



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PROCESSOS
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE - PB



**ESTUDO DA VIABILIDADE PRODUTIVA NA OBTENÇÃO
DE ENRIQUECIDOS PROTEICOS PARA RAÇÃO ANIMAL A
PARTIR DE RESÍDUOS DE FRUTAS**

LUCIANO FERNANDES MONTEIRO

Campina Grande - PB
Maio de 2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PROCESSOS
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE - PB



Área de Concentração: Desenvolvimento de Processos

**ESTUDO DA VIABILIDADE PRODUTIVA NA OBTENÇÃO
DE ENRIQUECIDOS PROTEICOS PARA RAÇÃO ANIMAL A
PARTIR DE RESÍDUOS DE FRUTAS**

Tese apresentada à coordenação do curso de Doutorado em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande – PB, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

Autor: Luciano Fernandes Monteiro

Orientador: Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

CAMPINA GRANDE-PB
Mai de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M775e Monteiro, Luciano Fernandes.

Estudo da viabilidade produtiva na obtenção de enriquecidos proteicos para ração animal a partir de resíduos de frutas/Luciano Fernandes Monteiro. – Campina Grande, 2012.

113f.: il.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva.

Referências.

1. Resíduos de Frutas. 2. Enriquecimento Proteico. 3. Viabilidade econômica. I. Título.

CDU 628.4.042(043)

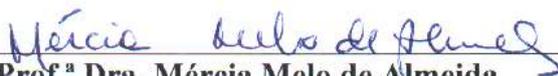
**ESTUDO DA VIABILIDADE PRODUTIVA NA OBTENÇÃO DE ENRIQUECIDOS
PROTEICOS PARA RAÇÃO ANIMAL A PARTIR DE RESÍDUOS DE FRUTAS**

Tese de Doutorado de Luciano Fernandes Monteiro Aprovada em: 11 de maio de 2012

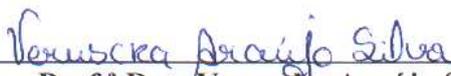
BANCA EXAMINADORA



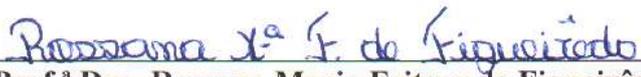
Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva
Orientador



Prof.ª Dra. Mércia Melo de Almeida
Examinadora Externa



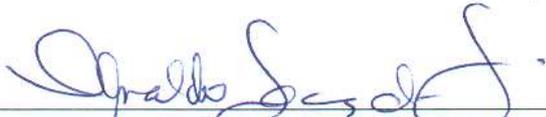
Prof.ª Dra. Veruscka Araújo Silva
Examinadora Externa



Prof.ª Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Examinadora Externa



Prof.ª Dra. Líbia de Sousa Conrado Oliveira
Examinadora Interna



Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva
Examinador Interno



Prof.ª Dra. Josivanda Palmeira Gomes
Examinadora Interna

Este exemplar corresponde à versão final da Tese de Doutorado em Engenharia de Processos.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop at the top and several smaller loops and strokes below it, positioned above a horizontal line.

Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva
Orientador

DEDICATÓRIA

À minha esposa Odelsia, que sempre esteve presente em todos os momentos e por fazer parte da minha vida.

À minha mãe, Eurídice, que sempre contribuiu com a minha educação, não medindo esforços para educar todos da família.

Ao meu pai João Monteiro Sobrinho, *in memoriam*, por ter sido um exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, direcionando os meus caminhos e por ter me dado o dom da vida;

Ao meu orientador, professor Flávio Luis Honorato da Silva, por todas as contribuições, orientações, auxílios em todos os eventos científicos que participamos e também pela atenção dada em todos os momentos que precisei desde a minha dissertação de mestrado até esta tese de doutorado.

A minha querida esposa Odelsia Leonor Sánchez de Alsina pelas contribuições na execução deste e de outros trabalhos;

A minha querida família, pela dedicação, carinho e incentivo durante a realização deste trabalho.

À meus irmãos, Everaldo e Lucinha, que sempre me apoiaram quando precisei e também a minha cunhada Sofia e minha sobrinha Ana Carolina.

Ao professor Antônio Gilson Barbosa de Lima, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, por todas as contribuições efetuadas quando precisei para participar de eventos científicos nacionais, sendo sempre muito atencioso e prestativo em todos os momentos.

Aos professores: Osvaldo Soares da Silva, Josivanda Palmeira Gomes, Mércia Melo de Almeida e Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, por suas excelentes sugestões durante a qualificação e seminários, contribuindo significativamente para a realização deste trabalho com enriquecimento científico.

A minha grande amiga e professora Líbia de Sousa Conrado Oliveira, UAEQ/UFCG. Agradeço pelas sugestões e contribuições realizadas neste trabalho, desde o início no processo seletivo, em agosto de 2008, quando apresentei o plano de tese à banca até a finalização do trabalho.

Aos meus colaboradores e orientandos: Nathalya Janne Leite, aluna do curso de Engenharia Química da UFCG pela ajuda durante a realização dos experimentos no laboratório e ao meu aluno Victor Rangel Mendonça, bolsista de Iniciação Científica do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Sergipe pela colaboração na seleção, visita e análise das empresas selecionadas para o estudo.

Ao Núcleo de Engenharia de Produção, pelo carinho e compreensão de todos os professores, em me liberar parcialmente para que eu pudesse vir a Campina Grande participar das reuniões com meu orientador e fazer experimentos nos laboratórios.

A CAPES, por me contemplar com 5 meses de bolsa de Doutorado e que tive que dispensá-la devido a minha nomeação em concurso público federal.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de figuras	iv
Lista de tabelas	vi
Lista de quadros	viii
Lista de siglas	ix
Resumo	x
Abstract	xi
1. Introdução	02
1.1 Justificativa	05
1.2 Objetivos	06
1.2.1 Objetivo geral	06
1.2.2 Objetivos específicos	06
2. Revisão bibliográfica	08
2.1 Aproveitamento de resíduos agroindustriais	08
2.2 Resíduos agroindustriais e seu enriquecimento proteico	09
2.2.1 Resíduo do pseudofruto do caju	11
2.2.2 Resíduo do abacaxi	12
2.2.3 Resíduo do maracujá	14
2.2.4 Enriquecimento proteico de resíduos	17
2.3 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
2.4 Fermentação semissólida (FSS)	20
2.4.1 Definições	20
2.4.2 Parâmetros do sistema e controle do processo de FSS	21
2.4.3 Temperatura	22
2.4.4 Umidade e atividade de água do substrato	23
2.5 Logística de distribuição	24
2.5.1 Localização do estoque	27
2.6 Processo de planejamento da rede	27

2.7	Métodos para localização de unidades de operações	30
2.7.1	Método de ponderação de fatores	30
2.7.2	Método do centro de gravidade	31
2.7.3	Método do ponto de equilíbrio	33
2.8	Sistemas de secagem: análise econômica entre a secagem convencional e solar	37
3.	Material e métodos	41
3.1	Matérias-primas	41
3.1.1	Preparação das amostras de resíduos	41
3.2	Enriquecimento dos resíduos	42
3.3	Secagem dos enriquecidos	44
3.4	Caracterização dos resíduos e do enriquecido	45
3.5	Modelagem da fermentação	46
3.5.1	Valor médio esperado	46
3.5.2	Cinética de enriquecimento	46
3.6	Identificação dos fornecedores da matéria-prima e dos seus potenciais produtores: análise e quantificação do mercado potencial	47
3.7	Processo de planejamento da rede	48
3.8	Métodos para localização de unidades de operações	48
4.	Resultados e discussão	50
4.1	Identificação dos fornecedores das matérias-primas e dos seus potenciais produtores	50
4.2	Produção e rendimento dos resíduos de frutas no Estado de Sergipe	55
4.3	Enriquecimento proteico de misturas de resíduos	58
4.3.1	Caracterização da mistura de resíduos	58
4.3.2	Enriquecimento proteico de misturas de resíduos em estufa com circulação de ar	58
4.3.3	Estudo do enriquecimento proteico de mistura de resíduos em câmara climática com umidade relativa do ar controlada	61
4.3.4	Modelagem da cinética de enriquecimento	63
4.4	Análise da tendência dos efeitos das condições de fermentação sobre o	68

	enriquecimento dos resíduos	
4.5	Secagem dos resíduos enriquecidos	69
4.6	Viabilidade econômica e estimação de alguns custos envolvidos	70
4.6.1	Custos fixos	71
4.6.2	Custos variáveis	72
4.6.3	Custos de suplementos utilizados na alimentação de ruminantes	74
4.7	Estudo da melhor forma de distribuição física dos produtos contribuindo para o apoio logístico na gestão da cadeia de suprimentos (estudo de caso)	76
4.7.1	Localização	76
4.8	Análise econômica e quantificação do mercado potencial	81
4.8.1	Construção dos cenários	81
4.8.1.1	Análise dos custos	81
4.8.1.2	Custos com matéria-prima	83
4.8.1.3	Custos com mão-de-obra direta	83
4.8.1.4	Custos indiretos de fabricação	84
4.8.2	Cenário 1 – Custo da levedura na produção de 1 kg do suplemento proteico <i>in natura</i> .	87
4.8.3	Cenário 2 – Custo da levedura na produção de 1 kg do suplemento proteico de acordo com a norma da ANVISA para comercialização do produto com 12,45% de umidade	88
4.8.4	Cenário 3 – Custo da produção de 1 kg do suplemento proteico fabricando a própria levedura no local de produção.	91
4.8.5	Considerações sobre a análise de custos e a viabilidade econômica	92
5.	Conclusões	95
5.1	Perspectivas para trabalhos futuros	97
	Referências bibliográficas	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Rede genérica de fluxo de produtos	28
Figura 2.2	Diagrama abreviado de uma rede para um sistema logístico	29
Figura 2.3	Ilustração do uso de um <i>grid</i> para estudo locacional	32
Figura 2.4	Análise do ponto de equilíbrio para quatro localizações	35
Figura 3.1	Levedura e resíduos de frutas utilizados no enriquecimento proteico	42
Figura 3.2	Bioreator de bandeja	43
Figura 4.1	Aumento do teor de proteína em função do tempo (h). (Inóculo 5%. T = 33 °C)	60
Figura 4.2	Consumo de açúcares redutores e evolução da umidade e atividade de água durante o enriquecimento (Inóculo 5%. T = 33 °C)	61
Figura 4.3	Evolução de açúcares redutores em função do tempo. (Inóculo 3%. T=35°C)	62
Figura 4.4	Evolução da umidade em função do tempo. (Inóculo 3%. T = 35 °C)	62
Figura 4.5	Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com T = 33 °C e inóculo = 5%. Estufa com circulação de ar UR ≈ 40%	64
Figura 4.6	Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com T = 35 °C, inóculo = 3%. Câmara climática Umidade relativa 60%	65
Figura 4.7	Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com T = 35 °C, inóculo = 3%. Câmara climática Umidade relativa 70%	65
Figura 4.8	Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com T = 35 °C, inóculo = 3%. Câmara climática Umidade relativa 80%	66
Figura 4.9	Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação. T = 33 °C, inóculo = 5%	66
Figura 4.10	Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação, T = 35 °C,	67

	inóculo = 3% e Umidade relativa 60%	
Figura 4.11	Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação, T = 35 °C, inóculo = 3% e Umidade relativa 70%	67
Figura 4.12	Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação, T = 35 °C, inóculo = 3% e Umidade relativa 80%	68
Figura 4.13	Representação geográfica das cidades fornecedoras de matéria-prima	79
Figura 4.14	Representação aproximada do mapa do município de Estância e dos pontos de possível localização industrial	80
Figura 4.15	Planta baixa do reator em alvenaria com revestimento cerâmico de azulejo branco	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Quantidade do produto despachado da fábrica para cada distribuidor	32
Tabela 2.2	Informe dos custos fixos e variáveis das cidades selecionadas	34
Tabela 2.3	Informe anual: custos fixos, custos variáveis e custo total	35
Tabela 3.1	Condições para o enriquecimento dos resíduos	44
Tabela 3.2	Condições de secagem dos resíduos e tempo necessário para a umidade atingir 10% (b.u)	45
Tabela 4.1	Indústrias especializadas na produção de polpa de frutas	51
Tabela 4.2	Relação das empresas sergipanas produtoras de frutas, legumes e sucos com atividades de processamento, preservação e produção de conservas de frutas	52
Tabela 4.3	Relação das empresas sergipanas com atividades de produção de sucos de frutas e de legumes	54
Tabela 4.4	Área plantada, quantidade produzida e valor da produção de abacaxi e maracujá no Estado de Sergipe, em 2010	55
Tabela 4.5	Principais pólos produtores de abacaxi e maracujá de Sergipe	55
Tabela 4.6	Percentuais relativos das diferentes partes do abacaxi	56
Tabela 4.7	Características físicas dos componentes do caju	56
Tabela 4.8	Composição física do maracujá <i>in natura</i>	57
Tabela 4.9	Disponibilidade dos resíduos no Estado de Sergipe	57
Tabela 4.10	Caracterização química e física da mistura de resíduos: bagaço de caju, casca de maracujá, casca e coroa de abacaxi	58
Tabela 4.11	Caracterização química e física da mistura de resíduos: bagaço de caju, casca de maracujá, casca e coroa de abacaxi, enriquecidos a 33 °C, com 8% de inóculo de levedura após 48 horas de fermentação em estufa com circulação de ar	59
Tabela 4.12	Comparação dos resultados obtidos no enriquecimento da mistura de resíduos com os valores para os produtos individuais	59
Tabela 4.13	Fermentação com 5% de leveduras <i>Saccharomyces cerevisiae</i> a 33 °C	60

	durante 48 h	
Tabela 4.14	Umidade e açúcares redutores do bagaço após 24 h de fermentação com umidade relativa controlada (Umidade inicial do substrato = 82%; 3% de inóculo; T = 35 °C)	63
Tabela 4.15	Parâmetros cinéticos do enriquecimento de mistura de resíduos	64
Tabela 4.16	Resumo dos efeitos das condições de fermentação sobre o enriquecimento dos resíduos	69
Tabela 4.17	Resultados da secagem da mistura de resíduos enriquecidos	70
Tabela 4.18	Alíquotas, com e sem incidência de IPI, para micro empresas	72
Tabela 4.19	Alíquotas, com e sem incidência de IPI, para pequenas empresas	72
Tabela 4.20	Preços médios de suplementos alimentares utilizados na alimentação bovina	75
Tabela 4.21	Precificação dos equipamentos, matérias-primas e embalagens utilizadas	75
Tabela 4.22	Localização de algumas das principais indústrias de sucos e polpas de frutas de Sergipe	78
Tabela 4.23	Preços médios de suplementos alimentares utilizados na alimentação bovina com ponto de venda nas cidades de Aracaju e Salgado do Estado de Sergipe. Pesquisa realizada no dia 24 de janeiro de 2012	82
Tabela 4.24	Precificação dos equipamentos utilizados no processo	84
Tabela 4.25	Levantamento dos custos com levedura utilizada no processo, para 3, 5 e 8%	87
Tabela 4.26	Custo da levedura em 1 kg de suplemento <i>in natura</i>	87
Tabela 4.27	Cálculos da umidade final do produto de acordo com o percentual a ser retirado do suplemento proteico <i>in natura</i>	88
Tabela 4.28	Custos totais com levedura de acordo com o valor percentual utilizado no processo, depois de retirada a quantidade de água necessária à comercialização	89
Tabela 4.29	Custo de levedura em um 1 kg de suplemento com 12,45% de umidade	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1	Resumo dos custos fixos	71
Quadro 4.2	Resumo dos custos variáveis do produto com 3% de levedura e 62% de umidade	73
Quadro 4.3	Resumo dos custos variáveis do produto com 3% de levedura e secos	74
Quadro 4.4	Resumo dos custos fixos e variáveis para a produção do suplemento enriquecido	85

LISTA DE SIGLAS

a_w	Atividade de água
b.u	Base úmida
b.s	Base seca
Ca	Cálcio
EE	Estrato Etéreo
FB	Fibras Brutas
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FSm	Fermentação Submersa
FSS	Fermentação Semissólida
me	Massa da amostra no equilíbrio
MS	Matéria Seca
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PV	Proteína Verdadeira
UR	Umidade relativa
Xe	Umidade de equilíbrio relativa
X	Umidade
Xeq	Umidade de equilíbrio
Xeq(b.s.)	Umidade de equilíbrio em base seca
Xeq(b.u.)	Umidade de equilíbrio em base úmida

RESUMO

As indústrias de processamento de frutas geram grandes quantidades de resíduos e em geral estes resíduos são descartados no ambiente, misturando os oriundos das diferentes frutas. Um aproveitamento racional e eficiente desses resíduos como substrato para a produção de proteínas microbianas poderá dar resultados satisfatórios na produção de suplementos para rações, contribuindo também para minimizar os problemas de deposição dos resíduos e agregar valor aos resíduos em forma de suplemento proteico. O presente trabalho foi realizado com o objetivo geral de viabilizar o processo de obtenção de enriquecidos proteicos para ração animal a partir de mistura dos resíduos agroindustriais do processamento de frutas, com estudos de casos com os resíduos do abacaxi, pedúnculo do caju e maracujá visando a produção de suplemento proteico animal, a logística de distribuição e a minimização dos custos do produto final através de análise econômica. Foi realizada a caracterização físico-química da mistura dos resíduos *in natura* e enriquecidos. O estudo do enriquecimento proteico foi realizado por fermentação semisólida (FSS) utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como inóculo e mistura de resíduos de abacaxi, caju e maracujá como substrato. O enriquecimento foi realizado em estufa com circulação de ar e em câmara climática com umidade relativa do ar controlada. As condições de operação foram: percentagem de leveduras entre 3 e 8%, temperatura de 33 e 35 °C e umidade relativa do ar de 60, 70 e 80%. Foi observado que a mistura de resíduos, mesmo em condições diversas das recomendadas, apresentou índice de enriquecimento proteico compatível com os relatados na literatura para os resíduos individuais, obtendo-se um produto com 20% de proteína bruta (b.s.). As melhores condições foram T = 35 °C, inóculo de 3% de levedura e 80% de umidade relativa. Nestas condições o consumo de açúcares redutores foi de 3,422% e a umidade final dos resíduos enriquecidos de 78,24%. Foi realizado levantamento para identificação dos fornecedores de resíduos e de seus potenciais produtores na Região Nordeste, especificamente nos estados de Alagoas-AL, Ceará-CE, Paraíba-PB, Pernambuco-PE, Rio Grande do Norte-RN e Sergipe-SE. Mediante estudo de caso, através do método do centro de gravidade a localização recomendada para uma unidade produtora no estado de Sergipe foi o município de Estância. A análise preliminar de custos aponta para a viabilidade de produção, com preço final aproximado de R\$ 0,47 por quilograma de suplemento proteico produzido, o que indica um valor muito competitivo em relação às alternativas tradicionais.

Palavras-chave: resíduos de frutas, enriquecimento proteico, viabilidade econômica

ABSTRACT

The fruit processing industries generate large quantities of wastes and the mixing of residuals from different fruits are usually disposed in the environment. A rational and efficient use of these wastes as a substrate for microbial protein enrichment may give satisfactory results in the production of supplements to diets obtaining products with value added. This use of residuals also contributes to minimize waste disposal problems. This work was carried out to optimize the overall process of obtaining enriched protein supplements for animal feed using the mixture of agro industrial wastes from processed fruits. Case studies with pineapple shell, cashew-apple bagasse and passion fruit shell and albedo aimed a better storage, distribution logistics and minimizing the costs of the final product through economic analysis. Fresh and enriched residuals mixture was characterized by their physicochemical properties. The study of protein enrichment was performed by solid state fermentation (SSF) using the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as inoculum and a 1:1:1 mixture of pineapple shells, passion fruit shells and albedo and cashew apple bagasse as substrate. The enrichment was carried out in an oven with air circulation and in a climatic chamber with controlled relative humidity. The operating conditions were: yeast percentage between 3 and 8%, temperature 33°C and 35 ° C and relative humidity between 60 and 80%. It was found that the mixture of wastes, even when processed out of the optimal conditions recommended for each one, presented protein enrichment index compatible with those reported in literature for the individual waste, obtaining a product with 20% crude protein (b.s). In the studied range it was found that the best conditions were $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, 3% of yeast inoculum and 80% relative humidity. Under these conditions the consumption of reducing sugars was 3.422% and the final moisture content of enriched waste 78.24%. Survey was conducted to identify the suppliers of waste and its potential producers in the Northeast of Brazil, specifically at the States: AL, CE, PB, PE, RN and SE. Through case study, by the method of center of gravity it was found that the neighbors of Estancia is the recommended location for a production unit in the State of Sergipe. A preliminary cost analysis indicates the feasibility of production, with the final price of approximately R\$ 0.47 per kilogram of protein supplement produced, which indicates a very competitive value compared to traditional alternatives.

Keywords: fruit waste, protein enrichment, economic viability

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

A pecuária no Brasil é altamente dependente das variações quantitativas e qualitativas das forragens disponíveis decorrentes das condições climáticas. A precipitação pluviométrica, entre outros, é o principal fator climático que afeta o desempenho animal, através do seu efeito sobre o crescimento da pastagem. Como resultado da diminuição da precipitação bem como do efeito dos outros fatores, o crescimento da pastagem diminui, resultando em períodos de escassez e redução da qualidade da forragem. Em vista desta situação, várias alternativas são propostas para reduzir o impacto das condições climáticas adversas na alimentação de, bovinos ovinos e caprinos, dentre as quais se destaca o uso de resíduos e subprodutos da agricultura e da indústria alimentícia, uma alternativa de grande potencial, pois consiste no aproveitamento de materiais hoje desperdiçados, que podem ser transformados em ração animal (RUIZ *et al.*, 1999).

De acordo com OLIVEIRA *et al.* (2005) o tempo chuvoso no Nordeste, em geral, está compreendido entre os meses de março a agosto e durante este período não é necessário a compra de grandes quantidades de suplementos proteicos para a alimentação animal, em função da quantidade de massa verde no campo. No período de estiagem a compra é imprescindível, ou o uso de ração seca armazenada que sobrou do período de chuva, para a alimentação adequada dos animais.

Vale salientar também que os resíduos orgânicos gerados pelas indústrias alimentícias acarretam problemas à saúde pública, como geração de maus odores, que são produzidos devido ao grande acúmulo de material orgânico e por falta de oxigênio, e a proliferação de vetores de doenças – moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc. De acordo com a NBR 10004 (2004) estes resíduos são classificados como resíduos não-inertes, ou seja, são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

Na tentativa de minimizar os desperdícios da produção e industrialização do pedúnculo de caju, o Laboratório de Engenharia Bioquímica, CCT/UAEQ/UFCG, vem desenvolvendo pesquisas com a finalidade de valorizá-lo, utilizando o suco para a produção de vinho, vinagre e aguardente e aumentar o valor agregado do bagaço do pedúnculo, através do seu enriquecimento proteico por leveduras (CAMPOS *et al.*, 2005). Contudo, para minimizar o impacto ambiental dos resíduos industriais do processamento de alimentos e agregar valor ao produto final, inúmeros estudos têm sido realizados utilizando os resíduos

das indústrias alimentícias, tais como do pedúnculo do caju, do abacaxi, entre outros (CAMPOS *et al.*, 2005; CORREIA, 2004; HOLANDA *et al.*, 1998).

Segundo CAMPOS *et al.* (2005), os resíduos do pseudofruto do caju, oriundo do cajueiro, estão entre os principais resíduos agroindustriais, sendo seu processamento industrial realizado especialmente na região Nordeste do Brasil, com o propósito de processar inicialmente o beneficiamento da castanha e em menor escala o aproveitamento do pedúnculo nas indústrias de suco.

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas tropicais e, graças às suas condições de solo e de clima diversificados, pode também dedicar-se ao plantio de fruteiras de clima temperado e subtropical, produtos com elevado potencial para o mercado externo (MORGADO *et al.*, 2004). A Região Nordeste possui em torno de 500 mil hectares cultivados com fruteiras, correspondendo a 23% da área nacional ocupadas com plantações de frutas, destacando-se nesta região os seguintes produtos: abacaxi, caju, maracujá, laranja, graviola, manga, mangaba, cajá, umbu, entre outros. No entanto, para este estudo serão destacados os resíduos produzidos pelas indústrias de sucos das seguintes frutas: abacaxi, caju e maracujá. Levantamentos preliminares mostram que as indústrias de processamento de frutas geram grandes quantidades de resíduos e que em geral estes resíduos são descartados no ambiente, misturando os oriundos das diferentes frutas.

Um aproveitamento racional e eficiente desses resíduos como substrato para a produção de proteínas microbianas poderá dar resultados satisfatórios na produção de rações, contribuindo também para minimizar os problemas de perdas na industrialização das frutas tropicais. A produção de proteínas microbianas sobre os resíduos agroindustriais pode ser realizada por meio de fermentação semissólida que, além de requerer baixo investimento de capital e energia, praticamente não produz rejeitos e pode ser aplicada em diversos substratos (ARAÚJO *et al.*, 2005).

Segundo FERRARI *et al.* (2004), o Brasil concentra cerca de 90% da produção mundial de maracujá, apresentando uma produção de 330,8 mil toneladas em uma área estimada de 33,4 mil hectares, dos quais 51% encontram-se nos estados da Bahia, São Paulo e Sergipe. No entanto, em termos econômicos, para os autores, a maior importância do fruto reside na produção de sucos concentrados, sendo seus resíduos, atualmente utilizados por produtores rurais na suplementação da alimentação animal, como ração para bovinos e aves, mesmo que ainda com pouca informação técnica adequada. Dessa forma, a agregação de valor a esses subprodutos é de interesse econômico, científico e tecnológico.

Com relação a grande produção de resíduos gerados pelas indústrias de sucos, pesquisas científicas recentemente desenvolvidas, têm demonstrado a viabilidade do uso da casca do maracujá em diversos segmentos nutricionais.

Nos estados do Nordeste, as bacias leiteiras e de cortes estão em expansão, constituindo-se em fontes de renda e de alimentos para os criadores da região. Com a utilização de novas técnicas geradas ou adaptadas para as condições da região, através dos resíduos agroindustriais enriquecidos com os fungos *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis* e *Aspergillus niger*, pode-se produzir uma fonte alimentar de proteína, vitaminas, minerais e energia na alimentação animal, minimizando os gastos com fontes tradicionais de suplemento proteico (OLIVEIRA, 2007).

Os materiais *in natura* são muito delicados e por isso requerem cuidado durante a secagem, pois a temperatura é uma das variáveis que mais influencia as propriedades do material e a qualidade do produto final.

Além da secagem, outra etapa importante é a armazenagem; o material deve ser mantido em condições adequadas de forma a inibir ou evitar o crescimento de microrganismos, que podem gerar perdas de qualidade no material, inviabilizando sua utilização na alimentação de ruminantes, sendo fundamental o conhecimento do comportamento higroscópico do mesmo. Uma vez elaborado o produto enriquecido a ser utilizado na formulação de ração animal, será necessário desenvolver um estudo sobre a viabilidade econômica, verificando também como deverá ser realizada a distribuição física deste produto para os clientes finais, que neste caso serão os produtores de carne bovina no estado de Sergipe.

Para a realização dos estudos logísticos é necessário identificar através de métodos específicos, os principais pontos para distribuição do produto enriquecido, e determinar o melhor tipo de embalagem para este tipo de produto.

Por se tratar de um produto novo foram realizados estudos relacionados com a viabilidade econômica, a logística de distribuição e estudos de casos de gerenciamento da cadeia de suprimento deste produto para os possíveis produtores de animais do estado de Sergipe que poderão utilizar o produto enriquecido.

1.1 Justificativa

As metas estabelecidas para o desenvolvimento deste trabalho são: obter produtos com maior valor agregado, tendo como fonte produtora os resíduos da agroindústria de frutas, especificamente do abacaxi, caju e maracujá (estudos de casos). Pretende-se desenvolver suplementos proteicos e nutricionais com teor de proteína bruta de pelo menos três vezes o valor encontrado nos resíduos *in natura* e com alta digestibilidade.

Para serem atingidas as metas acima mencionadas, faz-se necessário estudar as condições para otimizar o processo, atingindo outra meta que é o desenvolvimento de uma tecnologia viável e econômica para ser executada no local pelo homem do campo (enriquecimento nutricional). Para viabilizar a produção e distribuição dos produtos enriquecidos obtidos a partir de resíduos de frutas é necessário também estudar os aspectos logísticos, de modo a otimizar os rendimentos e diminuir o custo final do produto.

O grupo de pesquisa Transferência em Meios Porosos e Sistemas Particulados da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, desde 1982 desenvolve trabalhos sobre fluidodinâmica e secagem de diversos produtos em leito fixo, fluidizado e de jorro, com ênfase na secagem de frutas tropicais e de pastas e suspensões. É pertinente mencionar que o grupo apresenta um vasto número de projetos para a produção de enriquecidos proteicos e nutricionais (proteico, vitamínico, energético e mineral). Estes projetos têm uma parte que está ainda em fase de laboratório (fase de bancada) e necessita de ampliação de escala para operacionalidade agroindustrial (enriquecimento dos resíduos de frutas) e outra parte que já se encontra em fase de ampliação de escala (enriquecimento das cactáceas). Embora já existam estudos sobre o enriquecimento dos resíduos de frutas individualmente, não há informações acerca do comportamento dos resíduos misturados. Por outra parte, para completar o ciclo do processo é necessário estudar também as questões relativas a localização das unidades produtoras e a logística da aquisição das matérias-primas e distribuição dos produtos.

A escolha dos resíduos agroindustriais: abacaxi (coroa e casca), pedúnculo do caju e casca do maracujá neste trabalho de tese, do ponto de vista teórico e prático, baseia-se na alta disponibilidade dos resíduos na região Nordeste, boa produtividade agrícola, baixo custo de produção agrícola, boa palatabilidade e valor econômico satisfatório.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral

Viabilizar o processo de obtenção de enriquecidos proteicos para ração animal a partir dos resíduos agroindustriais do processamento de frutas, com estudos de casos com os resíduos de abacaxi, pedúnculo do caju e maracujá e avaliar a logística de distribuição e a minimização dos custos do produto final através de análise econômica.

