamente do dimensionamento de equipamentos e instalações. Alguns estudos analisados que contemplam o aproveitamento energético da cama de aviário (por exemplo: Ferrarez (2009) e Santos (2001)), não apresentam um dimensionamento aprofundado o suficiente para que o projeto seja totalmente aplicável. Nesse caso, os custos apresentados são diferentes dos custos reais da aplicação do projeto.

Pelos dados coletados na empresa Frango Seva LTDA e através da experiência de trabalho no setor avícola, conseguiu-se fazer um estudo técnico prevendo-se desde a retirada da cama de aviário do galpão até a utilização da energia gerada. Na sequência, dimensionaram-se os sistemas aplicáveis tecnicamente, porém, em função de o dimensionamento ser mais detalhado, duas das quatro análises econômicas (configurações), discutidas, apresentaram-se inviáveis, pois aumentaram os custos de implantação dos sistemas, os custos de manutenção e de operação, bem como aumentaram a complexidade na operação e na manutenção. Na aplicação de um projeto com um dimensionamento deficiente dos sistemas, pode-se tornar o investimento mal sucedido, acarretando grandes prejuízos financeiros para os investidores.

Na seção 5 apresentou-se uma análise econômica de quatro configurações e nessa análise cada configuração apresenta uma forma diferente de aproveitamento energético da cama de aviário. Essas configurações seguem critérios técnicos apresentados na seção 4. Nas análises econômicas das configurações, buscou-se utilizar as ferramentas econômicas que fornecem multi-indicadores para a análise dos resultados.

Os resultados expostos nas subseções 5.1.1 e 5.1.2 (configurações I e II) mostram a inviabilidade dos sistemas devido ao fato de as receitas serem menores que as despesas quando concentradas na data de implantação do projeto. Esse valor menor das receitas em comparação com as despesas é ocasionada porque a cama de aviário deixa de ser comercializada (venda para ser utilizada em lavouras como fertilizante) para ser utilizada no biodigestor. A inclusão do IR, uma tributação considerada na análise nos períodos em que o fluxo de caixa é positivo, contribui para a inviabilidade das configurações, mas é necessária para uma análise adequada dos dados, Identificando a inviabilidade dessas duas configurações, criaram-se cenários nos quais se manipulou positivamente algumas variáveis de entrada (valor de venda do kWh, valor de venda da tonelada do biofertilizante e valor de compra do m³ da lenha). Com a análise desses resultados, percebe-se que o aumento da tonelada do biofertilizante favorece as duas configurações inviáveis. Ou seja, para a configuração I, há a necessidade de um aumento superior a 60% para o preço da tonelada de biofertilizante para que a configuração se torne viável. Com um aumento de 60%, a tonelada de biofertilizante deve ser comercializada inicialmente com valores maiores que R\$ 13,65.

Na configuração II, percebe-se que o aumento da tonelada do biofertilizante precisa ser maior em comparação com o da configuração I, pois os investimentos iniciais são maiores. Nesse caso, o valor de venda da tonelada do biofertilizante precisa aumentar 180% em relação ao valor inicial utilizado, ou seja, passar de R\$ 8,53 para R\$ 23,88.

Apresentam-se também, a terceira e quarta configurações como viáveis economicamente. Isso ocorreu devido à diminuição dos investimentos iniciais e, principalmente, pela redução da quantidade de cama de aviário a ser utilizada energeticamente. Nesse caso, continua-se comercializando a cama de aviário para o uso em lavouras.

Tendo em vista os resultados obtidos na análise econômica, observou-se que, dependendo do tipo de aproveitamento energético da cama de aviário (geração de energia elétrica ou térmica) os sistemas apresentam-se economicamente inviáveis. Isso ocorre porque

atualmente há uma aplicação lucrativa da cama de aviário, a comercialização como fertilizante orgânico para a aplicação em lavouras.

Conclui-se com as análises feitas no trabalho que:

1. Atualmente a cama de aviário não está sendo utilizada para a geração de energia devido à falta de uma análise mais aplicável, uma análise que contemple um dimensionamento detalhado dos sistemas, pois, como vimos anteriormente, o dimensionamento dos sistemas contribui para a sua viabilidade econômica, pois as dimensões dos equipamentos definem o seu valor.
2. Atualmente a cama de aviário tem um valor monetário agregado, ou seja, os avicultores praticam a venda dela a agricultores ou até mesmo a utilizam nas próprias lavouras para economizarem na compra de adubos químicos. Além disso, ao se considerar os valores de venda da cama de aviário como despesas, os sistemas podem se tornar inviáveis.