Objetivos Específicos

Em função da importância e da necessidade do conhecimento do processo de viabilizar os enriquecidos proteicos para suplemento animal a partir dos resíduos agroindustriais do processamento de frutas, são propostos ainda para este trabalho, desenvolver as seguintes etapas:

- Identificação dos fornecedores de resíduos e de seus potenciais produtores na Região Nordeste, especificamente nos estados de AL, CE, PB, PE, RN e SE;
- Levantamento da produção e rendimento dos resíduos do abacaxi, pedúnculo do caju e maracujá;
- Caracterização físico-química da mistura de resíduos “*in natura*” e enriquecidos;
- Estudo do enriquecimento proteico em processo de fermentação semissólida (FSS), dos resíduos de abacaxi, caju e maracujá, em estufa com circulação e em câmara climática;
- Estudo da viabilidade econômica;
- Estudos logísticos (estudo de caso);
- Análise econômica (construção dos cenários).

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2. Revisão bibliográfica

2.1 Aproveitamento de resíduos agroindustriais

De acordo com PINTO *et al.* (2005) a geração de resíduos e subprodutos é inerente a qualquer setor produtivo. O aumento da conscientização ecológica, iniciado no final do Século XX, deixou claro que o grande desafio da humanidade para as próximas décadas é equilibrar a produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental.

Diante deste contexto, observa-se que as organizações estão cada vez mais interagindo de forma sistêmica em todos os setores produtivos, auxiliados pelas modernas técnicas de gerenciamento no sentido de minimizar o efeito danoso dos subprodutos ou até mesmo dos produtos inservíveis lançados ao meio ambiente. Sendo assim, é possível agregar valor a estes resíduos através do incremento de novos processos produtivos, como por exemplo: a produção de proteínas microbianas sobre os resíduos agroindustriais a qual pode ser realizada por meio de fermentação semissólida que, além de requerer baixo investimento de capital e energia, praticamente não produz rejeitos; e pode ser aplicada em diversos substratos (ARAÚJO *et al.*, 2005).

Conforme afirma LAUFENBERG *et al.* (2003), os setores agroindustrial e de alimentos produzem grandes quantidades de resíduos, tanto líquidos como sólidos. Esses resíduos podem apresentar elevados problemas de disposição final e potencial poluente, além de representarem, muitas vezes, perdas de biomassa e de nutrientes de alto valor. Porém, na atualidade os resíduos ainda são dispostos em aterros sanitários ou empregados sem tratamento para ração animal ou adubo. Portanto, conceitos de minimização, recuperação, aproveitamento de subprodutos e bioconversão de resíduos são cada vez mais difundidos e necessários para as cadeias agroindustriais.

Particularmente, a bioconversão dos resíduos agrícolas e da indústria de alimentos está recebendo crescente atenção, uma vez que essas matérias residuais representam recursos possíveis e utilizáveis para a síntese de produtos úteis. Nesse contexto, a fermentação em estado sólido desempenha um papel de destaque no aproveitamento de resíduos sólidos, pois, em virtude do crescimento microbiano, ocorre a síntese de diversos compostos, dos quais muitos apresentam grande interesse para segmentos industriais, além de elevado valor agregado.

Pesquisas realizadas por OLIVEIRA *et al.* (2006), têm demonstrado que o Brasil destaca-se entre os grandes produtores mundiais de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.), sendo a Paraíba o principal produtor e exportador desta cultura, cujo beneficiamento resulta em quantidades consideráveis de resíduos, que são usados, algumas vezes, como ração ou dispensados no solo (IBGE, 1990).

Assim um aproveitamento racional e eficiente desses rejeitos, através de seu enriquecimento nutricional por microrganismos poderá dar resultados satisfatórios na produção de suplementos para rações, solucionando os problemas de acúmulos dos resíduos e gerando produtos de valores agregados. Com o acréscimo de microrganismos, os resíduos podem aumentar seu valor nutricional (proteico, vitamínico, mineral e energético) importante para o crescimento dos animais.

OLIVEIRA *et al.* (2006) estudaram o processo de enriquecimento nutricional dos resíduos do abacaxi, casca e coroa com a utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, através de fermentação semissólida, avaliando a concentração inicial de leveduras e temperatura de fermentação sobre o teor proteico, utilizando a metodologia do planejamento fatorial completo e de superfície de resposta. De acordo com o estudo realizado pelos pesquisadores foi possível observar que o tempo em que se atingiu o maior teor de proteína bruta foi de 48 h, para todos os resíduos e também foi verificado um aumento proteico de aproximadamente duas vezes em relação ao *in natura*, para os dois resíduos estudados, casca e coroa do abacaxi.

2.2 Resíduos agroindustriais e seu enriquecimento proteico

Os resíduos agroindustriais são gerados no processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, produção de açúcar e álcool, etc., sendo sua produção, geralmente, sazonal, condicionada pela maturidade da cultura ou oferta da matéria-prima. Os resíduos sólidos são constituídos pelas sobras de processo, descartes e lixo proveniente de embalagens, lodo de sistemas de tratamento de águas residuárias, além de lixo gerado no refeitório, pátio e escritório da agroindústria (MATOS, 2005).

Segundo a classificação da ABNT (2004), define-se resíduos sólidos, resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

De acordo com a definição da ABNT (2004), ficam incluídos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Por serem os resíduos sólidos agroindustriais ricos em nutrientes, toda e qualquer técnica que vislumbre seu aproveitamento na alimentação animal ou agrícola torna-se interessante, tendo em vista que a reciclagem desses nutrientes é recomendável. No caso de não ser possível ou recomendável o aproveitamento desses resíduos *in natura*, técnicas de tratamento devem ser aplicadas com o fim de proporcionar transformações vantajosas em suas características químicas ou físicas (MATOS, 2005).

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas tropicais e, graças às suas condições de solo e de clima diversificadas, pode também dedicar-se ao plantio de fruteiras de clima temperado e subtropical, produtos com elevado potencial para o mercado externo (MORGADO *et al.*, 2004). Deste potencial, resulta enorme quantidade de resíduos e subprodutos da agricultura e da agroindústria, com características de uso na alimentação de animais (PRADO e MOREIRA, 2002).

A utilização de fontes alternativas de nutrientes, de baixo preço, pode colaborar na diminuição do custo de produção da carne bovina. Além do aspecto de agressão ambiental que os resíduos agroindustriais apresentam, o não aproveitamento dos mesmos constitui desperdício, uma vez que os resíduos podem ser fontes nutritivas para os ruminantes, pois são capazes de substituir componentes normalmente utilizados em rações, sem comprometer o desempenho dos animais que a estarão consumindo. Apresentam ainda, custos reduzidos principalmente para as produções que se encontram próximas das indústrias; porém, existem algumas limitações que podem fazer com que os resíduos tenham uma utilização mais restrita, entre elas a quantidade de água, que acabam acarretando problemas de transporte, representados pelo alto custo da coleta, a conservação de seus resíduos e a necessidade, em alguns casos, de processos de tratamento para melhoria de seu valor nutritivo. Há muitas possibilidades de uso dos diferentes resíduos gerados pelas agroindústrias e não se pode dizer que exista uma solução única, e sim usos potenciais de acordo com a situação de mercado e da indústria. Todavia, deve-se levar em consideração o preço do produto, o custo do transporte, já que muitas vezes o valor nutricional destes resíduos não é muito elevado (MAGGIONI e MARQUES, 2007).

2.2.1 Resíduo do pseudofruto do caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma cultura perene, nativa do Nordeste do Brasil encontra-se disseminado em todo o mundo tropical, sendo cada vez maior o interesse em sua exploração econômica, notadamente nas regiões agrícolas menos desenvolvidas, pelas características de geração de emprego e renda. O fruto do cajueiro, compõe-se de castanha - o verdadeiro fruto - e de um pedúnculo hipertrofiado - o pseudofruto. Apesar do potencial de quase toda a área do território brasileiro para o cultivo desta espécie, 96% da área cultivada encontra-se no Nordeste, principalmente nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (RAMOS *et al.*, 1996).

Embora o cajueiro possua um conjunto de produtos de cunho alimentício, o de maior valor econômico é a castanha de caju, onde se extrai a amêndoa utilizada como alimento humano em formas variadas.

Em peso, o caju é composto por 10% de castanha e 90% de pedúnculo. Destas duas partes, o pedúnculo apresenta a menor percentagem de industrialização. Estima-se que o seu aproveitamento visa, basicamente, o beneficiamento da castanha e, em menor escala o aproveitamento do mesmo (CAMPOS, 2003). O grande desperdício do pedúnculo é devido ao reduzido período de pós-colheita, associada à pequena capacidade de absorção da indústria, curto período de safra e inexistência de métodos econômicos de preservação da matéria-prima.

A cajucultura desempenha papel de destaque na economia nordestina, em razão da castanha ser o principal produto da pauta de exportação do agronegócio no Ceará. No ano de 2005, a produção de castanha de caju no Brasil de 147.629 toneladas ocupou uma área de 690.131 ha (IBGE, 2006). A supervalorização da castanha juntamente com o curto período de prateleira do pedúnculo faz com que grande parte do mesmo não seja aproveitada. Maiores perdas desse material ocorrem no momento do descastanhamento feito para a indústria de beneficiamento da castanha. Picos de produção do caju concentram-se na época seca do ano, ou seja, época caracterizada pela baixa produção de forragem e elevados preços dos grãos e dos concentrados deles obtidos. Assim, a utilização do pedúnculo do caju desidratado como aditivo na ensilagem, tornaria possível a redução nos custos de produção animal e seria mais uma alternativa alimentar para ruminantes. Normalmente, os que trabalham com o pedúnculo industrializam outros tipos de frutos, visto ser a safra do caju de apenas quatro meses (USAID, 2006).

O pseudofruto do caju é um dos resíduos agroindustriais de potencial nutritivo, que vem sendo desperdiçado nos campos e na indústria. Apesar do aproveitamento industrial do caju ser realizado principalmente na região Nordeste do país, esse aproveitamento visa, basicamente, o beneficiamento da castanha e, em menor escala o aproveitamento do pedúnculo. Mesmo considerando o aproveitamento do pedúnculo sob a forma de sucos, doces, geléias, néctares, farinhas e fermentados, só 15% da produção do pedúnculo é utilizada. Uma das causas para esse baixo aproveitamento está relacionada ao tempo de deterioração do pedúnculo, que ocasiona excessivas perdas no campo e na indústria (CAMPOS, 2003). Estas perdas podem ser amenizadas através da utilização destes resíduos na alimentação animal, aplicando técnicas de enriquecimento através de fermentação semissólida.

Conforme CAMPOS (2003), o Brasil utiliza apenas 15% da produção do pedúnculo, embora seja o pioneiro e líder no que diz respeito ao aproveitamento do pedúnculo do caju, e considerando o aproveitamento deste em forma de sucos, doces, geleias, néctares, farinhas e fermentados. Este baixo aproveitamento tem relação direta com o tempo de deterioração do pedúnculo, que ocasiona excessivas perdas no campo e na indústria.

Por ser rico em fibras não digeríveis e carentes em vitaminas e proteínas, o rejeito da indústria de aproveitamento de pedúnculo de caju tem seu valor nutritivo limitado, sendo simplesmente utilizado como ração animal ou descartado no meio ambiente (CAMPOS *et al.*, 2005).

Para SILVA NETO (2000) a área ocupada com a cultura do caju no Nordeste do Brasil é de aproximadamente 700 mil hectares, com uma produção de cerca de 1.260.000.000 quilos de pedúnculo. O estado do Ceará se destaca como maior produtor, com uma área plantada de 354 mil hectares, sendo que cerca de 80% dos cajueiros são plantados em áreas de pequenos produtores rurais, nas quais se incluem as áreas de assentamento rural da reforma agrária.

2.2.2 Resíduo do abacaxi

Conforme BRAGA (1976), o principal produto do abacaxizeiro é seu fruto, cujo valor nutritivo para alimentação humana está relacionado com a composição química, que encerra apreciáveis quantidades de carboidratos, proteínas, água, sais minerais e vitaminas. Porém, esta assertiva pode ser questionável se considerarmos o resíduo do abacaxi (casca e coroa)

como matéria-prima principal para ser transformado em um novo produto agregado de enriquecimento proteico e destinado à suplementação alimentar animal, visto que seu valor financeiro poderá ser consideravelmente elevado, podendo ser vendido no mercado por um preço muito superior quando comparado com o preço do litro de suco deste mesmo produto.

PY *et al.* (1984) enumeram outros produtos extraíveis do abacaxizeiro, na maioria deles, resultantes de processos fermentativos como o vinagre, champanhe e vinho, dentre os quais ainda se destaca a bromelina, uma enzima proteolítica de valor comercial elevado nas indústrias de bebidas, frigorífica e farmacêutica.

CHOAIRY (1992) informa que os subprodutos da industrialização do abacaxi podem ser utilizados na alimentação animal nas seguintes formas: natural ou ensilado, podendo ainda ser utilizadas as coroas e restos de cultura após trituração em máquinas forrageiras.

De acordo com matéria publicada no Jornal da Paraíba, a Paraíba colheu em 2010, uma produção de 258.845.000 frutos, injetando na economia do R\$ 207.076.000. A exportação interna foi em torno de 80% para estados do Sul e Sudeste, principalmente São Paulo, um dos maiores consumidores do abacaxi paraibano. Os outros estados que competem com a Paraíba na produção de abacaxi são Pará, com 256.373.000 frutos, e Minas Gerais, com uma produção de 222.154.000 unidades na safra de 2010. A produção de abacaxi colhida em 2011 no Brasil foi de 1.413.352.000 de frutos. Coube a Paraíba o primeiro lugar, com uma produção de 273.520.000 unidades, seguida do Estado do Pará, com pouco mais de 248 milhões, e Minas Gerais, com 222.199.000. Em quarto lugar, a Bahia colheu mais de 139 milhões de abacaxis. São Paulo ficou na quinta colocação, com 92.300.000 de frutos colhidos. Esses cinco estados juntos produziram 69,04% da produção nacional (SECOM, 2011).

Segundo a EMEPA (2011), dentre as cultivares predominantemente exploradas e de maior aceitação tanto pelo mercado interno como pelas indústrias de suco e de polpa integral para exportação, encontram-se as cultivares de abacaxi Pérola, Jupi e Smoth Cayenne.

COMPAAN e BISHOP (1968) avaliaram a composição química bromatológica da ensilagem dos resíduos agroindustriais do abacaxi, composta por casca externa e miolo central da fruta. Constatam, ainda que durante a ensilagem, ocorre um prejuízo de 31% e 48% do material quando se utiliza ou não a prensagem, respectivamente.

SATAPATHY (1978), na Índia, estudou os resíduos industriais frescos de abacaxi. UCHIDA *et al.* (1980) trabalharam com o farelo da casca de abacaxi. PAL *et al.* (1984) verificaram os efeitos das condições de armazenagem do resíduo de abacaxi sobre a composição de seu farelo e concluíram que estas não podem ser estocadas ainda verde por mais de três dias em regime aberto ou fechado, sob temperaturas 20 à 40 °C.

GHOSH *et al.* (1989), determinaram a composição da coroa do abacaxi na matéria seca. No Brasil, RODRIGUES e PEIXOTO (1990a,b) avaliaram a composição química, digestibilidade, balanço de nitrogênio e concentração da energia digestível do resíduo da indústria de conservas de abacaxi, compostos por frutos descartáveis, coroa, miolo e casca, na matéria verde e ensilada. RECH *et al.* (1990; 1991), trabalhando com ensilagem do resíduo de abacaxi, na alimentação de suínos, registram valores semelhantes.

Na elaboração de produtos oriundos do abacaxi, em especial no processamento do abacaxi em calda, há um grande acúmulo de resíduos como: cascas, centros, aparas entre outros, ou seja, partes que não são utilizadas pelas indústrias em geral (SILVA e ZAMBIAZI, 2008). Para estes autores a porção comestível da fruta representa apenas 22,5 a 35% do fruto, sendo o restante descartado, e embora as cascas, principalmente, possuam quantidades consideráveis de polpas aderidas, estas também são descartadas juntamente com os outros resíduos. Outros autores, como FERREIRA *et al.* (2009), citam como subprodutos da agroindústria do suco do abacaxi a casca, coroa, brotos da fruta, anexos da fruta, miolo e polpa.

2.2.3 Resíduo do maracujá

PONTES *et al.* (1989), em estudo realizado com óleo de maracujá amarelo, constataram que há uma predominância de ácidos insaturados, que são: ácido oléico (17,5%) e ácido linoleico (68,7%). Eles realizaram também a composição químico-bromatológica da torta de semente de maracujá amarelo e constataram que os valores da composição encontrados diferem dos valores obtidos por PRUTHI (1963) que trabalhou com a torta de semente de maracujá roxo. BUTOLO (1993) trabalhou na composição bromatológica de semente de maracujá. O alto teor de gorduras presente no material impede o consumo maior voluntário por ruminantes (1 Kg semente/cab/dia), tornando-se assim, necessária a extração do óleo.

VIEIRA *et al.* (1996) determinaram a composição bromatológica da casca da fruta do maracujá (resíduo) de três variedades, quanto à matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio (Ca) e fósforo (P). Os resultados demonstraram que o maracujá roxo foi o que apresentou maior percentagem de MS de 17,57% e o amarelo apresentou a menor, 11,21%. Para a PB houve diferença entre as

variedades amarela (9,82%) e doce (7,53%). Quanto à FDN, FDA e Ca não houve diferença entre as variedades obtendo-se valores na faixa de 37,69 – 44,16% (FDN); 30,06 – 35,85% (FDA); e 0,28 – 0,35% (Ca); já o conteúdo de P variou em 0,13% para variedade doce e 0,08% para a variedade amarelo. Os autores citam que a variabilidade entre os dados obtidos e os da literatura, pode ser atribuída às diferenças de adubação nitrogenada.

OTAGAKI e MATSUMOTO (1958), num experimento para avaliar a produção de leite, eficiência alimentar e digestibilidade da casca e semente de maracujá amarelo, chegaram a resultados satisfatórios na produção de leite e persistência da lactação de vacas alimentadas com resíduos do maracujá desidratado (50% da ração), capim elefante e concentrado, comparado com o bagaço de abacaxi. A casca do maracujá desidratado apresentou coeficientes de digestibilidade para a proteína bruta (PB) = 45,23%, estrato etéreo (EE) = 6,38%, fibras brutas (FB) = 76,42% e de nutrientes digestíveis totais (NDT) = 60,70%, além de ser um alimento altamente palatável. A digestibilidade aparente de proteína da casca do maracujá é aproximadamente três vezes maior que a do abacaxi. Segundo os autores, a utilização da casca do maracujá na alimentação de bovinos é uma excelente possibilidade para o escoamento do subproduto industrial, porém devem ser realizados mais estudos sobre o custo de desidratação da casca.

VIEIRA *et al.* (1997), em estudo da degradabilidade de três variedades de maracujá, também concordam com a viabilidade da utilização do resíduo de maracujá, tendo observado que a degradabilidade potencial de todas as variedades atingiram o seu ápice até 24 h. No entanto, apesar de representar uma boa fonte de nutrientes para ruminantes, trata-se de um alimento de caráter regional, devendo seu custo ser levado em consideração (SIQUEIRA *et al.*, 1998).

PONTES *et al.* (1988) estudaram os efeitos do período de armazenamento sobre a composição bromatológica do resíduo de maracujá amarelo (farinha de casca) e obtiveram uma boa estabilidade durante o período de 90 dias. No procedimento metodológico, as cascas foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos para serem posteriormente processadas em laboratórios. Em seguida, foram submetidas a um processo de secagem em estufa com circulação de ar aquecido a uma temperatura de 70 °C durante 24 h e arrefecidas a temperatura ambiente. Para a obtenção da farinha da casca do maracujá, utilizou-se um moinho de faca, acondicionando-se a farinha em vidros com tampas metálicas e armazenando-a em temperatura ambiente para o estudo de sua estabilidade, realizando-se análises físico-químicas e químicas.

Entretanto, com relação às características físico-químicas e químicas da farinha de casca de maracujá desidratado, ao cotejá-las com os valores encontrados por OTAGAKI e MATSUMOTO (1958), nota-se que os teores de umidade (16,80%), proteína (4,58%) e (N x 6,25), estrato etéreo (0,33%), e NIFEXT (45,87%) são superiores, o que não se verifica para os percentuais de cinzas (6,76%) e fibras (25,66%) que são semelhantes. Os autores acreditam que as verificações observadas podem ter ocorrido devido as condições de cultivo e estágio de maturação na época da colheita.

REIS (1994), em experimento com a silagem do resíduo de maracujá, encontrou teores de MS = 18,99%, PB = 10,47%, FDN = 60,32% e FDA = 50,95%, com base na matéria seca. A silagem do resíduo de maracujá e sua associação com capim elefante “cameroon” e a silagem elefante “cameroon” enriquecida com farelo de trigo e algodão foram avaliadas através de sua composição química e digestibilidade por REIS *et al.* (1993). As digestibilidades da matéria seca não diferiram entre as silagens, concluindo-se que constituiria uma alternativa viável para alimentação de ruminantes.

SANTOS (1995) em estudo do valor nutritivo de silagem de resíduo de maracujá e silagens mistas (maracujá + casca de café, maracujá + bagaço de cana, e maracujá + palha de feijão) apresentou dados importantes relacionados a MS das silagens analisadas (20,09 – 26,53%), em que nenhuma delas apresentava o teor recomendado para uma boa silagem, que é de 30 a 35% MS. Apesar deste fato, o autor apresentou valores de pH (3,4 – 3,6), nitrogênio amoniacal (7,31 – 10,31%) e ácidos orgânicos (ácido láctico 0,75 – 1,16 μ moles/100mL; ac. acético 0,55 – 1,02 μ moles/100 mL e ácido propiônico 0,03 μ moles/100 mL) dentro dos níveis normais que preconizam uma silagem de boa qualidade.

KORNDORFER *et al.* (1998) estudaram os efeitos do armazenamento sobre a composição bromatológica do resíduo de maracujá (casca, polpa e semente). Os autores concluíram que o teor de PB do resíduo industrial de maracujá (casca e semente), que é da ordem 150 g/Kg de MS, incentiva o uso na alimentação animal e que a degradabilidade da matéria seca é relativamente baixa, encontrando-se na ordem de 368 g/Kg de matéria seca. Porém, os autores apenas afirmam que os resíduos devem ser mantidos sob condições de anaerobiose (condição de vida na ausência do oxigênio livre) para manter sua qualidade e possibilidade de uso prolongado.

Segundo trabalho desenvolvido por BERTIPAGLIA *et al.* (1997), a silagem do resíduo da indústria de suco de maracujá para ruminantes mostrou ser viável para a utilização pela sua degradação ser semelhante às das silagens de milho granífero, tendendo à ligeira superioridade, mas com baixa de degradação da FDA muito superior.

Segundo OLIVEIRA *et al.* (2002), boa parte do peso total da fruta consiste na sua casca e sementes, sendo as cascas formadas basicamente por carboidratos, proteínas e pectinas.

De acordo com SINIMBU (2004) a produção de sucos e resíduos gerados pelo maracujá no Brasil foi de aproximadamente 479.000 toneladas em 2004, sendo considerado como um dos principais produtores do mundo de maracujá.

Porém, vários autores têm apresentado diversos trabalhos na literatura referindo-se a grande produção gerada pelos resíduos de maracujá como sendo um sério problema para as indústrias de suco em geral (BURGI, 1992; LIMA *et al.*, 1994).

A composição da casca do maracujá é formada predominantemente por um tecido esponjoso, que pode ser facilmente desidratado. Segundo PRUTHI (1963), a matéria seca representa cerca de 17% da casca original, possuindo 20% de pectina.

Segundo BERTIPAGLIA (1997) o óleo da semente na alimentação animal pode elevar o valor calórico da dieta. As sementes produzem um óleo leve e claro, de boa qualidade, o qual é caracterizado por alto conteúdo do ácido graxo linoleico.

ARIKI e TRAVAGLINI (1977) utilizaram 8% de sementes de maracujá na matéria seca da ração de frangos de corte e não observaram decréscimo no ganho de peso e conservação alimentar.

A possibilidade de uso da semente de maracujá na alimentação de ruminantes foi estudada por MOREIRA (1980).

Porém, quanto à utilização de semente de maracujá como alimento para ruminantes, este estudo tem demonstrado certa limitação, devido ao teor de extrato etéreo (32%), ocorrendo depressão na digestibilidade dos componentes fibrosos da dieta, neutralizando o aumento da densidade energética através do óleo da semente (STARLING *et al.*, 1996).

2.2.4 Enriquecimento proteico de resíduos

O enriquecimento de resíduos provenientes das indústrias processadoras de frutas melhora a rentabilidade pelo aumento do valor agregado e diminui os problemas ambientais decorrentes da deposição em condições inadequadas. Pesquisas recentes mostraram a viabilidade de aproveitamento através do enriquecimento proteico por crescimento celular de

microrganismos utilizando técnicas de fermentação semissólida (FSS), inclusive no caso de misturas de resíduos oriundos de diversas frutas.

Diversos produtos têm sido usados com sucesso para processamento proteico por fermentação microbiana: resíduos de batata-doce (YANG, 1988); bagaço de laranja (MENEZES *et al.*, 1989); resíduos de mandioca (CANOILAS, 1991; MANILAL *et al.*, 1991) e beterraba forrageira (GIBBONS *et al.*, 1984); no entanto, YANG (1988) sugere que, para ser economicamente viável e competitiva, a bioconversão protéica tem de ser processada no meio rural.

Uma das formas que vêm a viabilizar e dar melhor características nutricionais a mistura de resíduos seria a técnica de fermentação semissólida por inoculação de leveduras. Esta tem a função de aumentar o teor proteico do meio fazendo uso dos carboidratos existentes.

A eficiência da conversão protéica por leveduras depende de fatores como temperatura, suprimento de oxigênio e disponibilidade de nutrientes (BURROWS, 1970) e o tempo médio para dobrar o teor de proteína é de 5 h em sistema de fermentação por batelada (WORGAN, 1973).

HOLANDA *et al.* (2002) avaliaram a proporção de inóculo de *Saccharomyces cerevisiae* e o tempo de fermentação necessário para enriquecer a pasta de pedúnculo de caju por fermentação submersa a temperatura de 35 °C e conseguiram o aumento de 20% do teor proteico do material fermentado, utilizando 5,0% de inóculo de leveduras, com um tempo de fermentação inferior a 24 horas.

CAMPOS (2003) e CAMPOS *et al.* (2005) estudaram o enriquecimento proteico do bagaço do pedúnculo do caju, utilizando levedura *Saccharomyces cerevisiae*, através de fermentação semissólida, realizando estudo cinético do enriquecimento de forma a otimizar o tempo e o maior aumento proteico em que ficou definido que a uma temperatura de 33 °C, por um tempo de 24 h, e inoculando 12% de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, o aumento proteico é de 3,5 vezes quando comparado aos valores iniciais do material *in natura*. O emprego da levedura no cultivo semi-sólido do bagaço do pedúnculo de caju viabiliza a obtenção de um concentrado proteico, que poderá posteriormente ser utilizado como fonte alternativa de alto potencial proteico, em ração animal.

OLIVEIRA (2007) realizou estudos cinéticos de crescimento dos microrganismos em fermentação semissólida após a determinação do teor de umidade e da atividade de água dos substratos, em seguida efetuou o estudo cinético do crescimento da levedura para o

enriquecimento proteico dos resíduos: casca e coroa de abacaxi e casca de maracujá em fermentação semissólida, analisando a influência do crescimento do microrganismo em relação ao aumento da proteína bruta no período de 12, 24, 48, 72 e 96 h. Com relação aos procedimentos metodológicos, este autor triturou as amostras da casca e coroa de abacaxi e casca de maracujá em um liquidificador e colocou em bandejas de estrutura de alumínio medindo 12 cm de altura e 21 cm de diâmetro. Em seguida inoculou a levedura úmida correspondendo a 1, 3 e 5% do total do conteúdo do substrato. As amostras foram identificadas e acondicionadas em biorreatores, sendo colocadas em estufa e submetidas a temperaturas de 30, 34 e 38 °C (± 2 °C). O produto foi triturado em moinho elétrico e colocado em recipientes de plástico herméticos e identificados, sendo armazenado à temperatura ambiente e depois realizadas análises químicas.

2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

As leveduras constituem um ramo menor dos fungos quanto ao número de espécie (350 espécies agrupadas em 39 gêneros). Entretanto, elas são muito importantes por sua atividade bioquímica. Algumas realizam fermentação utilizada desde as origens da civilização (fermentação alcoólica). Estas atividades têm aplicações industriais muito importantes.

Em 2600 a.C., os egípcios já dominavam a tecnologia de fermentação de pães. Pasteur, há mais de um século, conseguiu caracterizar a individualidade da levedura como um organismo vivo com características próprias, decifrando sua atuação na transformação de açúcares. *Saccharomyces cerevisiae* foi a primeira levedura utilizada pelo homem e é a mais intensamente cultivada.

ARAÚJO (2004), ao estudar o enriquecimento proteico da palma forrageira, verificou que o tempo ótimo para alcançar o maior valor de proteína bruta no substrato enriquecido foi de 48 horas do processo. Nas concentrações de 5, 10 e 15% de levedura *Saccharomyces cerevisiae* obteve valores maximizados de proteína bruta de 14,4, 22 e 26%, respectivamente.

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é a mais utilizada na indústria. São organismos microscópicos de célula única, viva e têm as mesmas funções de qualquer outro ser vivo, respiram, alimentam-se, excretam, dentre outras funções vitais. As leveduras apresentam membrana celular bem definida, pouco espessa, em células jovens, rígidas em células adultas de constituição variável, com predominância de hidratos de carbono, e menor quantidade de proteínas e graxas. Geralmente a levedura se reproduz de forma assexuada chamada

gemulação ou brotamento, também sendo chamada de reprodução vegetativa. É um processo em que a levedura duplica o material de seu interior e se divide em duas.

ARAÚJO *et al.* (2008) ao estudar o enriquecimento proteico da palma forrageira utilizando a *Saccharomyces cerevisiae* para a alimentação de ruminantes, verificou que na concentração de 1%, o teor de PB aumentou linearmente em função do tempo de inoculação à razão de 0,08477% para cada incremento unitário no tempo de inoculação e, na concentração de 3%, o teor de PB diminuiu à medida que se aumentou o tempo de inoculação, da ordem de 0,09918% para cada aumento unitário no tempo de inoculação.