Os resultados encontrados permitem visualizar outros desdobramentos da pesquisa que são expostos a seguir como sugestões para melhorar a análise técnica e econômica e dar continuidade ao trabalho:

- Investigar os impactos positivos e negativos na análise técnica e econômica das taxações de crédito de carbono;
- Investigar a possibilidade de integrar as configurações simuladas neste trabalho com outros sistemas energéticos já pesquisados por Nascimento (2011), que trata da viabilidade econômica de geração de energia elétrica eólico-fotovoltaico na avicultura de corte;
- Replicar esta análise considerando um projeto de maiores proporções para o aproveitamento da cama de aviário. Nesse caso, pode-se utilizar a cama de aviário de uma rede de avicultores para criar um sistema de macro geração térmico ou elétrico;
- Investigar, em uma análise física e química, as influências do armazenamento da cama de aviário com relação ao seu poder calorífico;
- Investigar a possibilidade de gerar energia térmica a partir da energia solar para ser utilizada em paralelo com os sistemas convencionais de aquecimento dos aviários.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE. R.; MARCHETTI. L. K.; FAGUNDES. A. C. A.; BITTENCOURT. L. C.; NETO. M. A. T.; LIMA. F. R. **Efeito de Diferentes Densidades Populacionais e do Sexo Sobre o Desempenho e Uniformidade em Frangos de Corte.** Vet. Res. Anim. Sci. São Paulo, v. 43, n.5, p.581-587, 2006.

ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 2011. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>, acesso em 14/02/2012.

ANP - **Agência Nacional de Petróleo.** Disponível em <http://www.anp.gov.br/>, acesso em 17/09/2012.

ARAÚJO. J. D. S.; OLIVEIRA. V.; BRAGA. G. C. **Desempenho de Frangos de Corte Criados em Diferentes Tipos de Cama e Taxa de Lotação.** Ciência Animal Brasileira, v.8, n.1, p.59-64, 2007.

AVEWORLD: **Portal da Avicultura Brasileira.** Disponível em: <http://aveworld.com.br/relatorios/post/usda-brazil-poultry-and-products-semi-annual-report-2011>, acesso em 29/06/2011.

AviSite: **Portal da avicultura brasileira na Internet.** Disponível em: <http://www.avisite.com.br/economia/estatistica.asp?acao=producaopintos>, acesso em 10/10/2011.

BUENO, L.; ROSSI, L. A. **Comparação entre tecnologia de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.10, nº.2, p. 497-504, Campina Grande abril/junho – 2006.

CARDOSO, A. de L, **Pirólise Lenta de Serragem de Eucalipto para Produção de Bio-óleo e Carvão.** Dissertação de mestrado em Química, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

CATELAN, F. **Sistema de Aquecimento Automático na Produção de Frangos de Corte.** 2007, Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2007.

COBB, **Manual de manejo de frango de corte.** Guapiaçu – SP, Brasil 2009.

CONTE, A. J. **Efeitos da densidade de criação na fase inicial, da transferência de alojamento aos 21 dias de idade e do tipo de cama no desempenho de frangos de corte.** 1997. 82 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia, **Manual de Acesso de Geração Distribuída ao Sistema da Copel NTC 905100**, Curitiba, 2010.

COSTA, D. F. **Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás do Tratamento de Esgoto.** 2006 Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2006.

COSTA, L. V. C. **Biodigestão Anaeróbica da Cama de Frango Associada ou não ao Biofertilizante Obtido com Dejetos de Suínos: Produção de Biogás e Qualidade do Biofertilizante.** 2009, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - UNESP, Jaboticabal - SP, 2009.

DIAS, M. V. X; BOROTNI, E. C.; HADDAD, J. **Geração distribuída no Brasil: oportunidade e barreiras.** Artigo apresentado à Revista Brasileira de Energia Vol. 11 nº 2, 2005.

DUTRA, R. M.; TOLMASQUIM, M. T. **Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico.** Revista Brasileira de Energia. Vol. 9, nº1, 2002.

FERRAREZ, A. H. **Análise da Viabilidade do Uso de Biogás Como Fonte Energética na Cadeia Produtiva de Frango de Corte na Zona da Mata de Minas Gerais.** 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2009.

FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. **Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha.** 2008, publicação na Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFCG – Universidade Federal de campina Grande, Paraíba, 2008.

HJI, M.; **Administração Financeira e Orçamentária.** (Matemática Financeira, Estratégias Financeiras, Orçamentos Empresarial). 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

JUNIOR, A. G. M.; FAGÁ, M. T. W. **O uso de motores de combustão interna a gás natural em substituição aos motores elétricos nas instalações de centrais de bombeamento de água.** CONEM - V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Salvador – Bahia, 2008.

KREUZ, C. L.; SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Custos de Produção, Expectativas de Retorno e de Riscos do Agronegócio Mel no Planalto Norte de Santa Catarina.** 2008, revista Custo e Agronegócio on line – v.4, n.1 – janeiro/abril – 2008.

KYOUNG. R. S.; CANTRELL. K. B.; PATRICK. H. G. **High-Temperature Pyrolysis of Blended Animal Manures for Producing Renewable Energy and Value-Added Biochar.** American Chemical Society, 2010.

LING, S.; GUOWEI, R.; ZHAOBO, H.; RUKUN, Z. **Refitting Design of Miniature Biogas Generating System,** Faculty of Engineering and Technology IEEE, China, 2011.

MAGALHÃES, E. A.; SOUZA, S. N. M.; AFONSO, A. D. L.; RICIERI, R. P **Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO₂ Contido no Biogás,** Acta Scientiarum Technology, v. 26, no. 1, p. 11-19 Maringá, 2004.

MAGALHÃES, E. A.; SOUZA, S. N. M.; AFONSO, A. D. L.; RICIERI, R. P. **Desenvolvimento e Avaliação de um Sistema de Purificação de Biogás: Influência da Pressão e Razão Líquido/Gás na Absorção de CO₂**, Engenharia na Agricultura vol. 14, n. 4, 226-237, Viçosa, MG, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, **Matriz Energética Nacional 2030**, Brasil, 2007.

MRINALINI, D.; NRIPEN D. **Biomass: A Sustainable Source of Energy**, Assam Engineering Institute IEEE, India, 2009.

NASCIMENTO, L. A. B. **Análise Energética na Avicultura de Corte: Estudo de Viabilidade Econômica para um Sistema de Geração de Energia Elétrica Eólico-fotovoltaico Conectado a Rede**. 2011, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Brasil, 2011.

NASCIMENTO, G. R.; PEREIRA, D. F.; NAAS, I. A.; RODRIGUES, L. H. A. **Índice Fuzzy de Conforto Térmico para Frangos de Corte**. Eng. Agrícola, vol. 31 n.2, p219-229, Jaboticabal, 2011.

NEITZKE, G. **Geração Elétrica Distribuída a Partir da Gaseificação de Peletes de Cama de Aviário**. 2010, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Brasília, Brasil 2010.

PAGANINI, F. J. **Manejo da Cama. Produção de Frangos de Corte**. Facta, 1º ed. Pp.107-116, 2004.

PERES, S. **Gás do Bagaço de Cana: um Combustível Substituto do gás Natural**. XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Recife – PE, 1999.

PLANO AGRÍCOLA E PECUÁRIO 2012/2013, Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Política agrícola, Brasília - DF, 2012.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos**. Revista Biomassa & Energia, v.1, n.2, p. 173-182, 2004.

RASOTO, A.; GNOATTO, A. A.; OLIVEIRA, A. G.; ROSA, C. F.; ISHKAWA, G.; CARVALHO, H. A.; LIMA, I. A.; LIMA, J. D.; TRENTIN, M. G.; RASOTO, V. I. **Gestão Financeira: enfoque em Inovação**. Curitiba- PR, Série UTFinova, 2012.

RECEITA FEDERAL - **Alíquotas do Imposto de Renda de Pessoas Jurídicas Tributadas pelo Lucro Real, Presumido ou Arbitrado**. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/aliquotas/contribpj.htm>, acesso em 17/09/2012.

RECEITA FEDERAL - **Instrução Normativa SRF nº162, de 31 de dezembro de 1998**. Tabela de depreciação de Bens e Instalações, disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/ins/ant2001/1998/in16298.htm>, acesso em 15/09/2012.

RICHARD, A. K. **Global Warming Is Changing the World**. 2007, publicação: SCIENCE AAAS, Vlo 316, 2007.

RO, K. S.; CANTRELL, K.; ELLIOTT, D.; HUNT, P.G. **Catalytic Wet Gasification of Municipal and Animal Wastes**, American Chemical Society, 2007.