Leveduras de panificação (*Saccharomyces cerevisiae*) são organismos atrativos para a produção comercial de proteína em virtude de fácil propagação fermentativa e de não terem relação patogênica com o homem. Tal produção de proteína é similar à dos organismos. A eficiência da conversão protéica por leveduras depende de fatores como temperatura, suprimento de oxigênio e disponibilidade de nutrientes e o tempo médio para dobrar o teor de proteína, que é de 5 h em sistemas de fermentação por batelada.

2.4 Fermentação semissólida (FSS)

No Brasil, em nível industrial, o processo de fermentação submersa continua sendo o principal sistema de geração de produtos biotecnológicos, sendo insignificante o número de empresas que empregam a fermentação semissólida para estes fins (SCHMIDELL *et al.*, 2001). Por ser uma técnica ainda não muito difundida, autores divergem quanto à definição do processo da fermentação semissólida. Por este motivo, serão apresentadas algumas das definições encontradas na literatura.

2.4.1 Definições

Fermentação em estado sólido, fermentação em substrato sólido, fermentação em meio semi-sólido ou simplesmente fermentação semissólida é o processo que se refere à cultura de microrganismos sobre ou dentro de partículas em matriz sólida (substrato ou material inerte), no qual o conteúdo de líquido (substrato ou meio umidificante) ligado a ela está em um nível de atividade de água que, por um lado, assegure o crescimento e metabolismo das células e,

por outro, não exceda à máxima capacidade de ligação da água com a matriz sólida (SCHMIDELL *et al.*, 2001).

Segundo MORAES (2001), fermentação semissólida é um processo microbiano que se desenvolve na superfície de materiais sólidos, biodegradáveis ou não, que apresentam a propriedade de absorver ou de conter água, com ou sem nutrientes solúveis, sendo necessário que os microrganismos cresçam com nutrientes difusíveis sob ou sobre a interface gás-sólido.

PANDEY *et al.* (2001) define fermentação semissólida como a fermentação que envolve sólidos em ausência (ou quase ausência) de água livre, porém o substrato deve possuir umidade necessária para garantir o crescimento e metabolismo de microrganismos.

Fermentação semissólida pode ser caracterizada como um processo de fermentação que ocorre em um meio sólido com alta atividade de água (a_w), tipicamente 0,40 - 0,90, que ocorre em um estado asséptico e natural (NIGAM e SINGH, 1994; GERVAIS *et al.*, 1996).

Fermentação semissólida pode ser simplesmente definida como qualquer processo de fermentação que permite o crescimento de microrganismos em materiais sólidos, na ausência de água livre corrente. O material sólido pode ser usado como apoio em fonte de carbono e energia (ROUSSOS *et al.*, 1995).

Para a fermentação, usando como substrato a coroa de abacaxi, OLIVEIRA (2007) recomenda que a concentração de levedura *Saccharomyces cerevisiae* seja de 5,8% massa de levedura por massa de substrato utilizado e proceder a fermentação até 48 h a 38 °C. A mesma autora recomenda para a casca de abacaxi e maracujá concentração de 3% de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, durante 48 horas a 34 °C.

Para o bagaço de caju, RIBEIRO FILHO (2010) utilizou as melhores condições relatadas por CAMPOS (2003): 12% da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e 48 h de fermentação a 33 °C. Nestas condições os autores obtiveram um aumento proteico de 3,5.

2.4.2 Parâmetros do sistema e controle do processo de FSS

As dificuldades em monitorar e controlar os fatores ambientais, biomassa e/ou produção de metabólitos, na fermentação semissólida resultam da complexidade e heterogeneidade do meio e variedade de reatores usados. Como em todo processo fermentativo, o controle de determinados parâmetros se faz necessário para a obtenção de produtos com características constantes e uniformes.

BIANCHI *et al.* (2001) afirmam que o substrato deve ter algumas características que possibilitem o maior rendimento do processo tais como: pré-tratamento, temperatura, umidade e atividade de água, pH, aeração, teor de açúcar, ácidos graxos, granulometria, espessura da camada, inóculo, secagem, fonte de nitrogênio e carbono.

2.4.3 Temperatura

A temperatura é uma das condições ambientais que mais afetam a atividade de microrganismos, influenciando no crescimento, metabolismo, capacidade fermentativa e viabilidade celular em leveduras.

De acordo com HOTTINGER *et al.* (1987), a elevação da temperatura do meio de cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* de 27 para 40 °C promove um aumento no acúmulo de trealose e com isso a levedura adquire termotolerância.

Segundo SCHMIDEL *et al.* (2001), a grande quantidade de calor produzida durante o processo fermentativo pode estar associada às atividades metabólicas dos microrganismos e à altura da camada de substrato.

A temperatura é normalmente medida na camada sólida e no fluxo de gás da entrada e saída do biorreator (FERNANDEZ *et al.*, 1996). Para medir a temperatura são usados freqüentemente termosensores ou sonda metálica.

Em escala industrial, a temperatura é normalmente controlada por ar forçado, agitação ou evaporação (DUNAND *et al.*, 1996). Segundo FERNANDEZ *et al.* (1997), o último método é o mais efetivo: a umidade do ar é ajustada de acordo com modelos de troca de água entre sólidos e gases, permitindo dessa forma uma rápida regulagem, dentro de uma faixa de ± 4 °C, sendo a regulagem da temperatura ligada ao controle da umidade da fase sólida. RAIMBAULT e RAMIRES (1997) afirmam que, em condições experimentais, a temperatura do biorreator normalmente é controlada com um banho termostático ou através da regulagem da temperatura ambiente.

2.4.4 Umidade e atividade de água do substrato

Na FSS, a água está envolvida no desenvolvimento de biomassa e reações metabólicas, atividades enzimáticas e transporte de gás, nutrientes e metabólitos extracelulares.

Segundo LONSANE *et al.* (1985) e THIEMANN (1985) a natureza do substrato, as necessidades do microrganismo utilizado e o tipo de produto final desejado são os principais fatores que determinam o grau de umidade que o substrato deverá ter no início e ao longo da fermentação.

A umidade é considerada ótima no substrato saturado e varia de 30 a 85% dependendo do substrato. As principais causas da variação de umidade são a evaporação devido ao calor metabólico e hidrólise do substrato, e produção de água metabólica (DORTA *et al.*, 1994).

O nível de umidade elevado implicará no decréscimo de porosidade do substrato e irá resultar em uma menor difusão de oxigênio no interior do meio e conseqüente decréscimo de trocas gasosas, além de aumentar o risco de contaminação, principalmente a bacteriana (LONSANE *et al.*, 1985).

Segundo MOO-YOUNG *et al.* (1983), para níveis de umidade menores que o necessitado, haverá maior dificuldade na difusão de nutrientes, resultando em um crescimento do microrganismo menor do que o possível e esperado e, conseqüentemente, com menor produção do produto desejado.

A atividade de água, que é a quantidade de água não ligada e que está à disposição dos microrganismos, é definida como a razão entre a pressão de equilíbrio de vapor do substrato em relação à água pura, à mesma temperatura. Por sua vez, a atividade de água influencia o desenvolvimento microbiano e os processos bioquímicos, tendo por isso, cada microrganismo um nível de atividade de água mínimo para que possa efetuar suas atividades metabólicas. De acordo com RAMANA *et al.* (1993) os fungos filamentados possuem uma atividade de água mínima de 0,7, nas leveduras o valor situa-se em 0,8 e para as bactérias 0,9.

O método PEC – Proximity Equilibration Cell – (Célula de aproximação ao equilíbrio) foi proposto para medir a atividade de água no processo da FSS (XAVIER e KARANTH, 1992). Este método determina o ganho em peso de um papel de filtro pré-secado, em equilíbrio com o substrato.

2.5 Logística de distribuição

Conforme CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE (2000) a análise prévia de investimentos permite que se racionalize a utilização dos recursos de capital, visto que sua escassez frente às necessidades limitadas faz com que cada vez mais se procure otimizar sua utilização. Sendo assim, faz-se necessário realizar estudos logísticos que possam auxiliar na redução dos custos e do *lead time* – termo utilizado para especificar o tempo de espera existente entre as atividades desenvolvidas no processo logístico, desde o fornecedor até a chegada do produto ao cliente final - relacionados com os processos de gerenciamento da cadeia de suprimentos, bem como identificar o tempo de vida útil do produto através de técnicas modernas e de simulações.

Segundo BALLOU (2006) a logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes. Tem como objetivos procurar atingir metas de processos de cadeia de suprimentos que venham a conduzir a organização para os objetivos globais. O propósito é desenvolver um mix de atividades logísticas que venha a resultar o máximo retorno possível do investimento no menor prazo. No entanto, essa meta tem duas dimensões: a primeira refere-se ao impacto do projeto do sistema logístico em termos de contribuição de rendimentos e a segunda dimensão está relacionada ao custo operacional e as necessidades de capital do projeto.

A cadeia de suprimentos é um conjunto de atividades funcionais (transporte, controle de estoques, etc.) que se repetem inúmeras vezes ao longo do canal pelo qual matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se agrega valor ao consumidor. Uma vez que as fontes de matérias-primas, fábricas e pontos de vendas em geral não têm a mesma localização e o canal representa uma sequência de etapas de produção, as atividades logísticas podem ser repetidas várias vezes até um produto chegar ao mercado.

Para o gerenciamento logístico da cadeia de suprimentos, uma vez identificados os mercados potenciais e seus respectivos fornecedores na região em estudo, serão realizadas pesquisas auxiliadas por *softwares* específicos para identificação dos tempos críticos de distribuição na cadeia de suprimentos e redução do *lead time* nas etapas do processo logísticos, com a finalidade de otimizar o processo.

De acordo com MOREIRA (2008), qualquer que seja o tipo de negócio em que esteja envolvida a empresa, as decisões sobre localização são estratégicas e fazem parte integral do

processo de planejamento. Localizar significa determinar o local onde será a base de operações, onde serão fabricados os produtos ou prestados os serviços e onde se fará a administração do empreendimento. Desta forma, em se tratando de localização, nada poderá ser negligenciado.

Aspectos negativos da localização provavelmente devem receber tanta atenção quanto os aspectos positivos. E, como cada empresa tem sua particularidade, problemas relacionados com a localização certamente serão específicos de cada situação.

De um modo geral, as decisões de localização à primeira vista podem parecer que se aplicam prioritariamente a novos empreendimentos, como é o caso de se desejar localizar uma fábrica que está sendo aberta agora e que deve ser construída do ponto zero. Entretanto, empresas já existente e operando normalmente também enfrentam problemas de localização.

Existe uma lista muito grande de fatores que podem de uma forma ou de outra, influenciar nas decisões sobre localização. Por exemplo: as atividades industriais são fortemente orientadas para os locais onde estão os recursos, como: matérias-primas, água, energia elétrica e mão-de-obra. Já as atividades de serviços, quer sejam públicas ou particulares, irão orientar-se mais para fatores como proximidade do mercado (clientes), tráfego (facilidade de acesso) e localização dos componentes.

Para CORRÊA e CORRÊA (2004), a localização de uma operação poderá afetar tanto sua capacidade de competir quanto outros aspectos, internos e externos. No que se refere a empresas manufatureiras a localização poderá afetar tanto os custos diretos como os custos de transporte, o custo da mão-de-obra, o custo e disponibilidade de energia, água e outros. Com relação a operações de serviços, a localização poderá afetar a conveniência do cliente, o volume de tráfego resultante em torno da operação, a visibilidade da operação, entre outras. Portanto, é importante saber que decisões erradas de localização são não só caras do ponto de vista das consequências, mas também são difíceis e caras de serem revertidas, sendo seus efeitos bastante duradouros, uma vez que tomada à decisão de localizar determinado estabelecimento em determinado local, a empresa terá que conviver com esta decisão por um longo período de tempo.

Muitos fatores podem afetar a localização de unidades de operação, tais como: proximidade de fontes qualificadas de suprimentos (material), proximidade de fonte de insumos (mão-de-obra), proximidade de clientes, considerações referentes ao ambiente físico e de negócios, considerações referentes à qualidade de vida dos colaboradores, considerações referentes à comunidade, considerações referentes à globalização.

De acordo com CORRÊA e CORRÊA (2004), para uma decisão adequada quanto à

localização, deve-se determinar: a) a capacidade que é necessária; b) quando é necessária e c) a localização dessa capacidade. Deste modo, para se obter uma resposta adequada deve-se determinar: a forma de medir a capacidade necessária, a demanda para os próximos anos, a capacidade de instalar, desenvolver e avaliar as alternativas e decidir qual a melhor alternativa. Quanto à metodologia, serão utilizados os seguintes métodos: a) Método de ponderação de fatores; b) Método do centro de gravidade; c) Método do ponto de equilíbrio.

As decisões de localização geralmente são tomadas de forma hierárquica, sendo do mais geral para o mais particular. Os níveis hierárquicos podem ser assim descritos, na ordem mais geral para o mais particular: 1º. Região global, 2º. Sub-região, 3º. Comunidade e 4º. Local específico.

Uma vez identificado nível hierárquico, corresponde então identificar o local que será aplicada a decisão tomada neste nível hierárquico. No caso do nível relacionado com a Região global a decisão poderá estar direcionada para a região do mundo ou de um país específico; no nível sub-região a decisão poderá estar direcionada para um país específico ou para uma região do país; com relação à comunidade a decisão poderá estar direcionada para uma cidade específica e para o local específico a decisão poderá estar direcionada para um endereço.

Vale ressaltar que na tomada de decisão para cada nível identificado haverá fatores locais que são específicos de cada nível hierárquico. Portanto, para o primeiro nível os fatores locais a serem analisados são: potencial de mercado, custos operacionais, estabilidade política, aceitação cultural, adequação ao clima e temperatura, infra-estrutura global de utilidades e serviços.

Para o segundo nível os fatores locais a serem analisados são: custos de transporte, impostos e incentivos, custos e disponibilidade de insumos materiais e humanos, legislação e incentivos fiscais regionais, legislação trabalhista (estabilidade, flexibilidade), protecionismo, infra-estrutura interna de utilidades e serviços, potencial de mercado.

No terceiro nível os fatores locais a serem analisados são: acesso a mercados, custos e disponibilidade de insumos materiais e humanos, legislação e incentivos fiscais, atitude da comunidade, disponibilidade de locais: custo do espaço, infra-estrutura local de utilidades e serviços, fatores referentes à qualidade de vida.

E finalmente no quarto nível os fatores locais a serem analisados são: acesso à infra-estrutura de transporte, acesso a mercados locais, características do endereço, custo do espaço: disponibilidade para expansão, impostos territoriais, incentivos locais.

2.5.1 *Localização do estoque*

O Redesenho Logístico deve considerar a macrolocalização e a microlocalização do estoque. Na macrolocalização, é definido o local dos armazéns. Na microlocalização, define-se o local dos SKUs (*Stock Keeping Unit* - Unidade de manutenção de estoques) dentro dos armazéns.

Quando se pensa em macrolocalização, faz muita diferença ter um estoque de 10 mil posições de paletes em um único armazém versus tê-lo distribuído em seis armazéns. Uma malha ideal deveria acomodar todas as matérias-primas num único armazém na fábrica ou próximo desta para evitar custos relacionados com a complexidade de gestão e com fretes de transferência. No armazém da fábrica devem estar os materiais de maior giro, maior valor agregado e que apresentem maiores riscos de segurança e meio ambiente.

Quando se pensa em microlocalização, o redesenho logístico deve buscar seletividade máxima para itens mais fragmentados, de alta densidade e de baixo giro. Para armazenamento destes itens, a recomendação usual são armazéns verticalizados com colméias ou porta paletes referenciados em endereços virtuais num Sistema de Gestão de Armazém (WMS - Warehouse Management System).

2.6 **Processo de planejamento da rede**

Segundo BALLOU (2006) seja qual for o processo utilizado pelo profissional de logística para configurar a rede de instalações e definir o fluxo de produtos através dela, este irá precisar de dados, ferramentas computacionais e deverá realizar um processo de análise capaz de conduzir a um projeto eficiente de rede que é complexo devido as várias atividades logísticas envolvidas sistemicamente. Porém, o problema da configuração da rede irá tratar da especificação da estrutura ao longo da qual os produtos fluem desde os pontos de origem até os centros de demanda, o que requer: a determinação das instalações a serem usadas; quantas foram as instalações necessárias; onde localizá-las; os produtos e clientes a elas atribuídos; os serviços de transportes utilizados entre elas; os fluxos de produtos a partir da fonte, entre instalações e na distribuição aos clientes; e os níveis de estoques mantidos nas instalações. Uma rede genérica de fluxo de produtos é mostrada na Figura 2.1 em que a demanda pode ser entendida a partir dos armazéns de campo ou diretamente pelos pontos de origem como fábricas e fornecedores.

Armazéns de campo são abastecidos por armazéns regionais ou diretamente das fontes. Este problema pode ser representado de diversas formas nas quais o número de elos venha a ser maior ou menor e em que é possível a existência de configurações diferentes, dependendo das características dos produtos que fluem pela rede, podendo haver mais de um projeto de rede para os produtos de uma empresa.

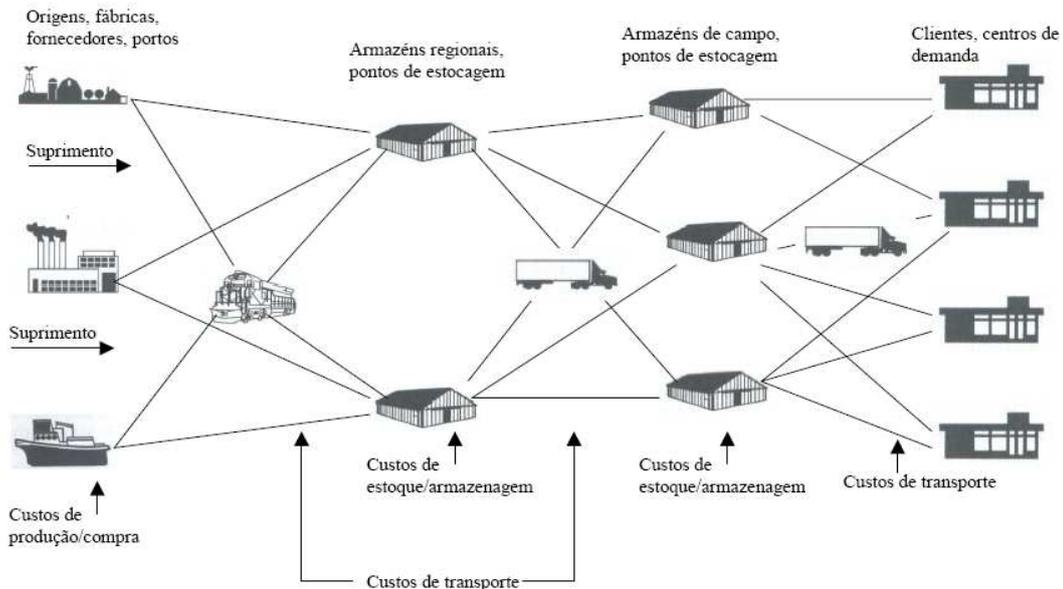


Figura 2.1 – Rede genérica de fluxo de produtos

Fonte: BALLOU (2006).

O problema do planejamento logístico também pode ser observado como se fosse uma rede abstrata de *ligações* e *nós*, onde as *ligações* dessa rede representam a movimentação das mercadorias entre os vários pontos de estocagens e estes pontos que são as lojas de varejo, os armazéns, fábricas ou vendedores, representam os *nós* da rede. Neste caso, é possível a existência de várias *ligações* entre qualquer elenco de *nós*, de maneira a representar formas alternativas de serviços de transporte, rotas diferenciadas e produtos diferentes. Os nós representam pontos em que o fluxo dos estoques experimenta uma parada temporária antes do transporte para uma loja de varejo, a caminho do consumidor final. A Figura 2.2 representa um diagrama abreviado de uma rede para um sistema logístico.

Essas atividades de transporte-armazenagem para fluxos de estoques representam tão-somente uma parte do sistema logístico total. Além delas, existe uma rede de fluxos de informação. A informação deriva de ganhos com as vendas, custos dos produtos, níveis de estoques, utilização de armazenagem, previsões, tarifas de transporte e outros. *Ligações* na rede de informação normalmente consistem em métodos postais ou eletrônicos para a

transmissão entre variados pontos geográficos. Os *nós* são os vários pontos de coleta e processamento de dados, entre eles o funcionário que cuida do processamento dos pedidos e prepara conhecimentos de embarque ou um computador que atualiza os registros de estoques.

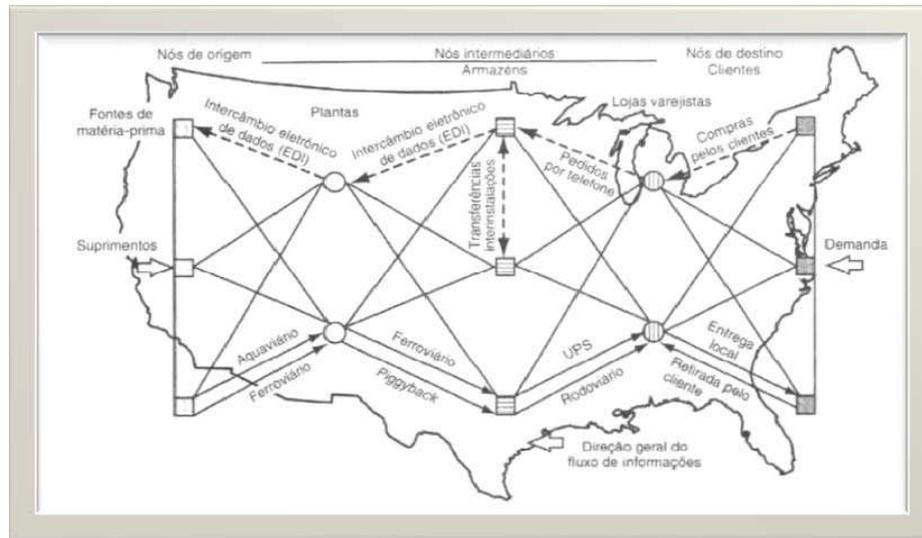


Figura 2.2 - Diagrama abreviado de uma rede para um sistema logístico

Fonte: BALLOU (2006).

Como conceito, a rede de informação é muito semelhante à rede de fluxo de mercadorias, pois ambas podem ser vistas como uma coleção de *ligações* e *nós*. Contudo, há uma grande diferença entre elas: no canal de distribuição (em direção ao consumidor final), as mercadorias têm fluxo normalmente *para baixo*, ao passo que a informação flui principalmente, mas não na totalidade, *para cima* no canal (em direção às fontes de matérias-primas).

A rede do fluxo de mercadorias e a rede de informação se combinam para formar um sistema logístico. As redes são combinadas uma vez que projetar cada uma delas em separado pode resultar num projeto sem a qualidade necessária para a totalidade do sistema. Assim, as redes são interdependentes. Por exemplo, o projeto da rede de informação exerce influência sobre os prazos do ciclo de pedidos para o sistema. Os prazos dos ciclos de pedidos, por sua vez, afetam os níveis de estoques que precisam ser mantidos nos *nós* da rede de mercadorias. A disponibilidade de estoques afeta os níveis de serviços aos clientes, e estes, por seu turno, afetam os prazos de ciclo de pedidos e o projeto da rede de informação. Além disso, há outras interdependências que obrigam a que se veja o sistema logístico como um todo, em vez de vê-lo por partes. Portanto, a rede deve ser construída como uma configuração de armazéns,

pontos de varejo, fábricas, alocação de estoques, serviços de transporte e sistemas de processamento de informação que possam atingir um equilíbrio ótimo entre os rendimentos derivados do nível de serviços ao cliente estabelecido pelo projeto da rede e os custos ligados à criação e operação dessa rede.

2.7 Métodos para localização de unidades de operações

As decisões de localizações para macrolocalizações referem-se às decisões aplicadas aos níveis hierárquicos: Região global, Sub-região e Comunidade. A decisão tomada quanto ao local específico é chamada de decisão de microlocalização. As análises para decisões de macrolocalização podem ser apoiadas por técnicas de ponderação de fatores ou pelo método do centro de gravidade, conforme apresentados a seguir:

2.7.1 Método de ponderação de fatores

Este método consiste basicamente em confrontar e avaliar alternativas de macrolocalização, ponderando-se vários fatores locais. Para aplicação deste método deve-se construir uma tabela composta pelas seguintes informações: na primeira coluna descrevem-se os fatores locais citados anteriormente de acordo com o nível hierárquico estabelecido, por exemplo: supondo que uma empresa deseje instalar um centro de distribuição em uma determinada comunidade e que para isso a empresa terá que escolher uma das 3 cidades existentes em um raio de 10 km. Neste caso o primeiro passo será identificar as cidades e logo em seguida estabelecer os fatores locais comuns para as três cidades. De acordo com as decisões políticas da empresa, deverão ser atribuídos pesos específicos para cada um dos fatores locais. Depois de efetivada esta tarefa, a comissão irá às três cidades para atribuir notas para cada um dos fatores locais, de acordo com a avaliação real das cidades. Estas notas deverão variar de zero a dez, sendo zero para a pior avaliação e dez para a avaliação mais favorável. Concluída esta atividade o passo seguinte será multiplicar o valor de cada ponderação atribuída anteriormente para os fatores locais pela nota atribuída a estes fatores em cada uma das cidades, ficando a tabela constituída na primeira linha pelas seguintes colunas: 1ª coluna – Fator local; 2ª coluna – Pesos atribuídos aos fatores; 3ª coluna - Notas das cidades 1, 2 e 3; 4ª coluna – Notas

ponderadas das cidades (multiplicação da coluna 2 pela coluna 3). No final da 4ª coluna deverá aparecer o somatório dos fatores locais ponderados. A cidade que obtiver maior pontuação dos fatores locais será a cidade escolhida para a localização da instalação.

2.7.2 Método do centro de gravidade

Segundo CORRÊA e CORRÊA (2004) o método do centro de gravidade ou do centróide é uma técnica para localização de uma unidade operacional, dadas as localizações existentes de suas principais fontes de insumos e clientes, além dos volumes a serem transportados entre estes locais. Essa técnica é muitas vezes utilizada para localizar armazéns intermediários ou de distribuição, dadas as localizações das fábricas e dos clientes.

Inicialmente, localizam-se em um *grid* simplificado as unidades já existentes (fontes de insumos e clientes). O propósito disso é estabelecer as distâncias entre os locais, conforme pode ser apresentado em um exemplo hipotético na Figura 2.3.

Supondo que existam cinco unidades instaladas em cidades distintas, conforme apresentado no *grid* da Figura 2.3. e que devem ser realizadas a distribuição do produto em estudo para estes locais, sendo que este produto deverá ser fabricado em Estância – SE, percebe-se que existe um problema de localização que deve ser solucionado.

Neste caso, o problema do exemplo consiste em identificar qual o melhor local para se instalar um armazém intermediário de distribuição entre a fábrica e os distribuidores independentes para que os custos de transporte sejam mínimos.

Portanto, obtém-se os seguintes dados:

Uma fábrica localizada no estado de Sergipe, em:

- Estância: posição aproximada 115, 50

Quatro distribuidores localizados em:

- Aracaju: posição aproximada 160, 105
- Nossa Senhora do Socorro: posição aproximada 150, 110
- Itabaiana: posição aproximada 120, 140
- Propriá: posição aproximada 195, 205

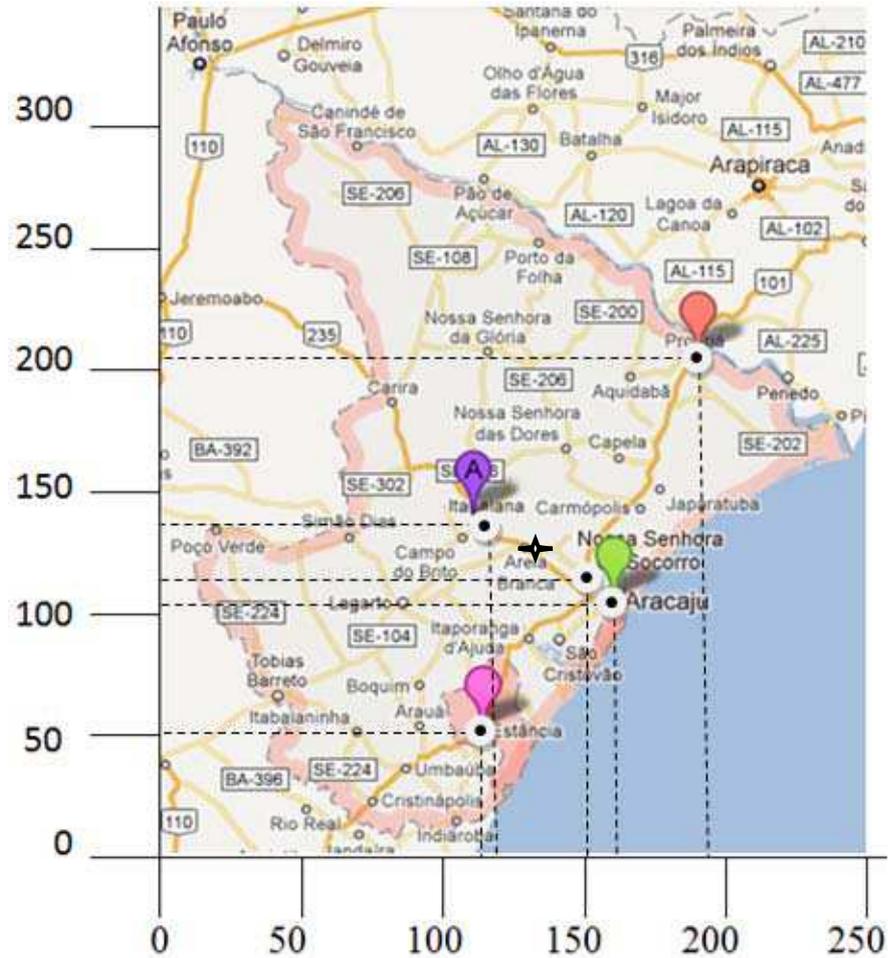


Figura 2.3 – Ilustração do uso de um *grid* para estudo locacional

Fonte: Adaptado de CORRÊA e CORRÊA (2004).

As quantidades hipoteticamente despachadas do produto fabricado em Estância para os distribuidores encontram-se na Tabela 2.1

TABELA 2.1 – Quantidade do produto despachado da fábrica para cada distribuidor

Local (SE)	Quantidades despachadas de/ou para o local (kg)
Estância	1.000
Aracaju	250
Nossa Senhora do Socorro	150
Itabaiana	200
Propriá	150

Este método procura encontrar o centro de gravidade dos pontos que representam os locais existentes, levando-se em consideração os pesos, volumes transportados, ou a partir do

ponto considerado ou para o ponto considerado. Neste caso, a resolução para este problema será feita mediante o cálculo das coordenadas do centro de gravidade da seguinte forma:

$$C_x = \frac{\sum d_i x_i V_i}{\sum V_i} \quad (2.1)$$

e

$$C_y = \frac{\sum d_i y_i V_i}{\sum V_i} \quad (2.2)$$

Onde:

C_x = coordenada x (eixo horizontal) do centro de gravidade

C_y = coordenada y (eixo vertical) do centro de gravidade

$d_i x_i$ = coordenada x do i ésimo local

$d_i y_i$ = coordenada y do i ésimo local

V_i = volume de bens movimentados para ou do i ésimo local

Substituindo-se nas Equações (2.1) e (2.2) os valores das coordenadas e das quantidades (kg) para as cidades, encontram-se as coordenadas da cidade onde deverá ser localizada o novo local para se instalar o armazém:

Analisando o resultado têm-se as coordenadas: x (131,85) e y (86,57) do *grid* como um ponto de partida para a decisão de macrolocalização do armazém intermediário, o qual poderia ser localizado em uma cidade entre Aracaju e Estância. Neste caso, observando o mapa com todos os municípios do estado de Sergipe, este método aponta aproximadamente para a cidade de São Cristóvão. Porém, é necessário verificar a veracidade desta informação através das análises dos resultados dos outros métodos propostos. O método do centro de gravidade é considerado como um ponto de decisão. No entanto, este ponto poderá não ser exatamente o ponto ótimo. Porém, empregando-o como um ponto de partida o analista agora poderá pesquisar em sua vizinhança para obter a localização ótima.

2.7.3 Método do ponto de equilíbrio

Segundo RITZMAN e KRAJEWSKI (2004) a análise do ponto de equilíbrio auxilia o

analista a comparar alternativas de localização com base nos fatores quantitativos que podem ser expressos em termos de custo total. Esta análise é útil quando o gerente deseja definir as amplitudes nas quais cada alternativa é melhor.

Os passos para as soluções gráfica e algébrica são:

- Determinar os custos variáveis e os custos fixos para cada localização. Os custos variáveis referem-se a parcela do custo total que varia diretamente com o volume de produção; e os fixos são a parcela do custo total que permanece constante independentemente dos níveis de produção.
- Traçar as linhas de custo total – a soma dos custos variáveis e fixos – para todas as localizações em um único gráfico.
- Identificar as faixas aproximadas para as quais cada localização possui o menor custo.
- Calcular algebricamente os pontos de equilíbrio referentes às faixas relevantes.

Para ilustrar este método, em um exemplo hipotético, pode-se limitar a quatro das unidades apresentadas nas cidades mais próximas a São Cristóvão, que foi identificada no método do centro de gravidade. Essa limitação tem como finalidade procurar um local mais adequado para novas instalações.

Supondo que os custos fixos anuais (terreno, imposto predial, seguro, equipamentos e edifícios) e os custos variáveis (mão-de-obra, materiais, transporte e despesas administrativas variáveis) são apresentados na Tabela 2.2.

TABELA 2.2 – Informe dos custos fixos e variáveis das cidades selecionadas

Local	Custos fixos por ano	Custos variáveis por kg
A – São Cristóvão	U\$ 150.000,00	U\$ 62,00
B – Aracaju	U\$ 300.000,00	U\$ 38,00
C – Nossa Senhora do Socorro	U\$ 500.000,00	U\$ 24,00
D - Estância	U\$ 600.000,00	U\$ 30,00

A etapa seguinte consiste em traçar as curvas de custo total para todas as cidades em um único gráfico. Em seguida, devem-se identificar no gráfico as faixas aproximadas nas quais cada cidade proporciona o menor custo.

Usando a análise do ponto de equilíbrio, calculam-se as quantidades de equilíbrio nas faixas relevantes. Se a demanda esperada for de 15.000 quilos por ano, qual deverá ser a melhor localização? A solução deste problema é:

Para traçar a linha de custo total de uma unidade, calculam-se inicialmente o custo total para dois níveis de produção $Q = 0$ e $Q = 20.000$ quilos por ano. Para o nível $Q = 0$, o custo total é simplesmente o custo fixo. Para o nível $Q = 20.000$, o custo total (custos fixos mais variáveis) é apresentado na Tabela 2.3:

TABELA 2.3 – Informe anual: custos fixos, custos variáveis e custo total

Local	Custos fixos por ano	Custos variáveis (custo / kg x n° kg total)	Custo total (fixo + variável)
A – São Cristóvão	U\$ 150.000,00	62 (20.000) = 1.240.000,00	1.390.000,00
B – Aracaju	U\$ 300.000,00	38 (20.000) = 760.000,00	1.060.000,00
C – Nossa Senhora do Socorro	U\$ 500.000,00	24 (20.000) = 480.000,00	980.000,00
D - Estância	U\$ 600.000,00	30 (20.000) = 600.000,00	1.200.000,00

Analisando as quatro cidades selecionadas, a projeção gráfica para os valores encontrados pode ser apreciada na Figura 2.4.

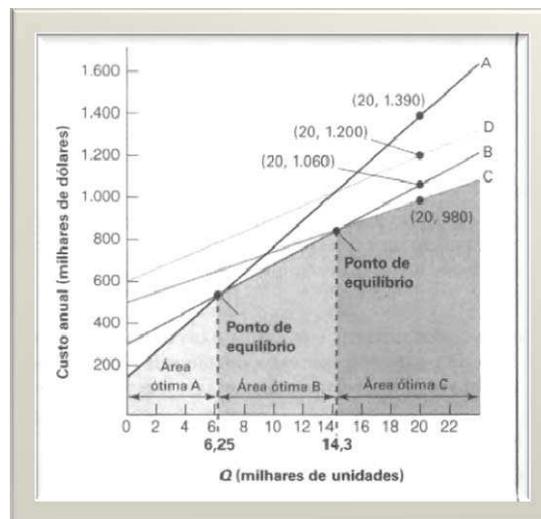


Figura 2.4 – Análise do ponto de equilíbrio para quatro localizações

Percebe-se que as linhas dos custos totais estão dispostas da seguinte forma:

- Para a cidade A (São Cristóvão) começa em ($Q=0$ e $C=150.000,00$) e termina em ($Q=20.000$ e $C=1.390.000,00$).
- Para a cidade B (Aracaju) começa em ($Q=0$ e $C=300.000,00$) e termina em ($Q=20.000$ e $C=1.060.000,00$).

- Para a cidade C (Nossa Senhora do Socorro) começa em (Q=0 e C=500.000,00) e termina em (Q=20.000 e C=980.000,00).
- Para a cidade D (Estância) começa em (Q=0 e C=600.000,00) e termina em (Q=20.000 e C=1.200.000,00).

A leitura que se faz da Figura 2.4 em análise é que a Cidade São Cristóvão, para estas condições, seria a melhor cidade para distribuir pequenas quantidades do produto em estudo; a cidade Aracaju para produtos intermediários e a cidade de Nossa Senhora do Socorro para volumes elevados. A cidade de Estância, para estas condições, não será mais considerada devido a seus custos fixos e variáveis serem maiores que os da cidade de Nossa Senhora do Socorro.

A quantidade do ponto de equilíbrio entre São Cristóvão e Aracaju está situada no final da primeira faixa, onde a cidade São Cristóvão é melhor, e no início da segunda faixa, onde a cidade de Aracaju é melhor.

Como as equações de custo total para as cidades A (São Cristóvão) e B (Aracaju) são:

$$(A) = U\$ 150.000 + U\$ 62Q \quad (2.3)$$

e

$$(B) = U\$ 300.000 + U\$ 38Q \quad (2.4)$$

Então, para determinar essa quantidade, efetuam-se os cálculos igualando-se as equações de custo total, como segue:

$$U\$ 150.000 + U\$ 62Q = U\$ 300.000 + U\$ 38Q$$

$$Q = 6.250 \text{ unidades}$$

Para calcular a quantidade de equilíbrio entre B (Aracaju) e C (Nossa Senhora do Socorro) localiza-se no final da faixa, em que B é otimizada, e no início da faixa final, em que C é otimizada.

Como as equações de custo total para as cidades B (Equação 2.4) e C (Equação 2.5) são dadas, então basta efetuar os cálculos igualando-se as equações de custo total para determinar essa quantidade.

$$(C) = U\$ 500.000 + U\$ 24Q \quad (2.5)$$

Desta forma, o resultado encontrado com os cálculos obtidos são:

$$U\$ 300.000 + U\$ 38Q = U\$ 500.000 + U\$ 24Q$$

$$Q = 14.286 \text{ unidades}$$

De acordo com as análises efetuadas para este método, o ponto de decisão para a instalação da nova unidade de distribuição será na cidade de Nossa Senhora do Socorro (C), uma vez que a previsão de demanda de 15.000 quilos por ano situa-se na faixa de grande volume para as condições hipoteticamente sugeridas.

Conforme foi observado, cada método apresentado tem sua particularidade e caberá ao analista logístico utilizar a ferramenta de forma adequada na tomada de decisão, visto que esta decisão terá que ser muito bem escolhida, pois uma vez determinado o local e instalada a unidade de armazenamento ficará mais difícil para a organização escolher outro local devido à perda dos recursos financeiros que foram aplicados na construção desta nova unidade.

Portanto, com relação à metodologia dos métodos para localização de unidades operacionais que foram desenvolvidos, ressalta-se que as explicações que foram abordadas como exemplos, são meramente hipotéticas, e que tiveram como objetivo facilitar a compreensão deste capítulo. Estes valores são fictícios.

2.8 Sistemas de secagem: análise econômica entre a secagem convencional e solar

Segundo DONZELES *et al.* (2007), a busca pela qualidade tem exigido cada vez mais das empresas agroindustriais o controle e acompanhamento de seus processos, insumos e matérias primas, de modo que os produtos comercializados atendam as expectativas do mercado. Esta afirmativa é reforçada por MACHADO (2009) ao justificar que o produtor é obrigado a buscar níveis mais elevados de profissionalismo para atender aos modernos padrões de qualidade, devido ao aumento da competitividade dos setores agroindustriais e o crescimento da produção nacional de grãos.

Diante deste contexto, a secagem e a armazenagem de produtos agropecuários constituem uma importante e dispendiosa etapa da cadeia produtiva de alimento e está diretamente relacionada com a qualidade final do produto, por permitir que o produto possa ficar armazenado por um maior período de tempo, mantendo-se com as mesmas propriedades.

Para YOUCEF *et al.* (2001), os custos relativos a esta etapa requerem atenção especial dos gestores, pois se forem elevados podem comprometer uma significativa parcela da rentabilidade ao fim do processo de produção e comercialização.

Em se tratando da secagem de grãos e sementes, MARTINS *et al.* (2005) afirmam que o custo do processo de secagem é uma das parcelas mais importantes e pode atingir até 20% do custo total das atividades relativas à pós-colheita.

No entanto, é possível utilizar as informações relacionadas com os custos do processo de secagem para estes produtos e adaptá-las para o processo de secagem dos resíduos de frutas enriquecidos proteicamente, viabilizando o processo na adição deste suplemento à ração animal.

A administração de um sistema de secagem requer alguns conhecimentos específicos, e para que o produtor possa administrá-lo corretamente é fundamental que ele saiba de algumas informações a respeito do secado tais como sua eficiência e consumo de energia. Segundo WEBER (2005), a umidade inicial do alimento que será inserido no secador influencia diretamente no custo da secagem, pois quanto maior for o teor de umidade do alimento maior será o tempo requerido para extraí-lo, resultando em um maior custo de secagem e esforço do secador. De acordo com PARTI e DUGMANICS (1990) para se obter a avaliação econômica de um sistema de secagem deve-se considerar a quantidade de água a ser retirada do produto, a temperatura de operação, o tempo de secagem, o desempenho do secador e o consumo específico de energia.

Um dos principais indicadores de rendimento de um sistema de secagem é o consumo específico de energia (CEE), que pode ser obtido pela Equação (2.6)

$$CEE = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Água evaporada}} \quad (2.6)$$

Analisando a Equação 2.6 é possível verificar que o resultado obtido com os cálculos do CEE informa a quantidade de energia dispensada por quilograma de água removida da massa do produto desidratado.

Segundo DONZELES *et al.* (2007) , o custo final do produto colocado no mercado depende diretamente de todos os gastos necessários para o seu processamento, da qual a secagem é uma das etapas de grande importância no ponto de vista da conservação e do custo final do produto.

MACHADO (2009) ao realizar a avaliação econômica da secagem do pedúnculo de caju em um secador convencional de bandejas, verificou que o maior custo de secagem foi aquele que utilizou a temperatura de 75 °C, com velocidade do ar de 3 m/s e espessura de 2

cm, com tempo final da secagem de 6 h e 50 min , obtendo um custo final com a secagem correspondente a R\$ 28,46 por kg de material seco. O ensaio que apresentou menor custo foi aquele com velocidade do ar de 6 m/s e espessura da camada de 1 cm, com tempo final de secagem de 4 h e 50 min, correspondendo a R\$ 12,88 por kg de material seco.

Quanto aos estudos relacionados com a avaliação econômica da secagem em um secador de radiação indireta sob convecção forçada, MACHADO (2009) encontra valores bastante competitivos ao fazer a comparação entre estes dois processos de secagem, concluindo que o ensaio que apresentou maior custo de secagem em secador de radiação indireta foi aquele que utilizou a velocidade do ar de 3 m/s e espessura da camada de 2 cm, com tempo final de secagem de 19 h, correspondendo a R\$ 3,74 por kg de material seco, e o ensaio que apresentou menor custo foi aquele com velocidade do ar de 6 m/s e espessura da camada de 1 cm, com tempo final de secagem de 10 h, correspondendo a R\$ 1,97 por kg de material seco.

MACHADO (2009) ao comparar economicamente estes dois sistemas de secagem do pedúnculo do caju, conclui que o secador solar é o mais econômico quanto ao custo de energia elétrica. Embora o secador convencional de bandeja demande menor tempo para a secagem, este apresenta custos mais elevados quando comparado com o secador solar.

Capítulo 3

Materiais e métodos

3. Materiais e métodos

Neste trabalho optou-se por obter os produtos, utilizando os resíduos como substrato para o crescimento celular de *Saccharomyces cerevisiae* de modo a obter enriquecimento nutricional e energético adequados, que permitam a utilização do resíduo enriquecido como suplemento na formulação da dieta de ruminantes.

Na primeira parte deste capítulo são apresentados os procedimentos e materiais utilizados para estudar a viabilidade técnica do enriquecimento das misturas de resíduos. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Transferência em Meios Porosos e Sistemas Particulados, da Unidade Acadêmica de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia da UFCG, em Campina Grande, PB.

Na segunda parte, são descritos os métodos propostos para verificar alguns aspectos relacionados com a disponibilidade e o mercado potencial, bem como para identificar a melhor localização de uma unidade produtora. O estudo foi focado na região Nordeste do Brasil e principalmente, no Estado de Sergipe.

3.1 Matérias-primas

Foram utilizados os resíduos: bagaço de pedúnculo de caju, casca de abacaxi e casca e albedo de maracujá. Os resíduos foram obtidos a partir de frutas frescas adquiridas no mercado local. O microrganismo utilizado para o enriquecimento foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae* prensada fresca, de uso comercial.

3.1.1 Preparação das amostras de resíduos

Os procedimentos foram similares aos relatados por diversos autores nos estudos com resíduos individuais: OLIVEIRA (2007) e ALEXANDRE (2010) para a casca e coroa de abacaxi; OLIVEIRA (2007) e OLIVEIRA (2010) para a casca e albedo de maracujá e CAMPOS (2003) e RIBEIRO FILHO (2010) para o bagaço de caju. A casca e albedo do maracujá eram separados manualmente da polpa e das sementes e triturados em liquidificador

doméstico. Os abacaxis eram também descascados manualmente, a polpa descartada e as cascas resultantes, com aproximadamente 2 mm de polpa aderida, trituradas em liquidificador doméstico. O pedúnculo de caju era triturado inteiro (sem a castanha) em liquidificador doméstico e o bagaço separado do suco mediante peneiramento e prensagem através de tecido de malha fina. Na Figura 3.1 se ilustram aspectos dos resíduos e da levedura utilizada como inóculo. Os resíduos assim obtidos eram condicionados em sacos plásticos e armazenados em freezer a -18°C para posterior utilização.



Figura 3.1– Levedura e resíduos de frutas utilizados no enriquecimento proteico

Em todos os experimentos foram utilizados misturas de massas iguais de bagaço de pedúnculo de caju, casca e albedo de maracujá e casca de abacaxi. Em ensaios preliminares também foi utilizada a coroa de abacaxi, que foi posteriormente descartada devido a seu baixo teor de açúcares e elevado conteúdo de fibras, características indesejáveis para o enriquecimento. Por outro lado, a coroa é geralmente descartada no campo, não sendo parte habitual dos resíduos nas indústrias processadoras de abacaxi.

3.2 Enriquecimento dos resíduos

O processo de enriquecimento das misturas de resíduos foi realizado por fermentação semissólida (FSS) em reator de bandeja. A espessura da camada foi mantida aproximadamente constante em todos os experimentos, em torno de 3 cm, conforme observado na Figura 3.2.



Figura 3.2 – Bioreator de bandeja

Os resíduos eram retirados do freezer para descongelar até atingir a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C). Os resíduos foram misturados com proporções iguais de bagaço de caju, bagaço de casca de maracujá e bagaço de casca e coroa de abacaxi, 166,67 g cada um, totalizando 500 g. A levedura, na percentagem indicada para o experimento, era inoculada e misturada manualmente com os resíduos na bandeja. Especial cuidado foi tomado para que a mistura e a granulometria dos resíduos fosse o mais homogênea possível e a amostragem com grau suficiente de aleatoriedade de modo a assegurar a reprodutibilidade dos ensaios.

Uma série de experimentos foi conduzida em estufa com circulação de ar e temperatura controlada. Neste equipamento o ar com temperatura e umidade relativas do ambiente do laboratório era soprado para o interior, onde era aquecido até a temperatura fixada e o escoamento do ar era paralelo à bandeja com velocidade inferior a 0,1 m/s. A segunda série de experimentos foi realizada em câmara climática, sem circulação de ar. Este equipamento possui elementos de controle e um sistema de alimentação de vapor de água de modo que é possível trabalhar com temperatura e umidade relativa do ar no interior da câmara, controladas de acordo com o *set point* escolhido.

Na Tabela 3.1 são mostradas as condições utilizadas para o enriquecimento da mistura dos resíduos, tendo como base para os valores adotados experimentos previamente realizados no laboratório para este trabalho, bem como dados disponíveis para os resíduos individuais porque não existe na literatura nenhum estudo relacionado com a interação da mistura para estes produtos. As variáveis proporção de levedura adicionada aos resíduos, temperatura e tempo de fermentação foram escolhidas considerando aquelas que tiveram os melhores resultados e, em alguns casos, consideradas como viáveis para os resíduos individuais, de

acordo com os autores consultados, mostrados no capítulo de revisão bibliográfica. É importante informar que as condições estabelecidas para os experimentos com umidade relativa controlada não foram baseadas em resultados relatados por outros autores, porque na pesquisa bibliográfica realizada não foram encontrados estudos considerando o efeito dessa variável. No entanto, foram mantidas condições próximas às utilizadas em estufa sem controle de umidade relativa para fins de comparação.

TABELA 3.1 – Condições para o enriquecimento dos resíduos

Equipamento	Inóculo % de levedura	T (°C)	t (h)	UR do ar %
Estufa com circulação de ar	8	33	48	40 ^(a)
	5	33	48	40 ^(a)
	5	33	24	40 ^(a)
Câmara climática	3	35	24	60 ^(b)
	3	35	24	70 ^(b)
	3	35	24	80 ^(b)

^(a) Valor médio estimado a partir das condições médias: T ambiente 25°C e UR ambiente 65%, aquecido isostericamente até 33°C.

^(b) Umidade relativa e temperatura do ar controlado dentro da câmara climática.

3.3 Secagem dos enriquecidos

Devido às necessidades de armazenamento do produto em condições adequadas, algumas das amostras obtidas após o enriquecimento foram submetidas à secagem em secador convectivo. As condições de secagem foram escolhidas de acordo com dados da literatura para os resíduos individuais. Na Tabela 3.2 encontra-se o tempo necessário segundo ALEXANDRE (2010), para resíduos de abacaxi em secador convectivo; OLIVEIRA (2010), para resíduos de maracujá em secador convectivo e RIBEIRO FILHO (2010,b) para bagaço de caju em estufa com circulação de ar, para a secagem dos resíduos individuais até 10% com temperatura de 60°C.

Com base nos resultados da Tabela 3.2, foram definidas as condições de secagem a ser utilizadas no presente trabalho com a mistura de resíduos: Secador convectivo a 60 °C durante 100 min, para verificar o efeito da secagem sobre a qualidade dos enriquecidos.

TABELA 3.2 – Condições de secagem dos resíduos e tempo necessário para a umidade atingir 10% (b.u)

RESÍDUO	Tempo (min)	T (°C)	SECADOR
Coroa de abacaxi ⁽¹⁾	40	60	Convectivo
Casca de abacaxi ⁽¹⁾	100	60	Convectivo
Casca e albedo de maracujá ⁽²⁾	50	60	Convectivo
Bagaço de caju ⁽³⁾	100	60	Estufa com circulação
Mistura dos resíduos	100	60	Convectivo

⁽¹⁾ Alexandre (2010)

⁽²⁾ Oliveira (2010)

⁽³⁾ Ribeiro Filho (2010b)

3.4 Caracterização dos resíduos e do enriquecido

Para acompanhar a qualidade dos produtos foram determinadas as características físico-químicas dos resíduos *in natura* bem como dos enriquecidos secos e não secos e acompanhar a cinética de crescimento celular através das seguintes análises:

a) Umidade: foi determinada pelo método da estufa 105 °C por 24 h, conforme metodologia utilizada apresentada por BRASIL (2008);

b) Açúcares redutores (AR): A quantificação dos ARs foi realizada com base na redução do ácido 3,5 dinitrosalicílico a 3-amino-5-nitrosalicílico (DNS), simultânea com a oxidação do grupo aldeído do açúcar a grupo carboxílico, conforme metodologia utilizada apresentada por MILLER (1959);

c) Proteína bruta: utilizou-se do método semi-micro Kjeldahl adaptado para nitrogênio, sendo realizada uma pré-digestão ácida e espectrofotometria com leitura a 420 nm para determinação da concentração de proteína bruta do resíduo, conforme metodologia utilizada apresentada por TEDESCO (1995). De acordo com CAMPOS *et al.* (2005) O método Kjeldahl baseia-se na determinação do nitrogênio total (nitrogênio inorgânico e orgânico) contido no meio fermentativo e por meio de um fator de correção é transformado em proteína bruta. Este fator de correção está associado ao fato das proteínas terem % de nitrogênio quase constante, em torno de 16%. A curva de calibração foi obtida utilizando cloreto de amônia como padrão.

3.5 Modelagem da fermentação

3.5.1 Valor médio esperado

Para ter um meio de comparação com os resultados de enriquecimento dos resíduos individuais foi definido o valor médio esperado (VME), calculado através da média ponderada dos valores individuais, de acordo com a Equação (3.1)

$$\text{VME} = \frac{1}{\text{MT}} (\text{PB}_{\text{BC}} \mathbf{m}_{\text{BC}} + \text{PB}_{\text{CA}} \mathbf{m}_{\text{CA}} + \text{PB}_{\text{CoA}} \mathbf{m}_{\text{CoA}} + \text{PB}_{\text{CAM}} \mathbf{m}_{\text{CAM}}) \quad (3.1)$$

Onde:

VME: valor médio esperado de proteína bruta (b.s.)

PB: proteína bruta (% b.s.)

MT: massa total (g)

m: massas individuais dos resíduos

Índices:

BC bagaço de caju

CA casca de abacaxi

CoA coroa de abacaxi

CAM casca e albedo de maracujá

Os valores individuais foram aqueles reportados na literatura nas condições ótimas recomendadas por diversos autores, citadas na bibliografia.

3.5.2 Cinética de enriquecimento

A cinética de enriquecimento foi determinada a partir do consumo de açúcares redutores, para as diversas condições operacionais estudadas.

A modelagem foi realizada mediante uma cinética de primeira ordem, Equação (3.2)

$$\frac{dc_{AR}}{dt} = -Kc_{AR} \quad (3.2)$$

Onde:

K , constante

C_{AR} , concentração de açúcares redutores

Considerando a condição inicial:

$C_{AR}(0) = C_{AR}^0$, a evolução da concentração de AR é dada pela Equação (3.3)

$$\frac{C_{AR} - C_{A\infty}}{C_{AR}^0 - C_{A\infty}} = \exp(-Kt) \quad (3.3)$$

Onde: $C_{A\infty}$ é a concentração de açúcares redutores no equilíbrio.

Mediante método de ajuste não linear aos dados experimentais, foram estimados os parâmetros cinéticos: constante de primeira ordem: K (h^{-1}) e concentração de açúcares redutores no equilíbrio: $C_{A\infty}$ (%).

Estima-se que a perda de água ocorra pelo mecanismo de secagem a taxa constante. Isto implica que, nas condições utilizadas, a transferência de água pode acontecer com controle pela resistência externa. Nesse caso, a Equação de secagem apresentada é:

$$\frac{dX}{dt} = -k_s \quad (3.4)$$

Onde k_s é a constante de secagem.

Mediante ajuste dos dados experimentais foram determinados os valores de k_s para as condições estudadas.

3.6 Identificação dos fornecedores da matéria-prima e dos seus potenciais produtores: análise e quantificação do mercado potencial.

Para identificação dos fornecedores foi realizada uma pesquisa de campo que teve como finalidade além da identificação dos potenciais produtores, a distribuição geográfica e quantificação da disponibilidade da matéria-prima. Também foram aplicados questionários nas associações de produtores rurais para identificação do mercado potencial, através de análise e sensibilização de mercado.

De acordo com BALLOU (2006), o problema de planejamento da rede é aquele de especificar a estrutura através da qual os produtos fluirão de seus pontos de origem até os pontos de demanda. Envolve, portanto, determinar quais as instalações que devem ser utilizadas, quantas deveria haver, onde deveriam estar localizadas, quais os produtos e clientes

devem ser designados a elas, quais os serviços de transportes deveriam ser utilizados entre elas e como as instalações deveriam ser atendidas. Este problema é de alta importância para a gerência, uma vez que pode gerar economias anuais de 5 a 15% dos custos logísticos totais.

3.7 Processo de planejamento da rede

Neste processo, verificou-se a viabilidade em se obter o resíduo diretamente da fábrica, visando à redução dos custos logísticos.

Uma vez identificada a melhor localização para a instalação da central de processamento do suplemento, o produto enriquecido deverá ser enviado para os potenciais consumidores do estado de Sergipe.

Desta forma, o planejamento da rede envolverá inicialmente os fornecedores da matéria-prima, especificamente as empresas processadoras de sucos de frutas, em seguida, estes resíduos serão direcionados para a central de processamento do suplemento, que deverá ser instalada na cidade da empresa de melhor localização, de preferência bem próximo ao local. Depois de processado o suplemento, estes serão comercializados da melhor forma para os possíveis produtores que utilizam ração animal, finalizando a cadeia de planejamento da rede logística.

3.8 Métodos para localização de unidades de operações

Conforme descrito no Capítulo 2, os métodos que foram utilizados e que estão relacionados com a localização das unidades de operações correspondem a: método da ponderação de fatores, método do centro de gravidade e método do ponto de equilíbrio, tendo como finalidade, encontrar a melhor forma de distribuição do suplemento, bem como, identificar o local mais próximo da matéria-prima necessária para a produção deste suplemento proteico.

Capítulo 4

Resultados e discussão

4. Resultados e discussão

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos no estudo da viabilidade produtiva na obtenção de enriquecidos proteicos para ração animal a partir de resíduos de frutas, visando o melhor armazenamento, a melhor logística de distribuição e a minimização dos custos do produto final através de análise econômica.

Para a realização da pesquisa procurou-se primeiramente identificar os fornecedores da matéria-prima para o desenvolvimento do produto, catalogando e verificando o potencial produtivo das indústrias de suco de frutas existentes nos seguintes Estados: Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte. Em seguida, foi realizada a análise e quantificação do mercado potencial para aquisição do produto. Para verificar a viabilidade técnica foram realizados estudos experimentais de enriquecimento de misturas de resíduos em escala de laboratório, baseados em pesquisas anteriores. Os resultados obtidos, visando às melhores condições operacionais, são mostrados no ponto 4.2.

Com relação à logística, foi estudada a melhor forma de distribuição física dos produtos de modo a contribuir com o apoio logístico na gestão da cadeia de suprimentos. Para tanto, foram realizadas análises das instalações e localizações das prováveis indústrias produtoras de resíduos enriquecidos para a ração animal utilizando os resíduos de frutas. Finalmente, são apresentados os resultados de uma avaliação simplificada da viabilidade econômica do processo.

4.1 Identificação dos fornecedores das matérias-primas e dos seus potenciais produtores

Para a identificação dos fornecedores das matérias-primas foi realizada uma pesquisa bibliográfica através de jornais de grande circulação nos estados, internet e informações obtidas com pesquisadores profissionais de outras universidades que possuem projetos de pesquisas envolvendo indústrias produtoras de polpa de frutas.

Devido à grande quantidade de indústrias que processam polpas de frutas no Brasil, principalmente na região sudeste, a pesquisa ficou limitada aos seguintes estados brasileiros da região Nordeste; AL, CE, PB, PE, RN e SE. Estas empresas foram inicialmente contatadas com os responsáveis pelo processo produtivo, visando obter informações pertinentes à

pesquisa. Em seguida, foram elaboradas tabelas relacionando todas as empresas selecionadas para a visita no local, tendo como propósito verificar as condições das instalações, a qualidade dos resíduos de frutas desperdiçados pelas indústrias, destinação dos resíduos, quantidade produzida por dia, entre outros.