ROCHA, J. D.; PÉREZ, J. M. M.; CORTEZ, L. A. B. **Aspectos Teóricos e Práticos do Processo de Pirólise de Biomassa**. UNIFEI, Itajubá, 2004.

RUTZ, F.; BERMUDEZ, V. L. **Fundamentos de um Programa de Luz para Frangos de Corte**. In: MENDES A. A.; NAAS, I. A.; MACARI, M. **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: FACTA, p.157-168, 2004.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-Econômica e ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**. 2007, Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SANDRINI, J. C. **Sistema de amortização de Empréstimos e a Capitalização de Juros: Análise dos Impactos Financeiros e Patrimoniais**. 2007, Dissertação (Mestrado em Contabilidade) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SANTOS, T. M. B. **Balanco Energético e Adequação do Uso de Biodigestores em Galpões de Frangos de Corte**. 2001, Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2001.

SILVA, W. R. **Estudo Cinético do Processo de Digestão Anaeróbica de Resíduos Sólidos Vegetais**. 2009, Tese (Doutorado em Química Analítica) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil 2009.

SIMEPAR – **Tecnologia e Informações Ambientais**. Disponível em: <http://www.simepar.br/>, 17/09/2012.

SORDI, A.; SOUZA, S. N. M.; OLIVEIRA, F. H. **Biomassa gerada a partir da produção avícola na região Oeste do Estado do Paraná: uma fonte de Energia**. Acta Sci Technol, Maringá, Brasil, v.27, n.2, p. 183-190, 2005.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Matemática Financeira: Fundamentos, Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Atlas, 2000.

TESSARO, A. A. **Potencial Energético da Cama de Aviário Produzida na Região Sudoeste do Paraná Utilizada como Substrato para a Produção de Biogás**. 2011, Dissertação (Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia - PRODETEC), Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) e o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), Curitiba, 2011.

TINÔCO, I. **Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros**. Revista Brasileira de Ciência Avícola, vol. 3. no. 1, ISSN 1516-635x, Campinas-SP, 2001.

UBABEF - Brazilian Poultry Association, **Annual Report 2010/2011**, Brazil, 2011. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/economia/estatistica.asp?acao=producao pintos>, acesso em 10/10/2011.


USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, **Livestock, Dairy, and Poultry Outlook**, 2011.

VUKOBRATOVIC, M.; SLJIVAC, D.; NIKOLOVSKI, S. **Energy Potential and so Far Course of Action of Using Biomass and Biogas in Croatia**, Faculty of Electrical Engineering in Osijek, Croácia, 20° International Conference on Electricity Distribution 2009.

YOU, Z.; YOU, S.; LI, X.; HAO, C. **Biogas Power Plants Waste Heat Utilization Researches**, School of Environment Science and Technology, Tianjin University, and College of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, China, IEEE 2009.

ANEXOS

ANEXO A – Orçamento do biodigestor de 205 toneladas

	orçamento <i>Express</i>	30 ANOS	RECOLAST IMPER. LTDA. Av. Gaivota Preta, 201 CEP: 07124-700 - Guarulhos - SP. Fone/fax: (11) 3437 7450 www.recolast.com.br		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ UTFPR VIA DO CONHECIMENTO PATO BRANCO - PR E-mail: vitorbaldin@hotmail.com	A/C: VITOR BALDIN Fone: ☎ +55 (46) 88057244 r. Fax: +55 () r.	Número: 26799 Obra: BIODIGESTOR PARA FRANGOS 3850			
	DESCRIÇÃO	QUANT	UN	PREÇO UN	TOTAL
—	BIOD.TUB.(4 X 12) 156m3 (PVC 1mm extrut.)	1	PC	7.376,60	7.376,60
—	Instalação (diária)	3	DI	750,00	2.250,00
	MANTA GEOTEXTIL	176,4	m2	3,85	679,14
	LAGOA AERÓBICA (PVC 0,80mm)	196	m2	15,74	3.085,04
Novidades A Recolast acaba de lançar o KIT-BIODIGESTOR Transforme dejetos e resíduos orgânicos em fonte alternativa de energia.	Dispositivo Gerador Descarga	1	PC	8.500,00	8.500,00
	Valvula de alivio	1	un	250,00	250,00
	Flange 6pol.	4	un	44,00	176,00
	Tubulacao flexivel 2 pol.	20	un	10,00	200,00
ALGUMAS OBRAS EXECUTADAS Túnel Ayrton Senna, Fábrica VW-RJ, Sabesp, Metrô Tucuruví, Shopping Vitória, Estação Júlio Prestes, Estac. Cinelândia-RJ, Optiglobe, Aeroporto de Cumbica.					
	TOTAL GERAL:.....				R\$ 22.516,78

ANEXO C – Orçamento dos grupo moto gerador

GERAFORTE GRUPOS GERADORES		
Contagem, 20 de Junho de 2012	Proposta: GR 2006/12	
À		
VITOR BALDIN AT.: Sr. Vitor Fone: (46) 8805-7244 e-mail: vitorbaldin@hotmail.com		
Prezados senhores:		
Sejam muito bem vindos à "GERAFORTE GRUPOS GERADORES LTDA".		
Agradecemos a oportunidade de estarmos participando do processo de compra deste grupo gerador, e com grande satisfação, submetemos nossa proposta técnico / comercial para apreciação de V. Sas.		
A Geraforte fabrica e comercializa grupos geradores de 5 a 2.000 kva, nas versões Automático ou Manual, com opção de ser montado em Carenagem Acústica, fixo ou sobre rodas.		
Os grupos geradores "GERAFORTE" são sinônimos de "Qualidade", pois são requisitos básicos da empresa:		
- Utilização de produtos de primeiríssima qualidade na fabricação de seus grupos geradores. Dentre os principais podemos citar os motores Cummins, Mercedes-MTU e Perkins, geradores Weg, contadores ABB e Schneider, módulo de comando DEEP SEA.		
- Investimento constante em novas tecnologias para que nossos produtos estejam sempre sendo produzidos com o que há de melhor no mercado.		
- Atendimento rigoroso às normas vigentes de produção, segurança e meio ambiente.		
- Treinamento constante de nossa equipe de vendas, produção e assistência técnica, procurando manter sempre um atendimento de alto nível em todos os setores da empresa.		
Com estes produtos e com esta linha de pensamento, a "GERAFORTE" acredita ter sempre a melhor solução para suas necessidades.		
Enfim, a "GERAFORTE" trabalha buscando sempre a satisfação total de seus clientes.		
Atenciosamente		
Eng. Denancir Filipin Diretor comercial 31- 33969694 / 99484674		
GERAFORTE GRUPOS GERADORES		
1- PROPOSTA TÉCNICA - ESCOPO DE FORNECIMENTO		
:		
PROPOSTA COMERCIAL DE FORNECIMENTO		
PREÇO UNITÁRIO - FOB		
Grupo Gerador		
30/25 kva Motor Lintec/Agrale	Automático: R\$ 35.000,00 Manual: R\$ 32.000,00	
20/18 kva Motor Tramontini	Automático: R\$ 25.000,00 Manual: R\$ 22.000,00	
12,5/10 kva Motor Tramontini	Automático: R\$ 20.000,00 Manual: R\$ 17.000,00	
6,0 Kva Motor Toyama	Automático: R\$ 10.000,00 Manual: R\$ 7.000,00	
Diferenciais Geraforte:		
➢ Alternador WEG; (100% nacional), geradores de baixa qualidade e alguns importados possuem distorção harmônica muito alta.		
➢ Contadores ABB; não trabalhamos com contadores /disjuntores de qualidade duvidosa.		
➢ Módulo Digital Deep Sea; módulo <u>totalmente destravado</u> e de fácil navegação, todas as medições são digitais. Certificado internacionalmente "CE, UL, PCT, DNV", dentro da Comunidade Europeia, U.S.A, Canadá.		
➢ Atendimento Técnico; agilidade no atendimento falando direto com nossos especialistas, obtendo o primeiro suporte já por telefone. Auxílio completo para infra-estrutura e adequação do ambiente destinado ao uso do grupo gerador.		
CONDIÇÕES DE PAGAMENTO:		
• 30% com pedido		
• saldo contra entrega ou a combinar		
CUMMINS	MERCEDES BENZ-MTU	WEG
<small>RUA DA DEMOCRACIA, 677 - BAIRRO PRES. KENNEDY - CONTAGEM - MG - CEP 32.145-050 FONE: (31) 3396-9694 - www.geraforte.com.br - geraforte@geraforte.com.br</small>		

ANEXO D – Orçamento dos reservatório de biogás

1 anexo (22,1 KB)



quotation...xls
[Exibir online](#)
 Baixar (22,1 KB)

Baixar como zip

Dear Mr. Vitor Baldin,

Thank you very much for your interest in our product.