Observa-se na Tabela 4.1 indústrias produtoras de sucos em AL, CE, PB, PE e RN.

TABELA 4.1 – Indústrias especializadas na produção de polpa de frutas

UF	INDÚSTRIA	ENDEREÇO	CIDADE	CEP	CONTATO
AL	SHUPS – Sorvetes e Polpa de Frutas	Avenida Moreira Silva, nº 676 - Farol	MACEIÓ	57.021-500	(82) 2123-2626 (82) 3326-2626
CE	Itaueira Agropecuária S/A	Rua João Lobo Filho, nº 423 - Fátima	FORTALEZA	60.055-360	(85) 4008-9113
PB	Polpa de Frutas Ideal	Rua: Empresário Waldemar Pereira do Egito, Lote 643 - Distrito Industrial de Mangabeira	JOÃO PESSOA	58.058-660	(83) 3208-7000 0800 281-9393
PE	Fruta Pluss Setor de Produção	Rodovia Km 12 BR 101 – Estrada do Passarinho – Jardim Paulista	PAULISTA	52.170-000	(81) 3433-7929
PE	CANAÃ – Agroindustrial Frutnaã Ltda.	Rodovia PE 75 km 03 - Distrito Industrial	GOIANA	55.900-000	(81) 3626-2166
PE	Niagro - Nichirei do Brasil Agrícola Ltda.	Av. Luis de Souza, S/N, quadra H Lotes 14 a 17 - Distrito Industrial	PETROLINA	56.308-420	(87)2101-1433
PE	Noragrinc Ltda.	Rua Madrid, nº 314 - Imbiribeira	RECIFE	51.180-020	(81) 3087-2800
RN	Nordeste Fruit	Rua Presidente Tancredo Neves, nº 777 - Santa Tereza	PARNAMIRIM	59150-000	(84) 3272-2762

Diante do cenário referente às indústrias processadoras de sucos de frutas nos estados apresentados, o Estado de Sergipe foi escolhido, entre os demais, devido à grande disponibilidade em obter informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa, bem como pela facilidade em aplicar a pesquisa de campo.

Por ser o Estado de Sergipe contemplado com suas riquezas naturais e possuir grande disponibilidade de empresas produtoras das matérias-primas para o produto em estudo, o tamanho do território foi um fator decisivo na escolha do estado, tendo em vista a facilidade

da pesquisa no local. Sergipe é o menor dos estados brasileiros, e ocupa uma área territorial equivalente a 21.910 km². E por ser o menor estado da federação brasileira, isto facilitou consideravelmente o mapeamento e a pesquisa no local das empresas selecionadas. Este foi um dos critérios decisivos na escolha do estado da região Nordeste. Outro ponto fundamental observado no processo de seleção do estado foi que o Estado de Sergipe é produtor de todas as três frutas utilizadas no processo de fermentação proposto na pesquisa.

Nas Tabelas 4.2 e 4.3, apresentadas a seguir, constam relações das empresas que produzem frutas, legumes, sucos no Estado de Sergipe, com atividades de processamento, preservação e produção de conservas de frutas. Todas as empresas relacionadas possuem potencial perfil empresarial na realização do desenvolvimento do produto proposto.

TABELA 4.2 - Relação das empresas sergipanas produtoras de frutas, legumes e sucos com atividades de processamento, preservação e produção de conservas de frutas

CNPJ	RAZÃO SOCIAL	BAIRRO	CEP	ENDEREÇO	CIDADE
00190419000153	Francisco de Assis Grossi Araujo	Zona Rural	49190000	Fazenda Lagoa Funda, s/n	Pirambu
00190419000234	Francisco de Assis Grossi Araujo	Zona Rural	49780000	Povoado Arrodeador Sitio Rodeador	Muribeca
00368500276586	Fazenda São Eraldo	Zona Rural	49940000	Povoado Saco Das Varas, s/n	Malhada dos Bois
01004984000141	H. B. Indústria e Comércio Ltda.	D.I.M	49770000	br-se 226 qd. 3	Maruim
01174276000159	Adam Antônio de Oliveira	Centro	49360000	Av. Jose Carlos Machado 1	Boquim
01489226000160	Pomar Ind. e Com. de Alimentos Ltda.	Grageru	49025640	Alameda Celi Prado de Oliveira, nº 94	Aracaju
02330566000107	Beneficiadora Coopercitrus Pereira Ltda.	JJ Zona Rural	49360000	Rod Engº Joel Fontes 1 km 1	Boquim
02999342000192	Côco Bom Indústria e Comércio Ltda.	Distrito Industrial de Socorro	49160000	BR 101 km 92	Nossa Senhora do socorro
03588832000169	Cooperativa Fruticultores Projeto cali	dos Perímetro Irrigado Califor	49820000	Lote 1s-01	Canindé de São Francisco
04069834000104	União Tropical Ltda.	Zona Rural	49940000	BR-101, km 22 Cruz das Donzelas	Malhada dos Bois

05040690000126	Roberta Lima Martins Moreira	Zona Rural	49980000	Distrito Irrigado do Plator de Neópolis, nº 23 Sala 2	Neópolis
05170385000159	Indústria de Polpa de Fruta Pirambu Ltda.	Centro	49190000	Rua A 24 Conjunto Reinaldo Moura	Pirambu
05206591000171	Agropastoril Demeter Indústria e Comércio Ltda.	Zona Rural	49780000	Sítio Rodeador, s/n	Muribeca
05427742000111	Abais Frutas Ltda.	Zona Rural	49940000	BR-101, km 22 - Anexo I	Malhada dos Bois
05470344000188	Fábrica de Conservas de Frutas Santa Cruz Ltda.	Zona Rural	49900000	Povoado Santa Cruz	Propriá
06000445000158	Comércio de Castanha e Amendoim União Ltda.	Zona Rural	49500000	Povoado Carrilho 1	Itabaiana
06698853000125	Agroindustrial Demeter Ltda	Distrito Industrial Aquidabã	49790000	Rodovia SE 220, Povoado Lagoa da Caatinga	Aquidabã
13039912000119	Manoel A. Menezes Indústria e Comércio, Fazenda Taquari	Centro	49015080	Av Barão de Maruim 49	Aracaju
13039912000208	Manoel A Menezes Indústria e Comércio, Fazenda Brejinho	Centro	49015080	Av Barão de Maruim 49	Aracaju
13936836000144	Pamal Produtos Alimentícios Maia Ltda.	S. Filho	49027000	Aav. Franklim de Campos Sobras nº 45	Aracaju
15601586000117	Freire & Silva Ltda.	Centro	49360000	Av. Paulo Barreto de Menezes 799	Boquim
32782864000107	Citricultura Sergipana Ltda.	Santa Clara	49270000	Rua Vereador Antonio C. Almeida	Cristinápolis

Fonte: FIES, Federação das Indústrias do Estado de Sergipe (2002)

TABELA 4.3 - Relação das empresas sergipanas com atividades de produção de sucos de frutas e de legumes

CNPJ	RAZÃO SOCIAL	BAIRRO	CEP	ENDEREÇO	CIDADE
00093479000158	Laranja Express Ltda.	Pereira Lobo	49052370	Rua Vicente Celestino 235 A	Aracaju
00208063000138	Isabel de Fátima Vieira Fonseca Burgos	Povoado Bulandeira	49220000	Sítio Santa Isabel	Araúá
00214629000134	JRM Polpas e Frutas Ltda.	Centro	49360000	Rua José Leopino 18 casa	Boquim
00452421000153	Sucovita Ind. Des. e Polpas Cong. Ltda.	Alagoas	49200000	Av. A, Distrito Indust. de Estancia, s/n	Estância
01205313000149	Caio Samyr Carvalho	Centro	49025440	Rua Manoel Espírito Santo, nº 388	Aracaju
02801709000111	Susel Sucos de Sergipe Ltda.	Colonia Treze	49400000	Rod. Lourival Batista, KM 28	Lagarto
03239002000126	Boquim Sucos e Polpas Ltda.	Zona Rural	49360000	Povoado Olhos d'água Punga 35 Sala O	Boquim
03599618000108	Frutal Fruticultura Tropical Ltda.	Platô de Neópolis	49980000	Lote 06 Platô de Neópolis	Neópolis
03822667000168	Maratá Sucos do Nordeste Ltda.	Alagoas	49200000	Av. Joao Lima da Silveira, s/n BR 101	Estância
04734970000171	Sabor da Nossa Terra Ind. e Com. Ltda.	Ponto Novo	49040690	Rua F, 22	Aracaju
04819485000109	Agroindustrial Sergipe Nordeste Ltda.	Distrito Industrial	49160000	Rua 8 Quadra 19 Lote 20	Nossa Senhora do Socorro
05556690000183	Pedro Luiz Matos Moura	Zona Rural	49120000	BR 101, KM 118,7 galpão	Itaporanga D'ajuda
05823503000180	Rabelo Sá e Frutos Ltda.	Aeroporto	49035000	Rua A 159 Loteamento Santa Tereza	Aracaju
05845171000135	Gosto da Fruta indústria de Polpas Ltda.	18 do Forte	49070000	Rua 28 BC 34	Aracaju
06926492000127	Mr Soares Ind. e Com. de Sucos Ltda.	Zona Rural	49360000	Fazenda Santo Antônio 0	Boquim
13019229000110	Frutene - Indústria de Frutas do Nordeste S/A	Alagoas	49200000	Rua J, 45	Estância
13504691000102	Frutos Tropicais S/A	Alagoas	49200000	Av João Lima da Silveira s/n	Estância
32838005000184	Frutos de Sergipe S.A.	Zona Urbana	49360000	Núcleo Industrial e de Serviços de Boquim s/n	Boquim

Fonte: FIES, Federação das Indústrias do Estado de Sergipe (2002)

4.2 Produção e rendimento dos resíduos de frutas no Estado de Sergipe

A Tabela 4.4, apresenta dados do IBGE sobre a produção, a área colhida e o valor da produção do abacaxi e do maracujá em Sergipe no ano de 2010. Não foram encontrados nessa fonte dados acerca da produção sergipana de caju.

TABELA 4.4 – Área plantada, quantidade produzida e valor da produção de abacaxi e maracujá no Estado de Sergipe, em 2010

Cultura	Área Plantada (ha)	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (1.000,00 R\$)
Abacaxi	919	21.822	19.330
Maracujá	4.928	45.956	23.910

Fonte: IBGE (2010).

Com relação à distribuição regional, a Tabela 4.5 apresenta dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Desenvolvimento Rural de Sergipe, referentes aos principais municípios sergipanos produtores de abacaxi e de maracujá.

TABELA 4.5 - Principais pólos produtores de abacaxi e maracujá de Sergipe

Cultura	Principais produtores
Abacaxi	Nossa Senhora das Dores, Estância, Japoatã, Aquidabã e Riachão.
Maracujá	Lagarto (75% da produção do estado), Salgado, Estância e Neópolis.

Fonte: Secretaria de Estado da Agricultura e do Desenvolvimento Rural de Sergipe (2012)

De acordo com Silva e Zambiasi (2008), na elaboração de produtos oriundos do abacaxi, em especial no processamento do abacaxi em calda, há um grande acúmulo de cascas, centros e aparas, ou seja, partes que não são utilizadas pelas indústrias em geral. Os mesmos autores acrescentam que a porção comestível da fruta representa somente de 22,5 a 35% do fruto, sendo o restante descartado. Além disso, os autores enfatizam que as cascas possuem quantidades consideráveis de polpas aderidas que também são descartadas juntamente com os outros resíduos.

A Tabela 4.6 apresenta dados referentes à proporção de cada parte da fruta no peso total do abacaxi, para uma amostra de 35 frutos.

TABELA 4.6 – Percentuais relativos das diferentes partes do abacaxi

Parte	Peso Total (kg)	Médias (kg)	Percentual	Informações
Abacaxi inteiro	59,37 ± 4,3	1,69 ± 2,4	100,00%	± Desvio-padrão * Cascas, aparas, centro e coroa ** Percentual em relação ao peso total do abacaxi
Resíduos totais*	36,01 ± 3,8	1,02 ± 2,1	60,65%	
Polpa	23,36 ± 2,9	0,66 ± 1,7	39,35%**	
Cascas + Polpa aderida	1,83 ± 1,3	0,53 ± 1,7	31,72%**	
Polpa extraída das cascas	6,25 ± 1,8	0,17 ± 0,9	10,54%**	
Cascas	1,25 ± 1,3	0,35 ± 1,5	21,18%**	

Fonte: Silva e Zambiazzi (2008)

Segundo Müller (1978) a proporção de cada parte da fruta no resíduo da indústria, assim como sua composição química, varia de forma considerável de acordo com a variedade da fruta, sua maturidade, qualidade da produção fotossintética (conteúdo de açúcar) e tecnologia empregada pela indústria processadora.

A Tabela 4.7 apresenta valores das participações relativas (rendimentos), com uma porção de caju pesando 65,2 Kg.

TABELA 4.7 – Características físicas dos componentes do caju

Parte da fruta	Massa (kg)	Rendimento (%)
Fruta (castanha + pedúnculo)	65,2	100
Pedúnculo	62,5	95,86
Polpa	56,1	86,04
Bagaço do pedúnculo	6,4	9,81
Castanha	2,5	3,83
Perda	0,2	0,32

Fonte: Silva *et al.* (2010)

Conforme observado na Tabela 4.7, este estudo teve como objetivo, identificar o percentual dos principais componentes da fruta e foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola e no Laboratório Químico de Biomassa da Unidade Acadêmica de Engenharia Química, da Universidade Federal de Campina Grande – PB.

Com relação ao maracujá, boa parte do peso total da fruta consiste na sua casca e sementes, conforme mostra a Tabela 4.8. As cascas são formadas basicamente por carboidratos, proteínas e pectinas (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

É apresentada na Tabela 4.8 a composição física do maracujá *in natura*, observando-se que 76,5% do fruto são compostos por sementes, casca e albedo.

TABELA 4.8 – Composição física do maracujá *in natura*

Maracujá	Composição (%)
Casca e albedo	50,3
Suco	23,2
Sementes	26,2

Fonte: Oliveira *et al.* (2002)

A partir dos dados anteriores de produção e composição foi estimada a disponibilidade dos resíduos. Os resultados, apresentados na Tabela 4.9, mostram a possibilidade de instalação de unidades produtoras, dispondo de matéria-prima suficiente para produção em escala industrial. Numa estimativa conservadora de que apenas 10% do bagaço de caju desperdiçado no Nordeste poderiam ser utilizados, o total de resíduos potencialmente disponíveis, considerando o total da produção das frutas, seria em torno de 62.000 ton/ano.

TABELA 4.9 – Disponibilidade dos resíduos no Estado de Sergipe

Resíduo	Disponibilidade potencial (ton/ano)
Resíduos totais de abacaxi	13.000
Casca de abacaxi com polpa aderida	6.922
Casca e albedo de maracujá	23.115
Bagaço de pedúnculo de caju*	194.440*

*Valor em toda a região Nordeste baseado numa estimativa de 1.900.000 ton de desperdício do pedúnculo de caju. Fonte: Melo (2010)

4.3 Enriquecimento proteico de misturas de resíduos

4.3.1 Caracterização da mistura de resíduos

A mistura de resíduos, obtida conforme metodologia mostrada no Capítulo 3 e aqui designada *in natura* foi caracterizada em condições ambientes mediante a determinação de açúcares redutores, umidade, atividade de água e proteína total.

Observa-se na Tabela 4.10 que as características de conteúdo de açúcares redutores, umidade e atividade de água do material *in natura* são semelhantes às de outros resíduos, sendo estas características utilizadas na literatura e consideradas compatíveis com as condições requeridas para que o crescimento celular seja realizado com sucesso, adequadas, portanto para o enriquecimento proteico utilizando *Saccharomyces cerevisiae*, (RIBEIRO FILHO, (2010); OLIVEIRA, (2007) e CAMPOS (2003)).

TABELA 4.10- Caracterização química e física da mistura de resíduos: bagaço de caju, casca de maracujá, casca e coroa de abacaxi

Parâmetros Analisados	Unidade	Mistura de resíduos <i>in natura</i>
AR	g de açúcares/100g amostra na b.s.	11,53 ± 0,07
	g de açúcares/100g amostra na b.u.	2,36 ± 0,001
Umidade	g de H ₂ O/g sólido na b.s.	389,09 ± 16,01
	g de H ₂ O/g sólido na b.u.	80,0 ± 1,0
Atividade de água a 25 °C	-	0,956 ± 0,008
Proteína total (% b.s)	g de proteína/100g amostra na b.s.	5,25 ± 0,5

4.3.2 Enriquecimento proteico de misturas de resíduos em estufa com circulação de ar

A Tabela 4.11 apresenta os resultados de caracterização dos resíduos enriquecidos a 33 °C, com 8% de inóculo de levedura após 48 h de fermentação em estufa com circulação de ar. Comparando os dados do material *in natura* apresentados nas Tabelas 4.10 e 4.11, os resultados confirmam que de acordo com a queda dos açúcares redutores de 11,53% b.s (Tabela 4.10) para 1,42% b.s (Tabela 4.11), e aumento da proteína bruta, de 5,25% (Tabela 4.10) para 20,2% b.s (Tabela 4.11), houve enriquecimento compatível com o esperado para este tipo de material. Os desvios observados nas repetições são aceitáveis, considerando a dificuldade em se obter amostras representativas e reprodutíveis no material extremamente heterogêneo que constitui a mistura de resíduos.

TABELA 4.11 - Caracterização química e física da mistura de resíduos: bagaço de caju, casca de maracujá, casca e coroa de abacaxi, enriquecidos a 33 °C, com 8% de inóculo de levedura após 48 horas de fermentação em estufa com circulação de ar

Parâmetros Analisados	Unidade	Enriquecido
AR	g de açúcares/100g amostra na b.s.	1,42 ± 0,21
	g de açúcares/100g amostra na b.u.	0,44 ± 0,02
Umidade	g de H ₂ O/g sólido na b.s.	228,27 ± 48,75
	g de H ₂ O/g sólido na b.u.	69,05 ± 4,84
Atividade de água a 25 °C	-	0,946 ± 0,007
Proteína total (% b.s)	g de proteínas/100g amostra na b.s.	20,2 ± 2

As condições de operação temperatura e percentagem de inóculo, utilizadas neste caso para a mistura de resíduos são diferentes das recomendadas como ótimas por alguns autores (RIBEIRO FILHO (2010) para bagaço de caju; OLIVEIRA (2007) para resíduos de abacaxi e maracujá). Esses autores, trabalhando em condições otimizadas, obtiveram valores de proteína bruta para os resíduos individuais enriquecidos, mostrados na Tabela 4.12. Comparando com os resultados obtidos no presente trabalho, o valor de 20,2% de proteína bruta para a mistura de resíduos, observa-se que está de acordo com o esperado para os resíduos individuais enriquecidos em condições otimizadas, apontando para uma desejada versatilidade e flexibilidade na instalação de unidades para aproveitamento dos resíduos das indústrias de processamento de frutas.

TABELA 4.12 – Comparação dos resultados obtidos no enriquecimento da mistura de resíduos com os valores para os produtos individuais

Produto	Proteína bruta % (b.s)
Bagaço de caju (1)	20,71
Casca de abacaxi (2)	17,85
Coroa de abacaxi (2)	23,88
Casca e albedo de maracujá (2)	17,92
Valor médio esperado (Eq. 3.5)	19,83
Valores obtidos (3)	20,2 ± 2

(1) Ribeiro Filho (2010) valores nas condições otimizadas

(2) Oliveira (2007) valores nas condições otimizadas

(3) Presente trabalho

A fim de verificar se o comportamento da mistura, quanto ao enriquecimento, segue o esperado a partir dos resíduos individuais, foi definido o valor médio esperado (VME), através da média ponderada dos valores individuais, de acordo com a Equação (3.1).

Pelos valores apresentados na Tabela 4.10 é evidente que, apesar das condições utilizadas no presente trabalho: 8% de levedura, 33 °C e 48 h de fermentação, não corresponderem às sugeridas pelos autores como as melhores condições para os respectivos resíduos individuais, a mistura de resíduos se comportou de acordo com o esperado, ou seja, o valor médio esperado (VME) de proteína na mistura de acordo com a Equação (3.1) foi de 19,83% e o obtido pelo experimento foi, em média, de 20,2%, sendo compatíveis com os valores presentes na literatura.

Os resultados com 5% de leveduras a 33 °C durante 48 h, com circulação de ar de umidade relativa não controlada, em torno de 40%, são apresentados na Tabela 4.13 que mostra a evolução no tempo das variáveis acompanhadas ao longo do enriquecimento. Observa-se que os valores de AR, umidade e atividade de água do material *in natura* são compatíveis com as condições requeridas para FSS e se mantém em níveis adequados para que o crescimento celular seja realizado com sucesso ao longo das 48 h de processamento.

TABELA 4.13 – Fermentação com 5% de leveduras
Saccharomyces cerevisiae a 33 °C durante 48 h

T (h)	AR (%)	X _{bu}	X _{bs}	a _w	PB (%)
0	4,40	0,82	4,621	0,963	6,20
12	0,32	0,79	3,841	0,954	28,35
24	0,54	0,79	3,814	0,953	29,39
48	0,49	0,68	2,187	0,938	31,45

Os resultados são mais bem visualizados nas Figuras 4.1 e 4.2 onde se observa que em torno das 12 h praticamente não há mais consumo de açúcares redutores nem produção de proteína, indicando que o sistema chega a condições próximas do equilíbrio.

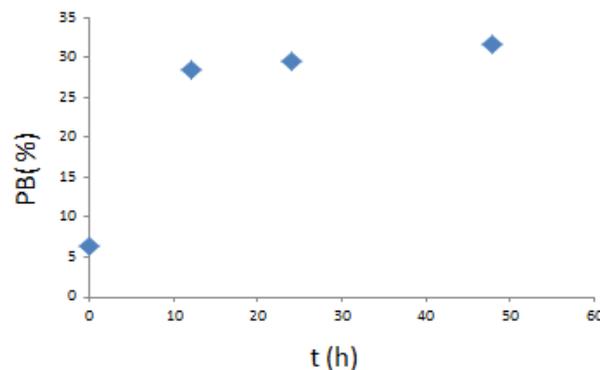


Figura 4.1 – Aumento do teor de proteína em função do tempo (h). (Inóculo 5%. T = 33 °C).

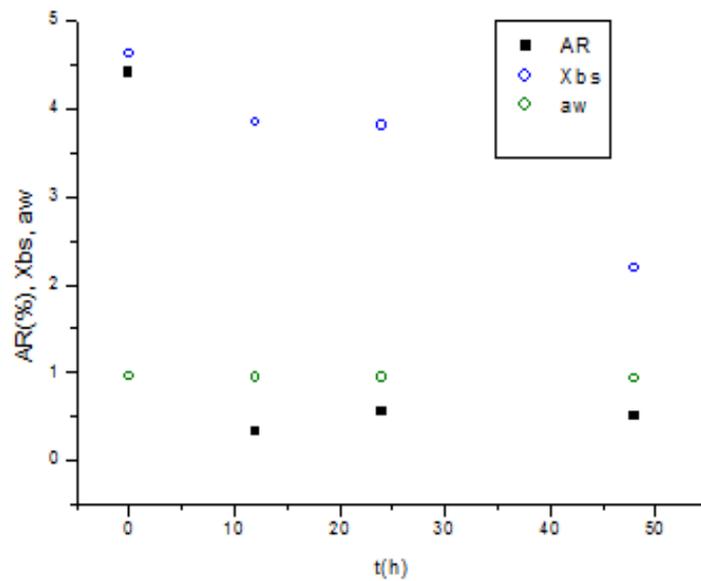


Figura 4.2 – Consumo de açúcares redutores e evolução da umidade e atividade de água durante o enriquecimento (Inóculo 5%. T = 33 °C).

Comparando as Figuras 4.1 e 4.2, verifica-se que o consumo de açúcares redutores acompanha cineticamente o aumento de proteína bruta, sendo então um indicador válido para o estudo do enriquecimento por crescimento celular. Observa-se na Figura 4.2 que nas condições de fermentação utilizadas há uma diminuição importante da umidade dos bagaços. Entretanto, a atividade de água se mantém mais estável variando de 0,96 na mistura de resíduos *in natura* até 0,94 após 48 horas de fermentação.

4.3.3 *Estudo do enriquecimento proteico de mistura de resíduos em câmara climática com umidade relativa do ar controlada*

No ponto anterior foi mostrado que durante o enriquecimento proteico de mistura de resíduos em estufa com circulação de ar com umidade relativa em torno de 40%, constatou-se que, apesar da temperatura relativamente baixa, 33 °C, o fluxo paralelo de ar provoca perda de água considerável durante a fermentação. Apesar de que a atividade de água foi mantida acima de 0,9 em níveis compatíveis com a reprodução celular, cabe verificar se um controle da umidade relativa do ar durante a fermentação poderia favorecer o processo.

Na Figura 4.3 é observado o teor de açúcares redutores em função do tempo (horas) e na Figura 4.4 a evolução da umidade dos bagaços durante a FSS conduzida em câmara climática com umidade relativa do ar (UR) controlada nos valores de 60, 70 e 80%. Observa-

se na Figura 4.3 que as curvas apresentam comportamento bastante semelhante durante o tempo do processo para as diferentes umidades relativas do ar, ocorrendo uma redução significativa no percentual de AR nas primeiras 6 horas e mantendo-se aproximadamente estável no restante do tempo de processamento.

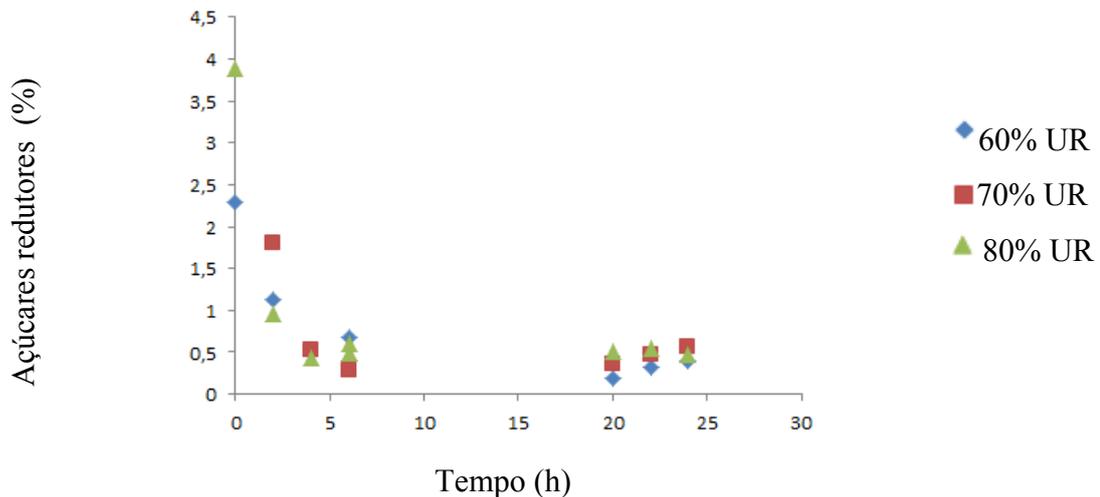


Figura 4.3 - Evolução de açúcares redutores em função do tempo. (Inóculo 3%. T=35°C)

Na Figura 4.4 observa-se que a umidade dos bagaços varia também de modo semelhante para as três condições estudadas, sendo que, como esperado, a perda de água aumenta com a diminuição da umidade relativa do ar.

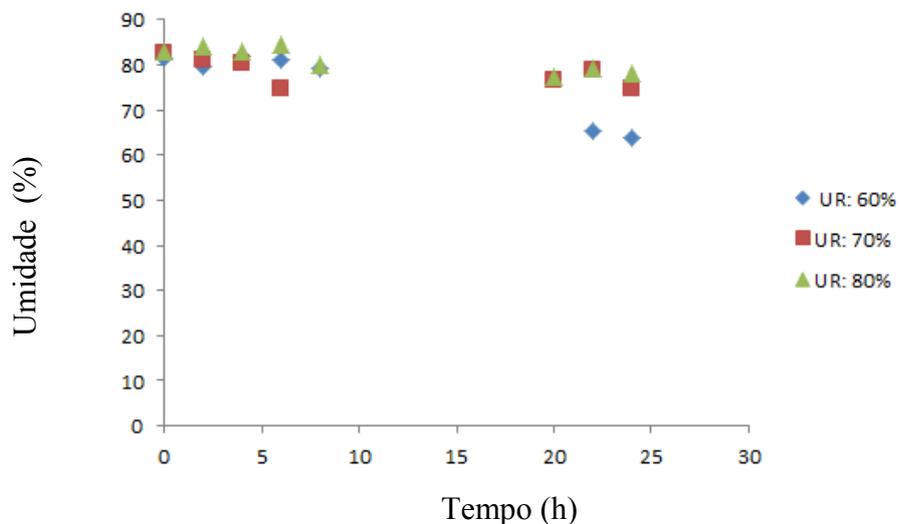


Figura 4.4 – Evolução da umidade em função do tempo. (Inóculo 3%. T = 35 °C)

Na Tabela 4.14 são mostrados os valores de teor de açúcares redutores e umidade nos bagaços após 24 horas de fermentação em câmara climática. Observa-se que com o controle

da UR é possível manter condições otimizadas de fermentação. O melhor resultado em termos de consumo de açúcares redutores foi obtido com UR igual a 80%, em que foram consumidos 87,97% dos açúcares redutores presentes inicialmente. Neste caso a perda de água foi menor, mantendo-se a mistura de bagaços com altos níveis de umidade e elevada a_w , mesmo operando a uma temperatura maior que no caso sem controle de umidade relativa.

TABELA 4.14 – Umidade e açúcares redutores do bagaço após 24 h de fermentação com umidade relativa controlada (Umidade inicial do substrato = 82%; 3% de inóculo; T = 35 °C)

UR Controlada (%)	Açúcares redutores (%) (b.s)				Umidade final do substrato (%) (b.u)
	Inicial	Final	g de AR / 100 g de matéria seca	Consumo (%)	
60	2,29	0,386	1,904	83,14	63,85
70	3,09	0,558	2,532	81,95	74,60
80	3,89	0,468	3,422	87,97	78,24

Conforme dados apresentados na Tabela 4.14, observa-se que a umidade relativa do ar influencia a evolução do enriquecimento proteico, através do aumento do consumo de AR, e seu controle permite manter a atividade de água em níveis adequados para favorecer o processo fermentativo.

4.3.4 Modelagem da cinética de enriquecimento

Com base nos resultados apresentados, a cinética de enriquecimento foi determinada a partir do consumo de açúcares redutores. A modelagem foi realizada mediante uma cinética de primeira ordem, Equações (3.6) e (3.7), com condição inicial $C_{AR}(0) = C_{AR}^0$.

Mediante método de ajuste não linear aos dados experimentais, foram estimados os parâmetros cinéticos: constante de primeira ordem, K (h^{-1}) e concentração de açúcares redutores no equilíbrio, $C_{A\infty}$ (%).

De acordo com as Figuras 4.2 e 4.4, a perda de água ocorre pelo mecanismo de secagem a taxa constante. Isto implica que, nas condições utilizadas, a transferência de água ocorre com controle pela resistência externa. Nesse caso, a Equação de secagem é a (3.4), onde k_s é a constante de secagem.

A Tabela 4.15 mostra os resultados do ajuste a partir dos modelos cinéticos para o consumo de açúcares redutores e a perda de água. Verificam-se coeficientes de determinação maiores que 0,95 para a cinética de consumo de açúcares redutores. A qualidade do ajuste é

menor para a cinética de perda de água dos bagaços durante o enriquecimento celular, com valores de R^2 apenas aceitáveis. De acordo com os resultados mostrados na Tabela 4.15, a constante cinética aumenta com o aumento da umidade relativa do ar. Confirma-se que o melhor resultado foi com umidade relativa controlada em 80%, que apresentou a maior constante cinética para o consumo de açúcares redutores e a menor taxa de perda de água durante as 24 horas, de processamento, assegurando que o teor de umidade do substrato seja suficiente para assegurar uma atividade de água favorável ao crescimento celular.

TABELA 4.15 – Parâmetros cinéticos do enriquecimento de mistura de resíduos

Condições para o enriquecimento			Consumo de açúcares redutores			Taxa de perda de água	
Inóculo %	T °C	UR%	$K (h^{-1})$	$C_{A\infty}$	R^2	$ks (h^{-1})x100$	R^2
3	35	60	$0,42 \pm 0,06$	$0,379 \pm 0,06$	0,98	$0,79 \pm 0,09$	0,94
3	35	70	$0,50 \pm 0,12$	$0,370 \pm 0,13$	0,96	$0,25 \pm 0,05$	0,84
3	35	80	$1,05 \pm 0,10$	$0,505 \pm 0,03$	0,99	$0,23 \pm 0,05$	0,83
5	33	40	$0,11 \pm 0,03$	$0,150 \pm 0,46$	0,94	$0,59 \pm 0,12$	0,89

Nas Figuras 4.5 a 4.8 observam-se a evolução da concentração de açúcares redutores nas primeiras horas de fermentação, bem como o ajuste do modelo de primeira ordem utilizado para as diversas condições utilizadas.

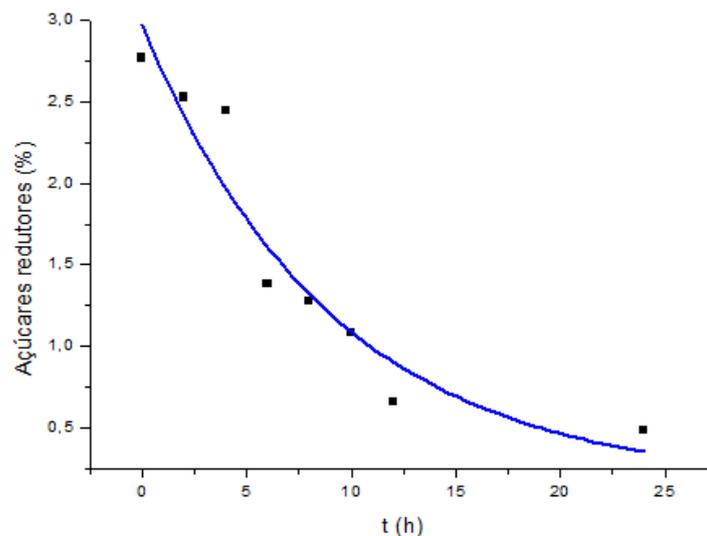


Figura 4.5 – Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com $T = 33 \text{ °C}$ e inóculo = 5%. Estufa com circulação de ar $UR \approx 40\%$

— Modelo cinético (Eq 3.3)

Verifica-se uma boa qualidade do ajuste em todos os experimentos. A concentração de açúcares redutores tende ao valor de equilíbrio para tempos menores nos experimentos realizados em câmara climática, com umidade relativa controlada. Em geral, esse tempo diminui com o aumento da umidade relativa do ar.

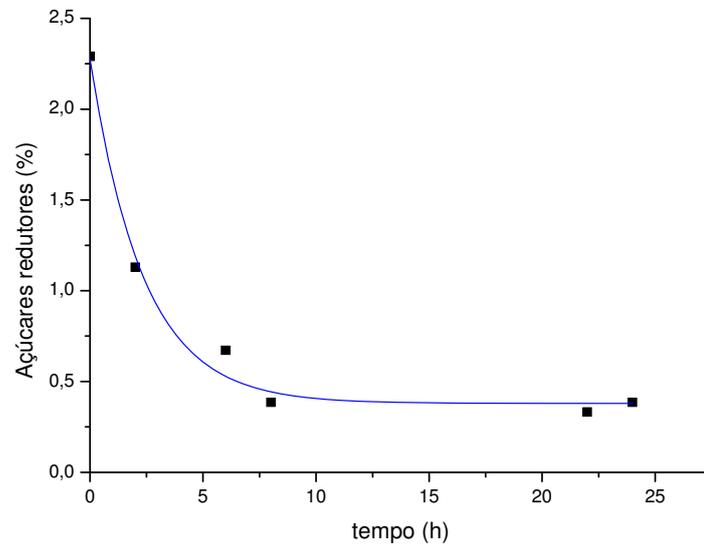


Figura 4.6 – Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, inóculo = 3%. Câmara climática Umidade relativa 60%

— Modelo cinético (Eq 3.3)

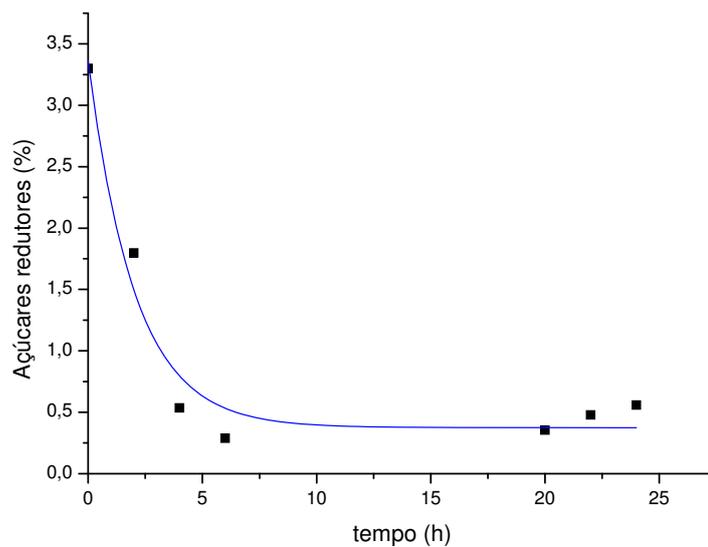


Figura 4.7– Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, inóculo = 3%. Câmara climática Umidade relativa 70%

— Modelo cinético (Eq 3.3)

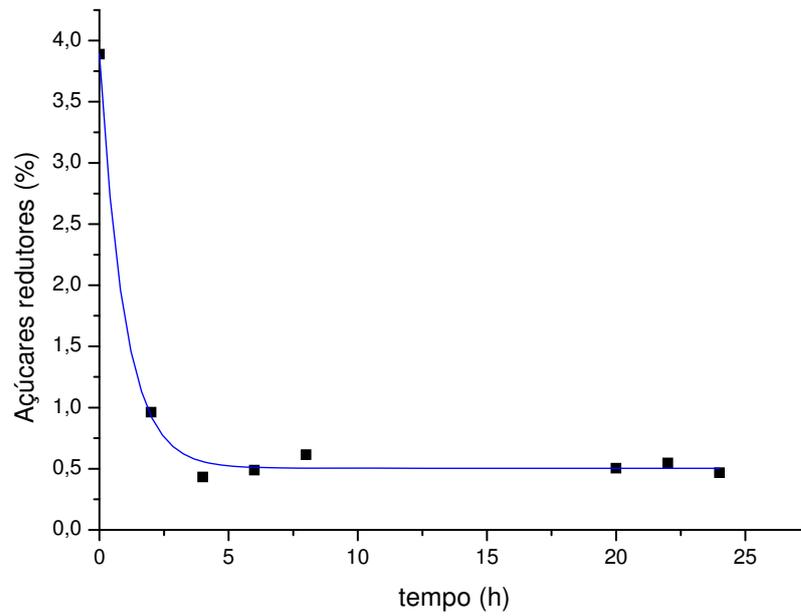


Figura 4.8– Cinética de consumo de açúcares redutores durante o enriquecimento da mistura de resíduos com $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, inóculo = 3%. Câmara climática Umidade relativa 80%

— Modelo cinético (Eq 3.3)

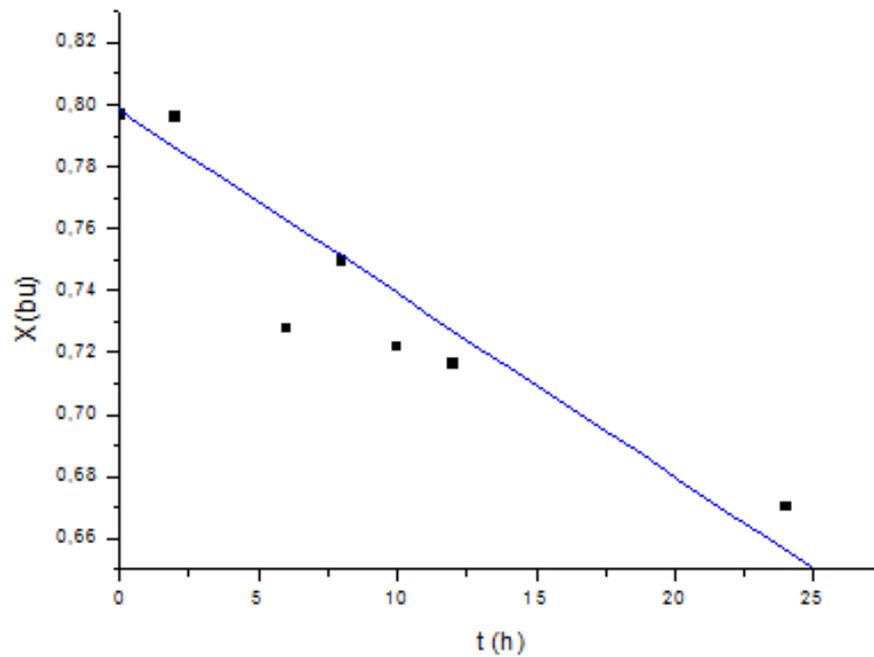


Figura 4.9– Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação. $T = 33\text{ }^{\circ}\text{C}$, inóculo = 5%

— Modelo cinético (Eq 3.4)

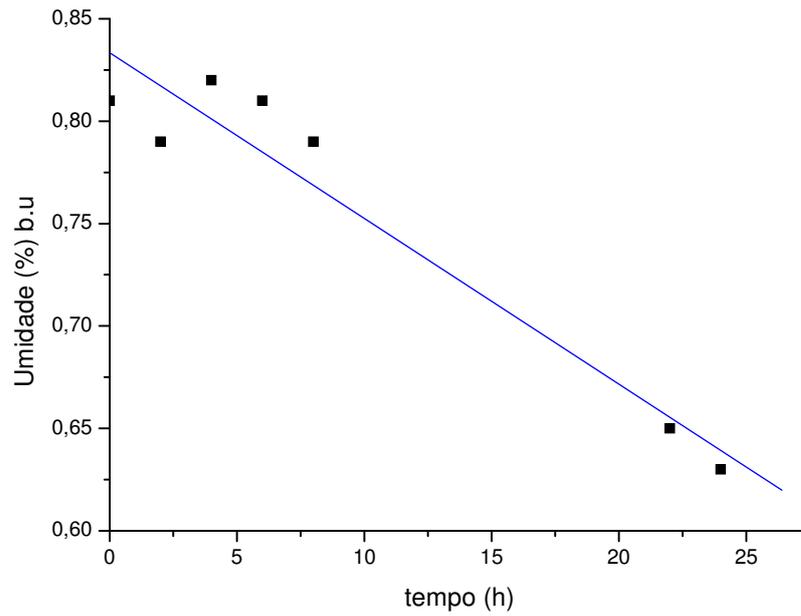


Figura 4.10 – Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação, $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, inóculo = 3% e Umidade relativa 60%
 — Modelo cinético (Eq 3.4)

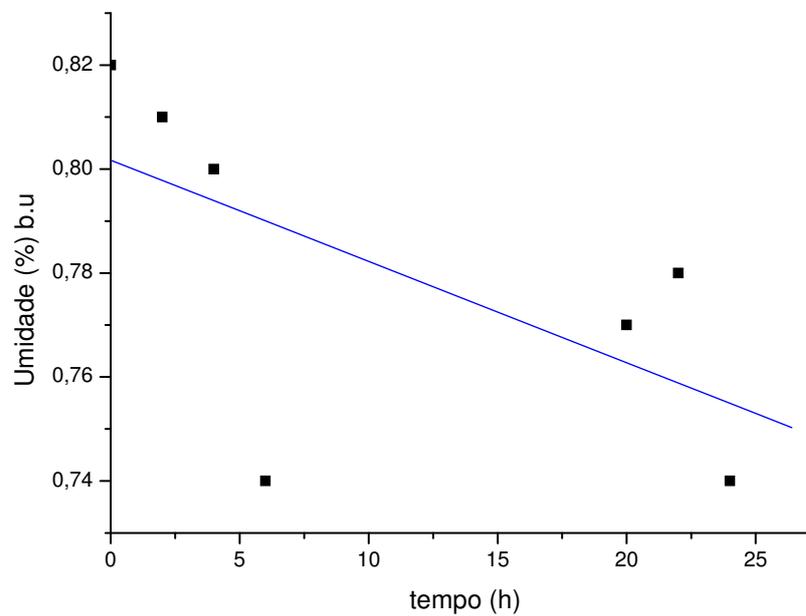


Figura 4.11 – Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação, $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, inóculo = 3% e Umidade relativa 70%
 — Modelo cinético (Eq 3.4)

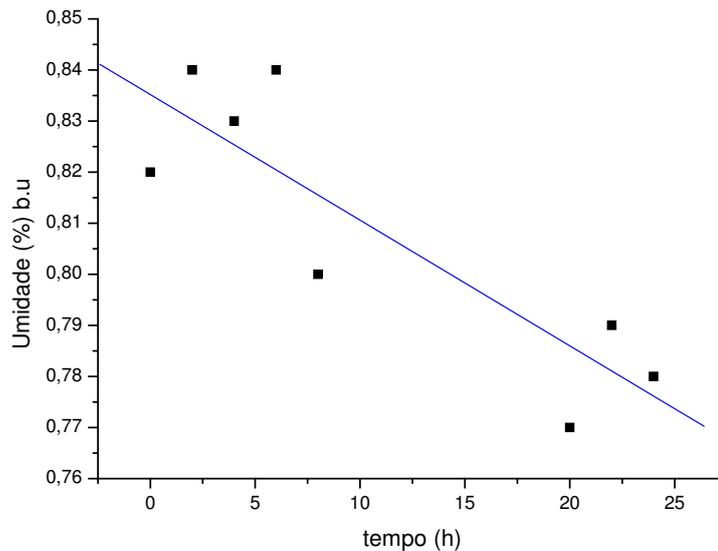


Figura 4.12 – Evolução da umidade do resíduo durante a fermentação, $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, inóculo = 3% e Umidade relativa 80%
 — Modelo cinético (Eq 3.4)

4.4 Análise da tendência dos efeitos das condições de fermentação sobre o enriquecimento dos resíduos

Na Tabela 4.16 observa-se que existe uma tendência com relação ao aumento do consumo de açúcares redutores em função da umidade relativa do ar. Por outro lado, de acordo com o esperado, a umidade final do resíduo enriquecido (b.u) tende a aumentar. Comparando os resultados apresentados na 2ª e 3ª linha da Tabela 4.16, observa-se que embora o aumento do tempo 24 para 48 h aumente o consumo de açúcares redutores, este incremento não é suficiente para justificar o custo adicional. Conforme verificado nos estudos cinéticos apresentados no ponto anterior, a taxa de consumo de açúcares redutores aumenta em função do aumento da umidade relativa do ar enquanto que o tempo necessário para atingir valores próximos do equilíbrio é menor nos experimentos com umidades relativas maiores, conforme observado nas Figuras 4.5 a 4.8. Neste caso, é possível observar na Figura 4.5 que após 24 h ainda está havendo consumo de açúcares redutores, quando a umidade relativa do ar é aproximadamente de 40% (ar ambiente aquecido), enquanto que na Figura 4.8, com a umidade relativa do ar controlada em 80%, bastam aproximadamente 5 h para que a concentração de açúcares redutores se estabilize.

TABELA 4.16 – Resumo dos efeitos das condições de fermentação sobre o enriquecimento dos resíduos

Equipamento	Inóculo de levedura %	T (°C)	t (h)	UR do ar %	Consumo de AR (b.s) %	X _f (b.u) %
Estufa com circulação de ar	8	33	48	40 ^(a)	87,68	69,00
	5	33	48	40 ^(a)	88,88	68,00
	5	33	24	40 ^(a)	87,72	79,00
Câmara climática	3	35	24	60 ^(b)	83,14	63,85
	3	35	24	70 ^(b)	81,95	74,60
	3	35	24	80 ^(b)	87,97	78,24

^(a) Valor médio estimado a partir das condições médias: T ambiente 25 °C e UR ambiente 65%, aquecido isostericamente até 33°C.

^(b) Umidade relativa e temperatura do ar controlados dentro da câmara climática

Pelo exposto, as melhores condições encontradas foram: 3% de inóculo, temperatura de 35 °C, umidade relativa 80% e com tempo de fermentação igual a 5 h, conforme observado na Figura 4.8. Estas condições correspondem a um elevado consumo de açúcares redutores num tempo reduzido. Como foi assinalado anteriormente, existe uma correlação entre o consumo de açúcares redutores e o aumento proteico, de modo que essas condições devem corresponder também a um maior enriquecimento.

4.5 Secagem dos resíduos enriquecidos

Como mostrado nos pontos anteriores, durante a fermentação há perda de água. No entanto, os valores finais de umidade indicam a necessidade de posterior secagem para um adequado armazenamento do produto, bem como proceder à inativação da levedura.

De acordo com as normas para comercialização de suplementos proteicos, faz-se necessário que o enriquecido produzido tenha umidade final em torno de 12 %. Entretanto, a secagem é uma operação que pode ser importante na composição dos custos e, por outro lado, as condições devem ser suaves para evitar perdas nutricionais, especialmente, proteínas.

Na Tabela 4.17 são apresentados os resultados de secagem de mistura de resíduos enriquecidos a 33 °C com 5% de leveduras e 48 h de fermentação. Observa-se que, para as condições especificadas no capítulo 3, tempo de secagem de 100 min e temperatura de 60 °C, a umidade foi reduzida a níveis muito baixos, bastante inferiores àqueles estabelecidos para

sua comercialização. Foi verificado que a atividade de água dos resíduos enriquecidos após a secagem é também muito baixa: 0,23 o que corresponde a valores de umidade de monocamada. Embora estas condições garantam um armazenamento seguro, a secagem até níveis desnecessários implica consumo energético e custos maiores. Outro questionamento é quanto à qualidade nutricional, já que, comparando os valores de % PB do enriquecido após a secagem, verifica-se uma importante perda de conteúdo proteico, que cai de 31,4 para 12,6%.

TABELA 4.17 – Resultados da secagem da mistura de resíduos enriquecidos

MISTURA DE RESÍDUOS	Xbu %	a_w	PB %
<i>In natura</i>	82,2 ± 0,03	0,964 ± 0,002	6,19 ± 0,01
Enriquecidos, T = 33°C, Inóculo 5%, t = 48 horas e UR ≈ 40%	68,6 ± 1	0,939 ± 0,002	31,4 ± 0,2
Secos, com T = 60 °C, t = 100 min, em Secador convectivo	4,41 ± 0,5	0,234 ± 0,002	12,6 ± 0,15

Estes resultados apontam para a necessidade de maiores estudos, de modo a otimizar a etapa de secagem da mistura dos resíduos enriquecidos ou, talvez analisar a possibilidade de eliminação desta etapa, com a utilização dos resíduos enriquecidos com níveis de umidade maiores, o que exigiria provavelmente a produção *in loco* pelo próprio criador. Condições mais brandas de secagem mediante um secador solar ou ainda, com a utilização da secagem natural, são alternativas que podem ser consideradas.

4.6 Viabilidade econômica e estimação de alguns custos envolvidos

A viabilidade econômica de uma eventual produção de suplemento proteico para ração animal pressupõe como critério básico para se iniciar a produção, que os custos por quilograma de suplemento para ração animal, produzidos através do enriquecimento proteico de resíduos de frutas, devem estar próximos aos preços de venda de outros tipos de suplementos para rações encontrados no mercado, sendo ideal que o valor estipulado para este produto seja menor do que o menor valor encontrado no mercado.

Para verificar se um produto é economicamente viável é necessário estabelecer um sistema de custeio eficiente, considerar todos os dispêndios relacionados e depois estabelecer o preço com base na margem de retorno esperada, comparando com o valor mercadológico. Ressalta-se que, durante a análise da viabilidade econômica, ainda não se está lidando com possíveis valores de lucro.

Quanto à estimativa dos custos envolvidos, realizou-se a divisão destes em dois grupos: custos fixos e variáveis.

4.6.1 Custos fixos:

Equipamentos (capital fixo): neste trabalho, estes custos serão efetivados uma única vez. Envolvem os custos com um bioreator de bandeja de tamanho médio, nas seguintes dimensões: (comprimento x largura x altura) 29 x 16 x 06 cm, uma estufa com circulação de ar e temperatura controlada e uma balança eletrônica com capacidade de 100 kg com divisões de 50 g. Os preços destes itens foram obtidos através de pesquisas em lojas especializadas.

Mão-de-obra: supõe-se, neste primeiro momento, uma instalação com apenas 3 (três) funcionários que recebem um salário mínimo mensal, sendo considerado o valor vigente do salário mínimo dado pelo Decreto 7.655/2011 de R\$ 622,00. Estes funcionários são responsáveis pelo transporte no local de produção quando os resíduos de frutas chegam das indústrias processadoras de suco de frutas, transportando as matérias-primas até o local onde ocorrerá a produção do suplemento proteico. Eles executam o processo de produção do suplemento proteico através das seguintes atividades: pesar o produto, misturar, inserir os insumos no bioreator de bandeja, levar amostras para a estufa, empacotar o produto finalizado, entre outras atividades.

A seguir, no Quadro 4.1 é apresentado um resumo dos custos fixos com os equipamentos e mão-de-obra que serão utilizados na produção do suplemento enriquecido.

CUSTOS FIXOS					
Custos	Quantidade	Valor Unitário	Custo unitário diário	Custo para produzir 1 kg do produto	Total (R\$)
Equipamentos					
Bioreator de bandeja com dimensão: (C x L x A): 29 x 16 x 06 cm (vida útil estimada em 10 anos)	01	174,91	0,04792	0,0000958	174,91
Estufa com circulação de ar e temperatura controlada (vida útil estimada em 10 anos)	01	3.837,88	1,05147	0,0021029	3.837,88
Balança eletrônica com capacidade de 100 kg com divisões de 50 g (vida útil estimada em 10 anos)	01	1.169,00	0,32027	0,0006405	1.169,00
Custo com energia da estufa com circulação de ar e temperatura					
Valor do kWh na indústria: R\$ 0,40728. Potência da estufa: 600 W = 0,6kW			5,864832	0,0117296	117,30
Mão de obra					
Funcionário: Salário mensal	03	622,00	93,30	0,186600	1.866,00
TOTAL DOS CUSTOS FIXOS			100,58	0,21	7.165,09

Quadro 4.1 – Resumo dos custos fixos

4.6.2 Custos variáveis:

Impostos: usou-se como base de cálculo o programa Simples do Ministério da Fazenda o qual unifica tributos e utiliza, como única base de cálculo, a receita bruta. Neste caso, supõe-se uma pequena ou micro-empresa, de acordo com a classificação do Ministério da Fazenda para efeito deste programa (receita bruta do ano-calendário de até R\$ 120.000,00 para microempresas e a partir de 120.000,00 até R\$ 1.200.000,00 para empresas de pequeno porte), optante pelo sistema simplificado e unificado de recolhimento de tributos.

Uma vez que ainda não se sabe a receita bruta da futura empresa, foi feita uma suposição para dois cenários. No primeiro, considera-se uma micro-empresa e no segundo uma empresa de pequeno porte. As Tabelas 4.18 e 4.19 mostram quais as alíquotas que devem ser aplicadas para cada faixa de receita bruta acumulada, para as pequenas e micro-empresas, respectivamente, com e sem a contribuição de IPI.

TABELA 4.18 – Alíquotas, com e sem incidência de IPI, para micro empresas

Receita bruta acumulada (R\$)	Alíquota % (sem IPI)	Alíquota % (com IPI)
Até 60.000,00	3	3,5
De 60.000,01 a 90.000,00	4	4,5
De 90.000,01 a 120.000,00	5	5,5

Fonte: Site do Ministério da Fazenda.

TABELA 4.19 – Alíquotas, com e sem incidência de IPI, para pequenas empresas

Receita bruta acumulada (R\$)	Alíquota % (sem IPI)	Alíquota % (com IPI)
Até 240.000,00	5,9	8,1
De 240.000,01 a 360.000,00	6,3	8,7
De 360.000,01 a 480.000,00	6,7	9,3
De 480.000,01 a 600.000,00	7,1	9,9
De 600.000,01 a 720.000,00	7,5	10,5
De 720.000,01 a 840.000,00	7,9	11,1
De 840.000,01 a 960.000,00	8,3	11,7
De 960.000,01 a 1.080.000,00	8,7	12,3
De 1.080.000,01 a 1.200.000,00	9,1	12,9
Acima de 1.200.000,00	10,92	15,48

Fonte: Site do Ministério da Fazenda.

Matéria-prima: envolve os custos com a obtenção dos resíduos de frutas e a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Embora todas as empresas consultadas tenham informado que não vendem os resíduos produzidos, por não existir consumidor final interessado em comprá-los, para efeito da composição dos custos foi considerado o valor de R\$ 1,00 para cada tonelada adquirida de resíduos de frutas. Constatou-se que na maioria das vezes as empresas processadoras de sucos de frutas preferem jogar fora os resíduos ou dar diretamente para os animais. Quanto aos custos utilizados com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, estes foram obtidos através de fornecedores atacadistas de panificadoras da cidade de Aracaju, sendo obtida uma média de R\$ 4,29 por cada pacote de 500 g (preço do dia 05/05/12).

Embalagem: Os preços destes itens foram obtidos através de pesquisas realizadas na internet, através de lojas especializadas em comercializam dois tipos de embalagens, a saber: a) sacos de Ráfia com capacidade para 50 kg, que serão utilizados no armazenamento breve do produto *in natura* enriquecidos e b) sacos plásticos para armazenar ração animal com capacidade para 20 kg nas dimensões: 75 x 40 x 10 cm, que serão utilizados no armazenamento em longo prazo do produto enriquecido e seco.

Os Quadros 4.2 e 4.3 apresentam os resumos dos custos variáveis dos resíduos enriquecidos proteicamente para duas situações proposta: suplementos com 3% de levedura e umidade igual a 62%, e a outra situação para suplementos com 3% de levedura e secos.

CUSTOS VARIÁVEIS – RESÍDUOS ENRIQUECIDOS COM 3% DE LEVEDURA E 62% UMIDADE						
Custos	Comercialização	Preço (R\$)	Qtd. p/ 1 kg do suplemento (com 3% de levedura e 62% umidade)	Custo para 1 kg	Custo para 50 kg	Custo mensal (10.000 kg)
Impostos						
Opção pelo sistema simplificado de impostos SIMPLES	5 % sem IPI e 5,5 % com IPI	-	-	-	-	-
Matéria-prima						
Resíduos de frutas (abacaxi, caju e maracujá)	1.000 kg	1,00	1.000g	0,0010	0,05	10,00
Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	500 g	4,29	30 g	0,2574	12,87	2.574,00
Embalagem						
Embalagem: Sacos de Ráfia com capacidade para 50 kg	1 saco	0,80	0,02 saco	0,0160	0,80	160,00
TOTAL DOS CUSTOS VARIÁVEIS				0,27	13,72	2.744,00

Quadro 4.2 – Resumo dos custos variáveis do produto com 3% de levedura e 62% de umidade

CUSTOS VARIÁVEIS – RESÍDUOS ENRIQUECIDOS COM 3% DE LEVEDURA E SECOS						
Custos	Comercialização	Preço (R\$)	Qtd. p/ 1 kg do suplemento (com 3% de levedura e secos)	Custo de 1 kg	Custo para 50 kg	Custo mensal (10.000 kg)
Impostos						
Opção pelo sistema simplificado de impostos SIMPLES	5 % sem IPI e 5,5 % com IPI	-	-	-	-	-
Matéria-prima						
Resíduos de frutas (abacaxi, caju e maracujá)	1.000 kg	1,00	2,353 g	0,002353	0,11765	23,53
Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	500 g	4,29	71 g	0,609180	30,45900	6.091,80
Embalagem						
Embalagem: sacos com capacidade para 20 kg: 75x40x10 cm (produto enriquecido e seco)*	1 saco	0,58	0,05 saco	0,029000	1,45	290,00
TOTAL DOS CUSTOS				0,64	32,02	6.405,33

* Para a cotação do dólar comercial, foi considerado US\$ 1,00 igual a R\$ 2,00 tendo em vista que o preço do saco foi cotado em dólar no valor de US\$, 29 a unidade.