We make both biogas material and biogas tanks. If you need biogas tanks, I could send you our quotation for your reference.

Any further inquiry, please feel free to contact me.

Best regards,

Rainbow Hu

Xiamen Auerka Plastic Co., Ltd.
M. phone: 86-13606052181
Tel: 86-592-6101933
Fax:86-592-6283508
E-mail: auerka1@auerka.com
MSN: m.hu@hotmail.com
Website: www.auerka.com

2012-07-12

FLEXIBLE BIOGAS/STORAGE TANK QUOTATION

软体沼气池/沼气储气袋报价

SPECIFICATION规格	MATERIAL面料	SIZE尺寸	PRESURE压力	UNIT PRICE	MOQ起订单
6M ³ biogas tank	0.5mm pvc film	2.3m*1.76m*1.48M	2kpa	71	20PCS
6M ³ biogas tank	0.8mm pvc film	2.3m*1.76m*1.48M	3kpa	113	20PCS
8M ³ biogas tank	0.8mm pvc film	2.6m*2.2m*1.4M	5kpa	132	20PCS
8M ³ biogas tank	0.8mm pvc tarpaulin	D=2.2m, H=2.1m	5kpa	220	20PCS
10M ³ biogas tank	0.8mm pvc film	3.8m*1.8m*1.47m	5kpa	165	20PCS
10M ³ biogas tank	0.8mm pvc tarpaulin	D=3m, H=1.48m	5kpa	283	20PCS
20M ³ biogas tank	0.8mm pvc tarpaulin	D=4.2m, H=1.48m	5kpa	630	5PCS
20M ³ biogas tank	1.0mm pvc tarpaulin	D=4.2m, H=1.48m	5kpa	782	5PCS
50M ³ biogas tank	0.8mm pvc tarpaulin	D=6.55m, H=1.48m	5kpa	2160	5PCS
50M ³ biogas tank	1.0mm pvc tarpaulin	D=6.55m, H=1.48m	5kpa	2691	5PCS
50M ³ biogas tank	1.2mm pvc tarpaulin	D=6.55m, H=1.48m	5kpa	2926	5PCS
75M ³ biogas tank cover	0.8mm pvc tarpaulin	2.6m*9.8m*1.2m	5kpa	885	5PCS
75M ³ biogas tank cover	1.0mm pvc tarpaulin	2.6m*9.8m*1.2m	5kpa	1093	5PCS
100M ³ biogas tank cover	1.0mm pvc tarpaulin	3m*10m*1.2m	5kpa	1193	5PCS
100M ³ biogas tank cover	1.2mm pvc tarpaulin	3m*10m*1.2m	5kpa	1293	5PCS
150M ³ biogas tank cover	1.0mm pvc tarpaulin	3m*15m*1.2m	5kpa	1805	5PCS
150M ³ biogas tank cover	1.2mm pvc tarpaulin	3m*15m*1.2m	5kpa	1954	5PCS
75M ³ biogas tank cover	1.4mm pvc tarpaulin	3m*15m*1.2m	5kpa	2180	5PCS

ANEXO E – Orçamento do purificador de biogás

RES: RES: Orçamento Voltar para mensagens |

Para ver mensagens relacionadas a esta, [agrupar mensagens por conversa.](#)

Biogás Motores 18/08/2012

Para 'vitor baldin'

[Responder](#)

Boa Tarde!

Temos sim...o valor é R\$ 15.000,00

Atenciosamente

Juliano

De: vitor baldin [mailto:vitorbaldin@hotmail.com]
Enviada em: quinta-feira, 16 de agosto de 2012 17:34
Para: contato@biogasmotores.com.br
Assunto: RE: RES: Orçamento
Prioridade: Alta


Bom dia Juliano

Em conversa com um rapaz ele comentou que vocês desenvolveram um equipamento para purificar o biogás. Gostaria de saber se estão comercializando este equipamento, caso estejam gostaria de obter orçamento.

Abraço...