Quadro 4.3 – Resumo dos custos variáveis do produto com 3% de levedura e secos

4.6.3 Custos de suplementos utilizados na alimentação de ruminantes

A Tabela 4.20 mostra os resultados encontrados referentes aos custos de 6 (seis) tipos de suplementos utilizados na alimentação de ruminantes, efetuados em 24 de janeiro de 2012.

Não foram levados em consideração, na Tabela 4.20, os custos oriundos com o transporte desses suplementos dos fornecedores ao consumidor-frete (fábrica de produção de ração). Dessa forma, produtos como a torta de algodão e o farelo de soja, que são consideravelmente mais baratos em São Paulo (talvez devido a fatores como o uso de equipamentos mais sofisticados ou a obtenção de economias de escala), serão vendidos, se incluir as taxas de frete, por preços mais parecidos aos praticados em Sergipe. Além disso, deve-se destacar que nem sempre esses suplementos são utilizados sozinhos. Na prática, realizam-se, com frequência, misturas de diversos tipos de suplementos. Outra questão observada foi a existência de pouquíssimas empresas que trabalham com a venda desses tipos de insumos no Estado de Sergipe, como por exemplo, farelo de amendoim e farelo de girassol, não foram encontrados para a venda.

TABELA 4.20 – Preços médios de suplementos alimentares utilizados na alimentação bovina

FORNECEDOR	PONTO DE VENDA	SUPLEMENTO	PREÇO/KG
Alcance Pecuária	Bauru/SP	Farelo de amendoim	R\$ 0,48
Alcance Pecuária	Bauru/SP	Farelo de girassol	R\$ 0,39
Armazém Agrícola	Salgado/SE		R\$ 1,10
Agrocamponês	Aracaju/SE	Farelo de soja	R\$ 1,10
Alcance Pecuária	Bauru/SP		R\$ 0,70
Armazém Agrícola	Salgado/SE	Farelo de trigo	R\$ 0,63
Agrocamponês	Aracaju/SE		R\$ 0,66
Armazém Agrícola	Salgado/SE	Milho	R\$ 0,60
Armazém Agrícola	Salgado/SE	Torta de algodão	R\$ 0,70
Alcance Pecuária	Bauru/SP		R\$ 0,35

A Tabela 4.21 apresenta os resultados de alguns custos envolvidos na produção de suplemento proteico para ração animal, efetuados em 05 de maio de 2012.

TABELA 4.21 – Precificação dos equipamentos, matérias-primas e embalagens utilizadas

ITEM	FORNECEDOR	PONTO DE VENDA	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	PREÇO (R\$)
Bandeja	LF Equipamentos	São Paulo/SP	29 x 16 x 06 cm	174,91
Estufa de circulação de ar	LF Equipamentos	São Paulo/SP	Faixa de temperatura de 0 °C a 60 °C com dimensões (C x L x A) 42 x 41 x 47 cm. Potência de 600 W.	3.837,88
Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Panificadoras da cidade	Aracaju/SE	Pacote com 500 g.	4,29
Embalagens	Diversos	Internet	Saco de Ráfia com capacidade para 50 kg. Dimensão: 60 x 90 cm (und.)*	de: 0,60 a: 1,00
	Shangqiu Dapeng Plastic Wolven Bag Co. Ltd.	Henan/China	Capacidade para 20 kg. Dimensões: 75x40x10 cm**	US\$ 0,19 a 0,39

*calcular pela média de preço, igual a R\$ 0,80

**calcular pela média de preço vezes a cotação do dólar. Preço médio = US\$ 0,29. Valor em moeda nacional igual a R\$ 0,58

Algumas observações são cabíveis a respeito da análise de custeio efetuada. A primeira delas é talvez a mais óbvia: não foram levados em consideração, nesta primeira abordagem, todos os possíveis custos envolvidos. Ao contrário, muitos custos importantes não foram contabilizados, tais como: transporte, energia, terreno/aluguel, instalações, água, equipamentos de proteção individual etc., sendo realizada na sequência deste trabalho, uma estimativa destes custos com o objetivo de se chegar a um valor mais realista.

Outra questão que emerge diz respeito ao processo produtivo em si. Utilizou-se uma estufa de circulação de ar para a estimativa dos custos com os equipamentos. Entretanto, numa produção em grande escala, é provável que a utilização deste equipamento não se mostre viável devido ao grande gasto energético e a capacidade produtiva reduzida. No Estado de Sergipe as temperaturas chegam facilmente à temperatura trabalhada (33 °C), devendo-se pensar nos prós e contras de uma alternativa de enriquecimento e secagem ao ar livre, através de um sistema de secagem solar.

4.7 Estudo da melhor forma de distribuição física dos produtos contribuindo para o apoio logístico na gestão da cadeia de suprimentos (estudo de caso)

4.7.1 Localização

Para analisar a possível localização da indústria produtora de suplemento proteico para ração animal realizaram-se algumas etapas: A primeira delas foi a identificação das possíveis empresas fornecedoras de matéria-prima, ou seja, as empresas produtoras de sucos e polpas do Estado de Sergipe. Para isso, foi realizado um levantamento das marcas de polpas e sucos de frutas encontradas em um supermercado da capital sergipana com o objetivo de identificar as marcas existentes no Estado de Sergipe. Em seguida, as informações sobre as empresas sergipanas foram colhidas diretamente através das associações de produtores no Estado. Em outro momento da pesquisa, utilizou-se basicamente, a internet como meio de busca de tais empresas.

A segunda etapa consistiu no contato com essas empresas, via e-mail, telefone e outros meios de comunicação. Tal contato visou à quantificação dos resíduos de frutas gerados por essas indústrias. Além disso, os contatos também objetivaram o entendimento do cenário atual do gerenciamento dos resíduos no Estado, ou seja, procurou tentar descobrir como as empresas sergipanas estão direcionando atualmente os resíduos gerados na produção de sucos de frutas.

Através dos dados referentes à localização de cada empresa potencialmente produtora de resíduos de frutas, foi aplicado o método do centro de gravidade com o objetivo de estimar a melhor região do Estado de Sergipe para a implantação da indústria.

A análise da localização inicia com a identificação dos possíveis fornecedores. A primeira tentativa consistiu numa visita a um supermercado com o objetivo de identificar os

produtores de polpas e sucos de frutas do Estado de Sergipe. Nesta visita, foram encontradas 20 (vinte) marcas diferentes sendo que somente 4 (quatro) possuem unidades em Sergipe (POMAR, Maratá, Tropfruit e Sumo Industrial).

A partir de uma reportagem da revista “Dinheiro Rural” publicada na internet (VITAL, 2007), foi identificado que a Associação das Indústrias Processadoras de Frutos Tropicais – ASTN possui sede na cidade de Aracaju. Em uma visita a esta associação, seu presidente, estranhamente, informou que nenhuma empresa sergipana era associada.

A Federação das Indústrias do Estado de Sergipe – FIES – disponibiliza em seu site uma planilha intitulada “Cadastro Industrial de Sergipe” que se propõe a listar todas as indústrias que estão em atividade no estado. A planilha está organizada em grandes grupos divididos pelo tipo de atividade executada pelas empresas. A seção “Produção de Frutas, Legumes e Sucos” traz 42 (quarenta e duas) empresas. Esta seção está organizada em 3 (três) partes (“processamento, preservação e produção de conservas de frutas”, “produção de sucos de frutas e de legumes” e “produção de óleos vegetais”) e em 9 (nove) colunas: CNPJ, Nome Fantasia, Razão Social, Bairro, CEP, Home Page, Endereço, Telefone e Município.

As Tabelas 4.2 e 4.3 citadas anteriormente reproduzem integralmente os dados da tabela da FIES com exceção apenas da coluna *homepage*, uma vez que esta se encontra totalmente em branco na atual planilha fornecida pela federação, e da coluna correspondente aos telefones, onde a imensa maioria está desatualizada.

Foi tentado o contato por telefone, através dos números fornecidos pela planilha, com todas as 42 (quarenta e duas) empresas citadas. Foi constatado que a imensa maioria dos números contidos na planilha não pertence às respectivas empresas. Assim, foi necessário buscar os atuais números das empresas através de catálogos online.

Depois de efetuadas todas as ligações para as empresas selecionadas, ficou constatado que dentre as empresas que atenderam as ligações, apenas duas trabalham com os resíduos listados neste trabalho. As empresas em questão são: POMAR e Gosto da Fruta Indústria de Polpas. Em relação à empresa POMAR, realizou-se uma visita às instalações da empresa. Porém foi verificado que as frutas utilizadas pela empresa já vinham, em geral, pré-processadas. O impacto desta informação significa que, no caso do abacaxi, a coroa e a casca já são retiradas da fruta (em pequenas cooperativas associadas à empresa) antes de seguirem até a empresa. Ainda assim, alguns resíduos são gerados no processo produtivo. Esses são enviados até uma propriedade no município de Salgado/SE onde são misturados ao capim e ao cabaú (espécie de melaço) e são servidos diretamente como ração animal. É importante frisar que tal mistura não sofre nenhum tipo de enriquecimento proteico, sendo rica em fibras,

mas pobre em proteínas. Isto resulta que a mistura pura e simples desses ingredientes não agrega nenhum valor ao produto final.

Quanto à empresa Gosto da Fruta, não se obteve acesso às informações solicitadas. Inicialmente, entrou-se em contato por telefone.

Os dados apresentados a seguir são aqueles amplamente divulgados na mídia em geral, tais como os sites das empresas e catálogos online. A simulação de valores referentes às quantidades de resíduos de frutas gerados anualmente se impôs como única alternativa para o prosseguimento do trabalho.

A Tabela 4.22 apresenta três colunas. Os dados apresentam os nomes de algumas das principais empresas sergipanas do ramo de sucos/polpas de frutas, os municípios onde estão alocadas suas plantas industriais e suas localizações aproximadas (latitude e longitude).

TABELA 4.22 - Localização de algumas das principais indústrias de sucos e polpas de frutas de Sergipe

Empresa	Município	Latitude/Longitude aproximada
Maratá Sucos do Nordeste Ltda.	Estância	11° 16' 06 S / 37° 26' 18 O
Trop Fruit Nordeste S.A.	Estância	11° 16' 06 S / 37° 26' 18 O
Sumo Industrial Ltda.	Boquim	11° 08' 49 S / 37° 37' 14 O
Gosto da Fruta Indústria de Polpas	Aracaju	10° 54' 40 S / 37° 04' 18 O
Fruteb S.A.	São Cristóvão	11° 00' 53 S / 37° 12' 23 O

Fonte: Websites das empresas, aondefica.com e hotfrog.com.br.

De forma geral, percebe-se que as grandes indústrias estão localizadas, principalmente, na região sul do estado. Isso implica que, por mais diversos que sejam as quantidades de resíduos gerados por cada indústria, obtêm-se a partir do método do centro de gravidade, a localização ideal de uma possível planta industrial para o processamento desses resíduos na região sul do estado devido à proximidade com as fontes de matéria-prima. No entanto, com o objetivo de estimar de forma mais precisa algumas possíveis localizações, foram tomadas como base dois possíveis cenários para a geração dos resíduos. No primeiro cenário foi considerada uma geração de resíduos diários igual a 1 (uma) tonelada - com partes iguais de cada tipo de resíduo utilizado - para todas as indústrias. No segundo cenário considerou-se uma geração diária - também com partes iguais de cada tipo de resíduo utilizado - de uma tonelada para a empresa Gosto da Fruta, duas toneladas para a empresa

Sumo Industrial, duas toneladas para a empresa Tropfruit, duas toneladas para a empresa Fruteb e quatro toneladas para a empresa Maratá Sucos. Os resultados de ambas as simulações foram alcançados através da aplicação das Equações 2.1 e 2.2.

A Figura 4.13 apresenta o mapa do Estado de Sergipe em destaque. As fronteiras do estado estão destacadas em vermelho. Os marcadores azuis estão localizados sobre as quatro cidades abordadas: Aracaju, Boquim, Estância e São Cristóvão.



Figura 4.13 – Representação geográfica das cidades fornecedoras de matéria-prima

Fonte: Adaptado de maps.google.com.br.

No primeiro cenário obteve-se, de forma aproximada, uma latitude de $10,9^{\circ} 15,6' 34,1''$ S e uma longitude de $37^{\circ} 24,6' 18''$ O. Tais coordenadas representam, de forma aproximada, ao município de Estância. Já no segundo cenário obteve-se uma latitude de $11^{\circ} 14,9' 28,8''$ S e uma longitude de $37^{\circ} 25,4' 18''$ O. Estas coordenadas, por sua vez, também representam, de forma aproximada, o município de Estância. No primeiro cenário tem-se um ponto um pouco mais ao sul que o ponto do segundo cenário, conforme pode ser observado na Figura 4.14. De qualquer forma, é possível concluir que, mesmo não se sabendo a quantidade exata de resíduos gerados por cada indústria, a região do município de Estância consiste numa

boa área para a construção de uma indústria processadora de resíduos de frutas uma vez que o município abriga duas grandes empresas produtoras de sucos (Maratá Sucos e Tropfruit), além de estar muito próximo dos municípios de Boquim (40,5 km), São Cristóvão (48,7 km) e Aracaju (66,6 km) que são sedes de outras empresas do setor de sucos/polpas de frutas.



Figura 4.14 – Representação aproximada do mapa do município de Estância e dos pontos de possível localização industrial

Fonte: Adaptado de www.aondefica.com

As buscas por novas fontes de matéria-prima e processos industriais para a fabricação de suplemento proteico para ração animal vêm se tornando cada vez maior devido a exigência de cunho ambiental e econômico que se impõem às empresas. Nesse cenário, resíduos de frutas constituem matéria-prima amplamente disponibilizada em todo o Brasil. O Estado de Sergipe conta com uma série de empresas produtoras de suco e polpa de frutas que geram, diariamente, grandes quantidades de resíduos de frutas que podem ser reaproveitados como matéria-prima para a produção de ração animal.

O presente trabalho buscou estimar custos envolvidos no processo de fabricação de suplemento para ração animal, através do enriquecimento proteico dos resíduos de frutas, assim como apresentar um panorama dos possíveis fornecedores de matéria-prima existentes no Estado de Sergipe, objetivando a estimação de possíveis localidades para a instalação de uma indústria de produção deste suplemento na região. Algumas suposições tiveram que ser levadas em consideração para a estimação dessas localidades já que a maioria das empresas não forneceu os dados solicitados. A região do município de Estância foi considerada como uma região adequada para a instalação de uma possível indústria processadora de resíduos de frutas devido à proximidade das fontes de matéria-prima.

4.8 Análise econômica e quantificação do mercado potencial

Para a efetivação da análise econômica, foi necessário realizar entrevistas através de contato telefônico, tendo em vista que muitas das empresas se recusaram a responder as perguntas que foram direcionadas por e-mail, diretamente para aos gestores. Porém, pode-se inferir que a justificativa para o fato de as empresas se negarem a responder, está diretamente associada com a maneira em que estas empresas destinam os seus resíduos produzidos com a obtenção de suco de frutas.

A seguir serão listadas algumas das respostas que foram dadas para a questão relacionada com o destino dos resíduos produzidos por estas empresas:

- ✓ *Praticamente todos resíduos são: casca, bagaço e sementes. Processamos 01 ou 02 tipos de frutas por dia.*
- ✓ *Praticamente 2/3 dos resíduos são colocados em um aterro sanitário. Os fornecedores dos produtos levam os resíduos para transformá-los em adubo orgânico e ração animal. Os resíduos não são separados depois do processo de fabricação das polpas de frutas.*
- ✓ *Os resíduos são colocados em um terreno, sendo transformados em adubo orgânico e vendidos posteriormente.*
- ✓ *Os resíduos são colocados em tonéis de 200 Kg e em seguida são lançados no lixo.*

4.8.1 Construção dos cenários

4.8.1.1 Análise dos custos

A busca por fornecedores de suplementos proteicos no estado de Sergipe resultou na identificação de apenas duas empresas. A identificação de um reduzido número de fornecedores pode indicar tanto um mercado parcialmente monopolizado como a possibilidade de que os próprios pecuaristas produzam seus próprios suplementos. Não foi possível comprovar nenhuma das hipóteses devido à falta de informações encontradas para subsídio.

A Tabela 4.23 apresenta os resultados encontrados referentes aos preços de quatro tipos de suplementos utilizados na alimentação de ruminantes. Os preços apresentados não incluem o transporte dos suplementos até os consumidores finais. O preço médio observado

na tabela, situa-se em torno de R\$ 0,80 por quilograma de suplemento, variando de 0,63 a R\$ 1,10. No entanto, somente duas empresas, que trabalham com suplementos, foram contatadas no Estado de Sergipe, o que indica um mercado extremamente concentrado para a região em estudo.

TABELA 4.23 – Preços médios de suplementos alimentares utilizados na alimentação bovina com ponto de venda nas cidades de Aracaju e Salgado do Estado de Sergipe. Pesquisa realizada no dia 24 de janeiro de 2012

Fornecedor	Ponto de venda	Suplemento	Preço/Kg R\$
Armazém Agrícola	Salgado/SE	Farelo de soja	1,10
Agrocamponês	Aracaju/SE		1,10
Armazém Agrícola	Salgado/SE	Farelo de trigo	0,63
Agrocamponês	Aracaju/SE		0,66
Armazém Agrícola	Salgado/SE	Milho	0,60
Armazém Agrícola	Salgado/SE	Torta de algodão	0,70

Deve-se destacar que nem sempre esses suplementos são utilizados de forma única. Na prática, realizam-se, com frequência, misturas de diversos tipos de suplementos e em muitas vezes, os desembolsos totais dos produtores de gado com ração animal dependem em grande medida do tipo de mistura que é utilizada na alimentação do rebanho.

Os custos aqui abordados baseiam-se nas análises das Figuras 4.5 a 4.8, apresentada no tópico 4.4 e, sendo considerado para efeito do estudo, a utilização de 500 g de mistura de resíduos de frutas, composta em partes iguais de bagaço de casca e albedo de maracujá, casca de abacaxi e bagaço de caju e adicionados de 15 g de levedura. Foi observado na Figura 4.5 que após 24 h ainda há consumo de açúcares redutores, quando a umidade relativa do ar é aproximadamente de 40% (ar ambiente aquecido), enquanto que na Figura 4.8, com a umidade relativa do ar controlada em 80%, bastam aproximadamente 5 h para que a concentração de açúcares redutores se estabilize.

Será suposto um turno diário de trabalho de 8 h por trabalhador, sendo totalizadas 160 h de trabalho mensal para cada trabalhador.

A estufa será mantida em funcionamento durante 24 h por dia, sendo possível obter uma produção aproximada de 10 toneladas de ração animal por mês.

4.8.1.2 Custos com matéria-prima

Em relação à matéria-prima, observou-se que as empresas não comercializam os resíduos de frutas oriundos de sua produção. As empresas poderiam fornecer os resíduos gratuitamente ou por preços mínimos, uma vez que elas não mais se preocupariam com a destinação de tais resíduos. Para efeito dos cálculos relativos a estes custos, foi considerado o valor pago às empresas em R\$ 1,00 para cada 1.000 kg de resíduos, valor relativamente baixo devido à aparente ausência de comercialização destes subprodutos no estado, sendo a participação do resíduo de fruta no custo unitário de produção de ração animal igual a R\$ 0,001.

Quanto aos custos relacionados com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, estes foram encontrado em diversos fornecedores atacadistas de panificadoras da cidade de Aracaju, e mostram uma média de R\$ 4,29 por cada pacote de 500 g.

Verificou-se que para produzir o suplemento proteico *in natura* enriquecidos são necessários 15 g de levedura para cada 500 g de resíduos de frutas, resultando em um custo de R\$ 0,1287 por cada ½ kg de suplemento produzido, a ser adicionado à ração animal. Logo, como os valores foram direcionados para a produção de 1 kg, então os custos com a levedura sobem para R\$ 0,2574. Nota-se que estes são os custos mais relevantes do processo, devido ao seu alto valor a ser comercializado. O ideal é encontrar uma forma de reduzir os custos com a aquisição da levedura, tendo em vista que o valor encontrado reflete diretamente no preço final de comercialização deste produto.

4.8.1.3 Custos com mão-de-obra direta

Considerando o valor pago para cada funcionário igual a R\$ 622,00 por mês (valor vigente do salário mínimo dado pelo Decreto 7.655/2011), multiplicando-se este valor pelo número de funcionário e dividindo o resultado pela produção mensal estimada em 10.000 kg de suplemento proteico com umidade de 62%, tem-se um custo com salário de cerca de R\$ 0,19 por quilograma de suplemento produzido, para este cenário.

É importante observar que para se ter a mesma quantidade de resíduos enriquecidos secos mensalmente haverá aumento na quantidade de resíduos de frutas para 23.530 kg para se obter em mês 10.000 kg de resíduos enriquecidos secos, com umidade final próxima de

12%. Obviamente, quanto mais estufas utilizadas e/ou quilogramas de resíduos processados, mais barato será o custo unitário com salários.

Com a mesma produção por estufa e duas estufas, por exemplo, o custo de produção unitário com salários decresce para cerca de R\$ 0,15. Contudo, foi considerada a utilização de apenas uma estufa para a análise deste cenário. Em relação à produção, considerou-se uma estrutura composta por 1 (um) funcionário recebendo um salário mensal fixo e que produz o equivalente à demanda do mercado.

4.8.1.4 Custos indiretos de fabricação

Os custos indiretos abordados foram: energia elétrica e depreciação de equipamentos. Os equipamentos utilizados são basicamente três: balança, estufa e bandeja. A Tabela 4.24 apresenta os preços encontrados para esses três produtos, bem como o fornecedor as especificações técnicas para estes equipamentos. Todos os equipamentos são da LF Equipamentos, fornecedora de São Paulo e os preços dos produtos foram obtidos no dia 30 de janeiro de 2012.

TABELA 4.24 – Precificação dos equipamentos utilizados no processo

ITEM	FORNECEDOR	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	PREÇO R\$
Bandeja	LF Equipamentos	Dimensões (C x L x A) 29 x 16 x 06 cm.	174,91
Estufa de circulação de ar	LF Equipamentos	Faixa de temperatura de 0 °C a 60 °C com dimensões (C x L x A) 42 x 41 x 47 cm. Potência de 600 W.	3.837,88
Balança Eletrônica	LF Equipamentos	Capacidade de 100 kg com divisões de 50 g	1.169,90

Fonte: LF Equipamentos.

A vida útil dos equipamentos não é fornecida pela LF Equipamentos. Logo, esses dados tiveram que ser estimados. A vida útil dos equipamentos: bioreator de bandeja, estufa com circulação de ar e da balança analítica foi estimada em 10 anos. Assim, o custo diário (considerando cada ano com 365 dias) com depreciação destes equipamentos será: para o bioreator de bandeja R\$ 0,04792; para a estufa R\$ 1,05147 e para a balança R\$ 0,32027. A partir desses dados, e admitindo a produção de 500 kg de suplemento por dia, tem-se que o custo unitário por depreciação é de, respectivamente: para o bioreator de bandeja R\$ 0,00009584; para a estufa R\$ 0,0021029 e para a balança R\$ 0,0006405.

Para se obter os custos com energia elétrica da estufa, inicialmente se buscou o preço cobrado por kWh em Sergipe. Esse dado foi encontrado no site da fornecedora de energia em Sergipe (Energisa). O valor total do kWh (tarifa convencional + ICMS) para baixas tensões (a estufa pode ser usada em 110 ou 220 V) em indústrias é R\$ 0,40728. Sabe-se que a estufa deverá funcionar todos os dias durante 24 h e a sua potência é 600 W = 0,6 kW. Então, para se obter o custo unitário com energia elétrica basta multiplicar o valor da potência em kW pelo número de horas do processo diário (24 h) e multiplicar o resultado pela tarifa total do kWh. Por fim, para se obter o custo de produção para 1 kg do produto divide-se o resultado pela produção diária correspondente que é de 500 kg.

Verifica-se no Quadro 4.4, o resumo dos custos fixos e variáveis.

RESUMO DOS CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS					
CUSTOS FIXOS	Quantidade	Valor Unitário	Custo unitário diário	Custo para produzir 1 kg do produto	Total (R\$)
Equipamentos (soma)	3	5.181,79	1,41966	0,002839	5.181,79
Custo com energia da estufa com circulação de ar e temperatura	-	-	5,86483	0,01173	117,30
Mão de obra	03	622,00	93,30	0,18660	1.866,00
TOTAL DOS CUSTOS FIXOS			100,58	0,20	7.165,09
CUSTOS VARIÁVEIS – RESÍDUOS ENRIQUECIDOS COM 3% DE LEVEDURA E 62% UMIDADE	Preço (R\$)	Qtd. p/ 1 kg	Custo para produzir 1 kg do produto	Custo para produzir 50 kg do produto	Custo mensal (10.000 kg)
Impostos					
Impostos (Sistema SIMPLES)	-	-	-	-	-
Matéria-Prima	5,29	1.030 g	0,2584	12,92	2.584,00
Embalagem: sacos de Ráfia	0,80	0,02 saco	0,0160	0,80	160,00
TOTAL DOS CUSTOS VARIÁVEIS 1			0,27	13,72	2.744,00
CUSTOS VARIÁVEIS – RESÍDUOS ENRIQUECIDOS COM 3% DE LEVEDURA E SECOS	Preço (R\$)	Qtd. p/ 1 kg	Custo para produzir 1 kg do produto	Custo para produzir 50 kg do produto	Custo mensal (10.000 kg)
Impostos					
Impostos (Sistema SIMPLES)	-	-	-	-	-
Matéria-Prima	5,29	2.424 g	0,61153	30,57665	6.115,33
Embalagem: sacos de Ráfia	0,58	0,05 saco	0,02900	1,45	290,00
TOTAL DOS CUSTOS VARIÁVEIS 2			0,64	32,02	6.405,33

Quadro 4.4 – Resumo dos custos fixos e variáveis para a produção do suplemento enriquecido

Com os valores encontrados no Quadro 4.4 é possível determinar dois valores para o custo final do produto, sendo o primeiro no valor de R\$ 0,47 por quilograma de suplemento proteico *in natura* enriquecido e com 62% de umidade no produto, e o segundo valor correspondente a R\$ 0,84 por quilograma de suplemento proteico enriquecido e seco. Observa-se que os preços encontrados indicam valores bastante competitivos em relação às alternativas tradicionais. Quanto ao preço de venda, este dependerá da margem de lucro escolhida e do ponto de equilíbrio encontrado.

Algumas reflexões devem ser feitas acerca desse valor obtido. Esse valor é fruto das estimações efetuadas. A vida útil dos equipamentos dependerá de aspectos como a manutenção preventiva e os cuidados diários. O valor a ser pago às indústrias pelos resíduos de frutas dependerá da avaliação das alternativas de cada empresa. O custo da levedura pode cair sensivelmente com compras em grandes quantidades. Enfim, os valores reais podem mudar, tanto para cima, quanto para baixo.

Outro ponto analisado, com relação a questão dos custos, é que a levedura também poderá ser produzida na própria empresa beneficiadora do suplemento de resíduos de frutas, tendo em vista que a produção em escala industrial reduzirá os custos consideravelmente.

Observa-se que os custos aqui apresentados estão direcionados para o enriquecimento proteico com utilização de fermento fresco (levedura *Saccharomyces cerevisiae*). Vale ressaltar que, para este tipo de processo o valor encontrado, quando comparado com os valores dos outros suplementos, ainda é bastante elevado, embora os custos totais finais sejam competitivos com os preços das empresas concorrentes.

Como foi verificado, 1 kg do suplemento proteico produzido terá um custo final de R\$ 0,47, que é um custo bastante considerável quando comparado com os demais produtos. No entanto deve-se observar que este produto ainda se encontra com umidade próxima de 62%, sendo este produto bastante perecível e que deverá ser consumido em um espaço muito curto de tempo, com no máximo 3 dias de validade.

Uma forma adequada para aumentar o tempo de vida útil do produto será realizar a extração da água do produto e deixá-lo com valores próximos de 12% conforme já foi bastante discutido neste capítulo. Neste caso, foi verificado que os custos relacionados com a produção de 1 kg do produto seco serão de R\$ 0,84. Este valor, quando comparado com os demais concorrentes do produto, pode ser considerado como um valor de risco, pois para a composição final do preço do produto ainda está faltando inserir a margem de lucro do produtor que, de acordo com a tabela de preços dos produtos concorrentes, o maior preço por quilo do produto é de R\$ 1,10 para o farelo de soja (Tabela 4.23). Portanto, o preço máximo

na estimativa de lucros que o produtor deverá acrescentar aos custos deverá ser igual a R\$ 0,26 por quilo, caso queira se equiparar ao quilo do produto farelo de soja.

4.8.2 Cenário 1 – Custo da levedura na produção de 1 kg do suplemento proteico *in natura*.

Conforme pesquisa realizada com fornecedores atacadistas de padarias no município de Aracaju-SE, foi encontrada uma média de R\$ 4,29 por cada 500 g de fermento fresco (levedura formada por *Saccharomyces cerevisiae*). Os dados mostram que os experimentos podem ser feitos com 3, 5 e 8% de levedura (*Saccaromices cerevisiae*). Desta forma, foi possível realizar no Cenário 1 o levantamento dos custos com levedura para os três valores percentuais, conforme apresentados na Tabela 4.25

TABELA 4.25 – Levantamento dos custos com levedura utilizada no processo, para 3, 5 e 8%

A	B	C	D	E	F
Cenário	Gramas de Resíduos	Levedura utilizada no processo (%)	Levedura utilizada no processo (g)	Custo para 500 g de levedura (R\$)	Custo da levedura utilizada no processo (R\$) = (E/500)*D
	500	3	15	4,29	0,12
1	500	5	25	4,29	0,21
	500	8	40	4,29	0,34

Verifica-se na Tabela 4.25 que o custo da levedura a ser utilizada no processo depende diretamente do percentual a ser considerado no processo, sendo que quanto maior for o percentual de levedura a ser utilizado maior será o custo a ser analisado para a viabilidade econômica.