Vitor Baldin

ANEXO F – Fatura de energia elétrica da copel, valor unitário do kWh



COPEL

Copel Distribuição S.A.
José Idelforo Brazetto, 158 bl.C - Mousungué - Curitiba PR - CEP 81200-240
CNPJ: 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4

www.copel.com
0800 51 00 116

ANTONIO VILMAR FERRAZZA
 LIN RIO PINHEIRO, - PTO 651 1960
 ENCRUZILHADA - PATO BRANCO - PR - 85500-000
 86288 01 651 195200
 CPF 372.971.049-49

Mês de referência
Junho/2012

Vencimento
07/07/2012

Nº de Identificação
58309993

VALOR A PAGAR
R\$ 533,84

FAT-01-2012471366665- 04

Responsabilidade da Manutenção de Iluminação Pública: Município 46 39021318

Informações Técnicas

Classe: Rural - Convencional

Leitura Anterior	Leitura Atual	Método	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Leitura Prevista
16/05/2012 74456	15/06/2012 74208	30 dias 2752 kWh	1	2752 kWh	91,73 kWh	27/06/2012	16/07/2012

Valor Unitário
0,193982

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
05/2012	2571	08/08/2012	496,73
04/2012	3649	07/05/2012	707,84
03/2012	4601	09/04/2012	892,52
02/2012	2227	07/03/2012	431,99

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 002.823.207- SÉRIE B
 Emitida em 19/06/2012

Produto Descrição	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELETTRICA CONSUMO	kWh	2752	0,193982	533,84	533,84	,00%

ANEXO G – Orçamento do barracão de depósito para a cama de aviário

Pressotto®

A/C Sr. Vitor
Pato Branco - PR

Conforme solicitação, estamos fornecendo orçamento referente estrutura mista para barracão, nas dimensões de 10,00m x 5,00m, totalizando 50,00m². Conforme segue:

- 04 Fundações e concretagens (sapatas para solos com capacidade ao esforço da obra);
- 03 Colunas em concreto pré-fabricado de 3,00m livres para apoio das tesouras;
- 02 Coluna em concreto pré-fabricado de 3,0m livres para oitões;
- 03 Tesouras treliçadas em aço metálico de 10,00m mais abas, terciadas e contraventadas;
- Estrutura em aço metálico e telha em aluzinc 0,43mm para oitões;
- Estrutura em aço metálico e telha em aluzinc 0,43mm para fechamento de paredes 3,00m x 25,00m totalizando 75,00m²;
- Pintura da estrutura em fundo anticorrosivo;
- Telha para cobertura em Aluzinc 0,43mm;
- Acessórios para fixação da telha;
- Mão de obra para fabricação, montagem e cobertura;
- 01 Porta em aço metálico nas dimensões de 5,00 x 3,00m;
- Transporte até o local da obra;
- Projeto da estrutura e ART.

Valor do Orçamento:R\$ 12.045,00
(Doze mil e quarenta e cinco reais)

Condições Pagamento:40% Na contratação;
.....30% Com 30 dias;
.....30% Com 60 dias.

Validade da proposta:10 (Dez) dias.

Prazo de Entrega:45 (quarenta e cinco) dias.

São Lourenço do Oeste - SC, 04 de outubro de 2012.

Pressotto

Εστρυτυρασ ε Πρ[έ]-Μολδ[α]δ[ο]σ.

PRESSOTTO ESTRUTURAS E PRÉ-MOLDADOS LTDA,
ROD. SC 468 - KM 93 - ÁREA INDUSTRIAL - FONE/FAX (49) 344-1177
CEP 89990-000 - SÃO LOURENÇO DO OESTE - SANTA CATARINA

APÊNDICES

APÊNDICE A – Publicações resultantes deste trabalho, artigo publicado em anais de congressos

BALDIN, V.; FROZZA, J. F.; LAFAY, J. M.S. **Poultry Litter: Great Potential for Electrical Energy Generation In Brazil.** In: International Conference On Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'12), 2012, Santiago de Compostela (Spain). Anais ICREPQ'12, 2012.

BALDIN, V.; LAFAY, J. M.S.; FROZZA, J. F. **Análise do Controle de Setup Sobre a Eficiência Energética em Processos Produtivos.** In: IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2011, Juiz de Fora. Anais IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2011.

APÊNDICE B – Publicações resultantes deste trabalho, trabalho publicado em revista

BALDIN, V.; FROZZA, J. F.; LAFAY, J. M.S. **Poultry Litter: Great Potential for Electrical Energy Generation in Brazil.** Publicado em abril/2012 no Renewable Energy & Power Quality Journal (RE&PQJ10), ISSN 2172-038x com qualificação B5 Engenharias IV.