Observa-se na Tabela 4.26, o custo com levedura utilizada na produção de 1 kg do suplemento *in natura* para os seguintes valores: 3, 5 e 8%.

A TABELA 4.26 – Custo da levedura em 1 kg de suplemento *in natura*

Cenário	Gramas de Resíduos	Levedura utilizada no processo	(g) de leveduras utilizadas no processo	Peso da mistura (g)	Custo total de levedura (R\$)
	1.000	3	30	1.030	0,25
1	1.000	5	50	1.050	0,42
	1.000	8	80	1.080	0,68

4.8.3 Cenário 2 – Custo da levedura na produção de 1 kg do suplemento proteico de acordo com a norma da ANVISA para comercialização do produto com 12,45% de umidade.

Durante estudos realizados no laboratório, verificou-se que a umidade final da fermentação dos resíduos enriquecidos, após 24 horas, foi igual a 64%. No entanto, de acordo com as normas para comercialização do produto, faz-se necessário que o substrato produzido tenha umidade final em torno de 12,45%, já que se trata de um suplemento proteico. A Tabela 4.27 mostra os percentuais de umidade que devem ser retirados a partir deste valor (64% de umidade final) até atingir 12,45% de umidade final do produto para ser comercializado conforme normas regulamentadores.

TABELA 4.27 – Cálculos da umidade final do produto de acordo com o percentual a ser retirado do suplemento proteico *in natura*

A	B	C	D	E	F	G
(g) de água	% de água retirada	(g) de água retirada =(A*B)/100	(g) de água menos (g) de água retirada =(A - C)	(g) de massa seca inicial	(g) massa final do produto =(D + E)	% de umidade final = (D/F)*100
640	10	64	576	360	936	61,54
640	20	128	512	360	872	58,72
640	30	192	448	360	808	55,45
640	40	256	384	360	744	51,61
640	50	320	320	360	680	47,06
640	60	384	256	360	616	41,56
640	70	448	192	360	552	34,78
640	80	512	128	360	488	26,23
640	90	576	64	360	424	15,09
640	91	582,4	57,6	360	417,6	13,79
640	92	588,8	51,2	360	411,2	12,45
640	93	595,2	44,8	360	404,8	11,07
640	94	601,6	38,4	360	398,4	9,64
640	95	608	32	360	392	8,16
640	100	640	0	360	360	0,00

Analisando os dados apresentados na Tabela 4.27, observa-se nas colunas A e E que, de acordo com os experimentos realizados no laboratório, o suplemento proteico em estudo *in natura* possui 640 g de água e 360 g de massa seca. Portanto, faz-se necessário diminuir a quantidade de água para que o produto possa ser comercializado.

Para se calcular o preço final do produto, verificou-se que, de acordo as normas para comercialização de suplementos, a Tabela 4.27 mostra que será necessário secar o suplemento proteico (mistura de levedura e resíduos de frutas) em aproximadamente 92%, tendo em vista que este produto para ser processado leva 24 h em estado *in natura*, e sai com umidade final igual a 64%, conforme estudos realizados em laboratório. Portanto, a extração de 92% do teor de umidade existente no produto, resulta uma perda de água de aproximadamente 58,8% do total da massa *in natura* por cada 1 kg produzido.

A Tabela 4.28 mostra os custos totais com levedura de acordo com o valor percentual utilizado no processo, bem como o peso final deste produto depois de retirada a quantidade de água necessária a sua comercialização.

TABELA 4.28 - Custos totais com levedura de acordo com o valor percentual utilizado no processo, depois de retirada a quantidade de água necessária à comercialização

A	B	C	D	E	F	G
Cenário	Gramas de Resíduos	% Levedura utilizada no processo	(g) de leveduras utilizadas no processo	Peso da mistura (g)	Peso final (g) com perda de 92% de água do suplemento	Custo total de levedura (R\$)
	1.000	3	30	1.030	425	0,25
2	1.000	5	50	1.050	433	0,42
	1.000	8	80	1.080	445	0,68

Pode-se verificar na Tabela 4.28 que o peso final do suplemento, após a perda d'água, cai consideravelmente. Neste caso, como os produtos devem ser comercializados dentro de embalagens contendo 1 kg, faz-se necessário verificar qual o total de resíduos (g) e leveduras (g) que devem ser adicionados para que o produto final, após a secagem, tenha 1 kg.

A Tabela 4.29 apresenta os resultados tomando-se como base a produção de 1.000 g de suplemento proteico. Neste caso, o total de resíduos utilizados deverá ser bem superior a 1 quilograma, quando considerada a perda de 92% de umidade final do produto para que o mesmo possa ser comercializado com 12,45% de umidade.

TABELA 4.29 – Custo de levedura em um 1 kg de suplemento com 12,45% de umidade

A	B	C	D	E	F	G
Cenário	Gramas de Resíduos	% Levedura utilizada no processo	(g) de leveduras utilizadas no processo	Peso da mistura (g)	Peso final (g) com perda de 92% de água dos resíduos	Custo total de levedura (R\$)
	2.353	3	71	2.424	1.000	0,60
2	2.309	5	115	2.424	1.000	0,99
	2.247	8	180	2.427	1.000	1,54

Como se pode verificar na Tabela 4.29, os custos relacionados com a levedura aumentam significativamente quando o produto passa pelo processo de secagem, e dependem diretamente do valor percentual a ser adicionado, variando de R\$ 0,60 até R\$ 1,54. Porém, vale ressaltar que se trata de um suplemento proteico que será adicionado à ração animal.

Devido aos custos com a instalação de um secador elétrico ser muito elevados, sugere-se que o produto seja seco em um secador solar ou através de um bioreator de azulejo instalado na própria empresa, a céu aberto. Neste caso, todos os cuidados relacionados com a questão de uma possível contaminação devem ser levados em consideração. Aconselha-se que seja construído no próprio local, um bioreator de azulejo branco, nas seguintes dimensões: 10 m x 5 m x 15 cm (comprimento x largura x profundidade), conforme apresentado na Figura 4.15

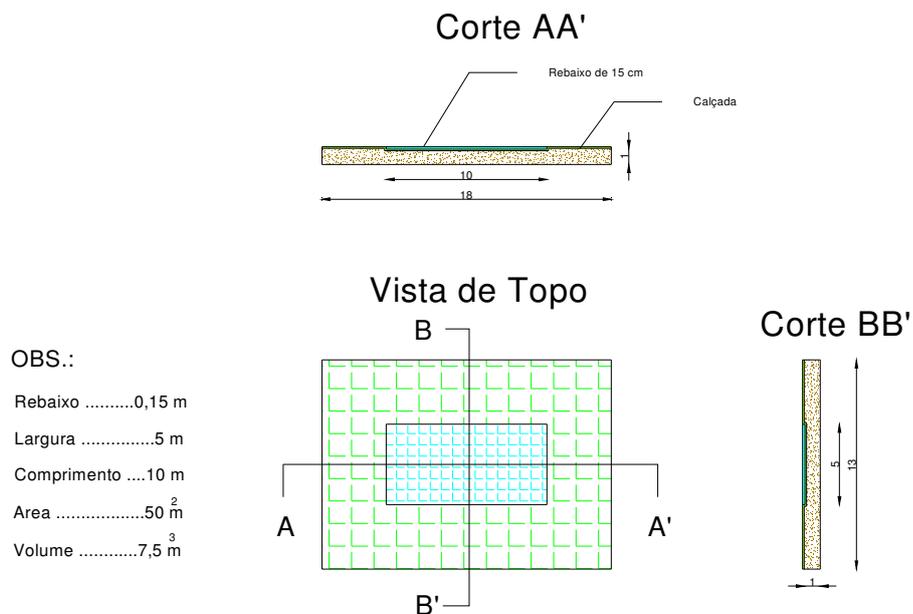


Figura 4.15 – Planta baixa do reator em alvenaria com revestimento cerâmico de azulejo branco

Fonte, próprio autor

4.8.4 Cenário 3 – Custo da produção de 1 kg do suplemento proteico fabricando a própria levedura no local de produção.

Teoricamente este cenário é o mais viável, uma vez que a produção de leveduras poderá ser feita no próprio local de produção do suplemento proteico.

Algumas informações devem ser apresentadas para a análise deste cenário: verificou-se que nas proximidades da cidade de Estância existem indústrias processadoras de bebidas que utilizam a levedura *Saccharomyces cerevisiae* na fabricação de seus produtos. De certa forma, a identificação destas indústrias próximas às indústrias processadoras de sucos de frutas é um ponto positivo para a análise do estudo deste cenário, visto que as indústrias que fabricam cerveja geram grande produção de levedura *Saccharomyces cerevisiae* e que não são aproveitadas depois do processo de obtenção deste produto. Neste caso, o excesso de leveduras não aproveitadas durante o processo será visto pelas indústrias processadoras de suco de frutas como uma vantagem competitiva já que este subproduto das fábricas de cerveja pode ser adquirido a preços bem inferiores e também ser totalmente aproveitado durante o processo de fabricação do suplemento proteico.

Para se ter uma ideia, em pesquisa recente realizada diretamente com os produtores de cerveja no Estado de Sergipe, a tonelada de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* é vendida por apenas R\$ 40,00. Logo, o preço por quilo deste produto chega a ser bastante insignificante, ficando na ordem de R\$ 0,04.

Considerado que o valor médio do frete de soja entre algumas cidades do Brasil gira em torno de R\$ 0,11 por toneladas/km, pode-se simular os custos com o frete nesta ordem, já que não foi encontrado nas pesquisas nenhum valor do custo de frete para o transporte de resíduos desta natureza.

De acordo com o estudo, verificou-se que a distância utilizada como padrão para o cálculo dos custos consistiu na média das distâncias entre as indústrias produtoras identificadas e a cidade de Estância. O valor obtido pela média foi de 41,8 km, o que gera um custo de R\$ 4,60 por quilômetro da tonelada transportada.

Neste caso, mais uma vez percebe-se que os custos são praticamente insignificantes quando comparados para 1 quilo.

Portanto, a pesquisa mostra que este é um dos cenários ideais para a viabilidade produtiva na obtenção de enriquecidos proteicos para ração animal a partir dos resíduos de abacaxi, caju e maracujá enriquecidos com levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

4.8.5 Considerações sobre a análise de custos e a viabilidade econômica

Mesmo sabendo que algumas informações não foram apresentadas para o estudo da viabilidade econômica, principalmente as relacionadas com a falta de dados sobre a geração e venda dos resíduos de frutas em Sergipe e a não consideração de alguns custos envolvidos na produção de uma empresa real, a análise dos dados mostrou que Sergipe possui condições de produzir suplemento proteico para ração animal através de resíduos de frutas de forma rentável.

A cidade de Estância mostra-se como uma boa alternativa para localizar uma unidade produtora visto que concentra duas das maiores indústrias produtoras de suco do estado. Além disso, o custo estimado do quilograma de ração produzido via resíduos de frutas tende a ficar próximo aos preços de venda praticados por concorrentes diretos, especialmente se os custos com transportes forem minimizados.

Os cenários montados durante o trabalho apontaram para um investimento economicamente viável. A real rentabilidade do negócio dependerá de aspectos não levados em consideração neste trabalho, como carga de impostos, evolução da demanda, disponibilidade de resíduos, sazonalidade etc.

Uma vez que o tamanho do rebanho bovino confinado sergipano não pôde ser estimado devido à falta de informações, resolveu-se trabalhar com uma faixa de valores prováveis.

NASCIMENTO (2012) afirma que no Brasil, aproximadamente 10% dos animais enviados para as indústrias de abate são oriundos de confinamentos.

De acordo com dados do IBGE, calculou-se o custo unitário de fabricação com base em dez valores de demanda, variando de 1 a 10% do tamanho total do rebanho bovino sergipano, verificando-se que o mais provável é que o tamanho real do rebanho bovino confinado sergipano não ultrapasse de 2 ou 3% do total de cabeças de gado do Estado.

O consumo diário de proteína por cabeça de gado considerado foi de 0,966 kg, sendo o percentual de proteína bruta do produto enriquecido na ordem de 20,23%, remetendo a um consumo de 4,77 kg de suplemento proteico diariamente por cada animal.

Em relação ao transporte, não foram encontrados valores de frete de resíduos de frutas no mercado, possivelmente pelo fato de que tais subprodutos não apresentam fluxos consideráveis no mercado nacional. A estimativa, dessa forma, teve que ser baseada no transporte de outras mercadorias.

Percebe-se que um investimento nessa área possui grandes chances de se tornar viável. Para efeito de comparação, calculou-se o VPL utilizando como taxa mínima de atratividade a taxa média da poupança.

O investimento inicial considerado consistiu em uma estufa simples e um terreno no município de Estância.

O cálculo do VPL foi realizado em um horizonte de doze meses. Considerou-se o primeiro mês com fluxo de caixa formado apenas pelos gastos com os investimentos do terreno e da estufa. Nos demais períodos, o fluxo de caixa foi suposto constante e igual à receita (quantidade vendida multiplicada pelo preço de venda) menos a despesa (quantidade vendida vezes custo do quilograma). O valor presente líquido ao final de um ano mostrou-se positivo, não sendo necessário calcular o VPL baseado para valores de venda maiores, visto que para o menor nível de demanda considerado, o estudo já se mostrou mais rentável que a renda fixa da poupança, sendo, portanto, economicamente viável.

Capítulo 5

Conclusões

5. Conclusões

Quanto às condições de operação do enriquecimento proteico

Foi comprovada a viabilidade de realizar o enriquecimento de misturas contendo diversos resíduos de frutas processadas na indústria sem perda no desempenho quanto aos níveis de aumento proteicos esperados a partir do comportamento individual.

De acordo com a queda dos açúcares redutores e aumento da proteína bruta houve enriquecimento compatível com o esperado para este tipo de material.

A mistura de resíduos teve um enriquecimento proteico considerável, com IEP – índice de enriquecimento proteico = 5,07.

A perda de água durante o processamento não inviabiliza o crescimento celular e nem o enriquecimento proteico. No entanto, a umidade e atividade de água final não são adequadas para o armazenamento seguro do produto, indicando a necessidade de posterior secagem do resíduo enriquecido.

Observou-se que a umidade relativa do ar influencia na evolução do enriquecimento proteico, através do aumento do consumo de AR, e seu controle permite manter a atividade de água em níveis adequados para favorecer o processo fermentativo.

A melhor condição operacional, entre as estudadas para o enriquecimento proteico da mistura de resíduos, foi 24 h de fermentação com 80% de umidade relativa controlada, 35 °C e 3% de inóculo, apresentando um aumento no consumo de AR na ordem de 3,42%. Para este estudo, a umidade final do substrato foi de 78,24%.

Quanto à viabilidade econômica

Considerando apenas o Estado de Sergipe, a produção de abacaxi, que foi de 21.822 ton em 2010, geraria aproximadamente 13.000 ton de resíduos, dos quais, 6.900 ton de casca e polpa aderida. No mesmo Estado foram produzidas 45.956 ton de maracujá em 2010, correspondendo a 23.000 ton de casca e albedo. Quanto ao caju, se levarmos em conta que no Nordeste a estimativa de desperdício do pedúnculo é de 940.000 ton, correspondendo a 90.000 ton de bagaço, a disponibilidade de resíduos é suficiente para uma produção em escala. Os resíduos não são separados depois do processo de fabricação das polpas de frutas.

Quanto ao destino desses resíduos praticamente 2/3 são colocados em aterros sanitários. Em alguns casos os fornecedores dos produtos levam os resíduos para transformá-los em adubo orgânico e ração animal ou são colocados em tonéis de 200 kg e em seguida são lançados no lixo.

A partir dos estudos de localização e considerando as capacidades de processamento das indústrias de sucos é possível concluir que a região do município de Estância é uma boa área para a implantação de uma indústria processadora de resíduos de frutas no Estado de Sergipe.

A análise de custos simplificada realizada no presente trabalho, chegou a um custo final aproximado de R\$ 0,47 por quilograma de suplemento proteico produzido, o que indica um valor muito competitivo em relação às alternativas tradicionais. Deve-se observar que este produto ainda se encontra com umidade próxima de 62%, sendo considerado um produto bastante perecível e que deverá ser consumido em um espaço muito curto de tempo, com data de validade prevista para no máximo 3 dias.

Uma forma adequada para aumentar o tempo de vida útil do produto será realizar a extração da água contida no mesmo e deixá-lo com valores próximos a 12%. No entanto, verifica-se que, para estas condições, os custos relacionados com a produção de 1 kg do produto seco serão de R\$ 0,84. Este valor, quando comparado com os demais concorrentes do produto, pode ser considerado como um valor de risco, pois para a composição final do preço do produto ainda está faltando inserir a margem de lucro do produtor que, de acordo com a tabela de preços dos produtos concorrentes, o maior preço por quilo é de R\$ 1,10 para o farelo de soja. Na estimativa de lucros, o preço máximo que o produtor poderá acrescentar aos custos é de R\$ 0,26 por quilo, caso queira se equiparar ao quilo do produto farelo de soja.

Considerações finais

Os resultados obtidos no presente trabalho apontam para a viabilidade de realizar o enriquecimento de misturas contendo diversos resíduos de frutas processadas na indústria, visando sua utilização como suplemento proteico na formulação de ração animal ou mesmo, na alimentação humana tendo em vista que, além de ser obtido um produto de alto valor agregado, o seu processamento contribui para diminuir riscos ambientais causados pela inadequada deposição dos resíduos das indústrias processadoras de sucos de frutas.

5.1 Perspectivas para trabalhos futuros

Com os resultados obtidos no presente trabalho foi verificada a necessidade de realizar mais pesquisas relacionadas com a questão do armazenamento e embalagem do produto em estudo.

Estudos mais detalhados relacionados com análises mais realistas sobre a questão da viabilidade econômica devem ser realizados, uma vez que os estudos aqui apresentados estão baseados em modelos de cenários hipotéticos que se aproximam da realidade.

Verificou-se que é possível realizar o enriquecimento proteico de resíduos oriundos das indústrias processadoras de sucos de frutas. E, uma vez realizada esta mudança cultural nestas organizações, a sociedade ganhará com os benefícios gerados e com a diminuição dos riscos ambientais causados pela inadequada deposição destes resíduos a céu aberto. Sendo assim, propõem-se realizar projetos de pesquisa e extensão voltados para esta área do conhecimento, objetivando repassar para a sociedade que é possível realizar esta mudança no ambiente organizacional.

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Resíduos sólidos – Classificação**. NBR 10004. 2ª Edição. 71 p. 2004.

ALEXANDRE, H.V. **Cinética de secagem em resíduos de abacaxi (*Ananas comosus* L.) enriquecido com a levedura *Saccharomyces cerevisiae***. 2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - Universidade Federal de Campina Grande.

ARAÚJO, L. de F. **Enriquecimento proteico do mandacaru sem espinhos (*Cereus jamacaru* P.DC) e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) por fermentação semissólida**. Tese Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

ARAÚJO, L. de F.; MEDEIROS, A.N. de; PERAZZO NETO, A.; CONRADO, L. de S.; SILVA, F.L.H. da. **Protein enrichment of cactus Pear (*Opuntia ficus-indica* Mill) using *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation**. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v.48, p.161-168, 2004.

ARAÚJO, L. de F.; OLIVEIRA, L.S.C.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O.L.S.; SILVA, F.L.H. da. **Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 379-384, 2005.

ARAÚJO, L. de F.; SILVA, F.L.H. da; BRITO, E.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, S.; SANTOS, E.S.. **Enriquecimento proteico da palma forrageira com *Saccharomyces cerevisiae* para alimentação de ruminantes**. Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 60, n. 2, p. 401-407, 2008.

ARIKI, J.; TRAVAGLINI, D.A. **A secagem de polpa da extração de suco de laranja**. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, p. 157-166, 1977.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, G.M.P.; SIQUEIRA, G.B.; ANDRADE, P.; ALCALDE, C.R. Degradação “in situ” da matéria seca, proteína e fibra em detergente neutro das ensilagens de maracujá e híbrido de milho. **Anais...** SBZ, 34ª reunião anual da SBZ. p.365-367, 1997.

BIANCHI, V.L.D.; MORAES, I.O.; CAPALBO, D.M.F. **Fermentação em meio semi-sólido**. In: Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica, v.2, p.247-276, 2001.

BRAGA, R. Plantas do nordeste brasileiro, especialmente do Ceará. In: Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais, ESAM. **Anais...**, Mossoró, RN, 1976.

BRASIL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p.1020, 2008.

BURGI, R. Equipamentos para manejo e tratamento de resíduos agrícolas e agroindustriais. In: Simpósio sobre utilização de subprodutos agrícolas de colheitas na alimentação de ruminantes. EMBRAPA. **Anais...**, São Carlos, SP, p.29-43, 1992.

BURROWS, S. Baker's yeast. In: ROSE, A.H.; HARRISON, J.S. (Eds.). **The Yeasts: Yeast technology**. London: Academic Press, v.3, p.349-419, 1970.

BUTOLO, J.E. **Aproveitamento de produtos não usais na alimentação do gado leiteiro**. Nutrição de Bovinos. Conceitos básicos e aplicados. Ed. FEALQ, p.387- 405, 1993.

CAMPOS, A.R.N. **Enriquecimento proteico do bagaço do pedúnculo de caju (*Anarcadium occidentale* L.) por fermentação semissólida**. Campina Grande, Paraíba, Universidade Federal de Campina Grande. 2003, 87p. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

CAMPOS, A.R.N.; SANTANA, R.A.C.; DANTAS, J.P.; OLIVEIRA, L.S.C.; SILVA, F.L.H. da. **Enriquecimento proteico do bagaço do pedúnculo de caju por cultivo semi-sólido**. Revista de Biologia e Ciência da Terra, v. 5, n. 2, p. 72-82, 2005.

CANOILAS, L.M. **Enriquecimento proteico de resíduos de farinha de mandioca pelo desenvolvimento de leveduras**. Piracicaba, São Paulo, 1991. 110p. (Dissertação) - ESALQ.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos**. 9ª ed, São Paulo: Atlas, 2000.

CHOAIRY, S.A. **O abacaxizeiro. Conhecimentos básicos, práticas de cultivo e uso**. Fortaleza - CE, EMEPA – PB / BNB, p.140. (EMEPA - PB. Documentos, 16). 1992.

COMPAAN, J.P.; BISHOP, E.J.B. **Pineapple fruit waste as silage**. Faring in S. Africa, v.44, n.1, p.28-29, 1968.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2004.

CORREIA, R.T.P. **Estudo do cultivo semi-sólido de *Saccharomyces cerevisiae* e *Rhizopus oligosporus* em resíduo de abacaxi**. Natal, Rio Grande do Norte, 2004. 151p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DONZELES, S.M.L.; SILVA, J.S.; CORREA, P.C; SANTOS, R.R. Custos comparativos da secagem de café cereja descascado em dois terreiros secadores. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.15, n.2, 119-129, Abr./Jun., 2007.

DORTA, B.; BOSCH, A.; ARCAS, I.; ERTOLA, R. **Water balance in solid state fermentation without forced aeration**, Enzyme Microbiology Technology, v.16, p.562-565, 1994.

DUNAND, A.; RENAUD, R.; MARATRAY, J.; ALMANZA, S.; DIEZ, M. **INRA-Dijon reactors for solid state fermentation: designs and applications.** *Journal of Scientific and Industrial Research*, v.55, p.317-332, 1996.

EMEPA – **Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba.** Exploração. [online] Disponível na internet, 2011.

FERNÁNDEZ, M.; ANANÍAS, J.; SOLAR, I.; PEREZ, R.; CHANG, L.; AGOSIN, E. **Advances in the development of a control system for a solid substrate pilot bioreactor.** In: ROUSSOS, S.; LONSANE, B.K.; RAIMBAULT, M.; VINIEGRA-GONZÁLEZ, G.; *Advances in solid state fermentation.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997. p. 155-168.

FERNÁNDEZ, M.; PÉREZ, J.R.; SOLAR, I.; AGOSIN, E. **Automation of a solid substrate cultivation pilot reactor.** *Bioprocess Engineering*, v.16, p.1-4, 1996.

FERRARI, R.A.; COLUSSI, F.; AYUB, R.A. **Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá – aproveitamento de sementes.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.101-102, Abril, 2004.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; BORGES, I. **Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.223-229, 2009.

GERVAIS P., MARECHAL P.A., MOLIN P., 1996. Water relations of solid state fermentation. *Journal of Scientific and Industrial Research*, v.55, p.343-357, 1996.

GHOSH, T.K.; PATRA, V.K.; TRIBEDI, D.; MITRA, T.K. **Comparative nutrient utilization of pineapple tops in sheep and goats.** *The Indian Journal of Animal Science*, v.59, p.1462-1463, 1989.

GIBBONS, W.R.; WESTBY, C.A.; DOBBS, T.L.A. Continuous, farm-scale, solid-phase fermentation process for fuel ethanol and protein feed production from fodder beets. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, v.26, p.1098-1107, 1984.

GREGÓRIO, J.; VILAR, L. **Abacaxi na Paraíba, Informativo Mensal da Equipe Técnica de Abacaxi (ETA)** - Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, v.4, 2006.

HOLANDA, J.S.; OLIVEIRA, A.J.E.; FERREIRA, A.C. Enriquecimento proteico de pedúnculos de caju com emprego de leveduras, para alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.5, p.79, 1998.

HOLANDA, J.S.; OLIVEIRA, J.F.; MELO, J.B.; SILVA, J.C.; Souza, N.A.; SILVA, H.P.; AZEVEDO, J.C.T. **Manejo e produção de galinha caipira**, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2002.

HOTTINGER, T.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. **Rapid changes of hest and desiccation tolerance correlated with changes of trehalose content in *Saccharomyces cerevisiae* cells subjected to temperature shifts**. FEBS Letters, v.220, p.112-115, 1987.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PRODUÇÃO VEGETAL: Agricultura IN: **Anuário Estatístico do Brasil**. 1990, Rio de Janeiro; IBGE, p.343, 1990.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Agropecuária, 2006. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso: 09 de abril de 2009.

KORNDORFER, C.M.; BUENO, I.C.S.; CROSSARA, E.; PEÇANHA, M.R.S.R.; ABDALLA, A. Armazenamento e composição química do resíduo da indústria de suco de maracujá. **Anais... SBZ, 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**.v.1, p.317-319, 1998.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROM, M. **Transformation of vegetable waste into value added products: (a) the upgrading concept; (b) practical implementations.** Bioresource Technology. v.87, p.167-198, 2003.

LIMA, A.A.; FILHO, H.P.S.; FANCELLI, M.; SANCHES, N.F.; BORGES, A.L.A. **A cultura do maracujá.** Coleção Plantar. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Frutas tropicais – EMBRAPA, p.76, 1994.

LIMA, P.K.D; CAVALCANTE, J.A.; ALSINA, O.L.S. **Estudo do tempo de prateleira de resíduos agroindustriais da casca de maracujá enriquecido para ração animal.** 2010. Artigo apresentado no VII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande – PB.

LONSANE, B.K.; GHIDYAL, N.P.G.; BUDIATMAN, S.; RAMAKRISHNA, S.V. **Enzyme Microbiology Technology**, v.7, p.258-265, 1985.

MACHADO, A.V. **Estudo da secagem do pedúnculo do caju em sistemas convencional e solar: modelagem e simulação do processo.** Natal, Rio Grande do Norte, 2009, 126p. (Tese Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MAGGIONI, D.; MARQUES, J. de A. Resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes: uma revisão. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.** v.1, 2007.

MANILAL, V.B.; NARAYANAN, C.S.; BALAGOPALAN, C. **Cassava starch effluent treatment with concomitant sep production.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, Oxford, v.7, p.185-190, 1991.

MARTINS, C.R.; TAVARES, J.C.; VASCONCELOS, G.C. de. **Pós colheita de frutas de clima temperado – Parâmetros de acompanhamento da maturação** – UFPEL, 2005.

MATOS, A.T. de. Apostila do Curso sobre Tratamento de Resíduos Agroindustriais - **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental/UFV. Universidade Federal de Viçosa. Fundação Estadual do Meio Ambiente Maio de 2005.

MELO, Cleonildo. **Sebrae busca reduzir desperdício de 75% na produção de caju**. Disponível em: <http://www.agenciasebrae.com.br/noticia.kmf?canal=199&cod=10780265>, 07 de outubro de 2010.

MENEZES, T.J.B.; SALVA, J.G.; BALDINI, V.L.; PAPINI, R.S.; SALES, A.M. Protein enrichment of citrus wastes by solid substrate fermentation. **Process Biochemistry**, p.167-171, 1989.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.

MIZRAHI S, **Novel approaches to accelerated storage tests**. In *Engineering and Food*, Vol 2: Preservation Processes and Related Techniques, Spiess WE L and Schubert H, eds pp. 794–803, New York, Elsevier Applied Science, 1990.

MONTEIRO, L. F.; LEITE, N. J. ; SILVA, F. L. H.; ALSINA, O. L. S. **Enriquecimento de misturas de resíduos utilizando *Saccharomyces cerevisiae***. In: SINAFERM2011 XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos, Caxias do Sul -RS, 2011.

MONTEIRO, L. F.; LEITE, N. J. ; SILVA, F. L. H.; ALSINA, O. L. S. **Estudo da cinética de enriquecimento proteico de resíduos de frutas**. In: ENEMP2011: XXXV Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, Vassouras - RJ, 2011.

MONTEIRO, L. F.; LEITE, N. J. ; SILVA, F. L. H.; ALSINA, O. L. S. **Enriquecimento de misturas de resíduos utilizando *Saccharomyces cerevisiae***. In: SINAFERM2011 XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos, 2011, Caxias do Sul -RS, 2011.

MOO-YOUNG, M.A.; MOREIRA, R.; TENDERGY, R.P. **Principles of solid substrate fermentation.** In: SMITH, S.E.; BERRY, D.R.; VRISTIUNSEN, B. *The filamentous fungi.* Londres, p.117-144, 1983.

MORAES, I.O. **Fermentação semissólida: definições e conceitos básicos envolvidos; importância dos processos na obtenção de bioprodutos.** EMBRAPA, 2001.

MOREIRA, D.A. **Administração da produção e operações.** 2ª ed, São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOREIRA, W.M. **Valor nutritivo da semente de maracujá (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*, Deuger) para ruminantes: Digestibilidade e níveis na dieta.** Piracicaba, São Paulo, ESALQ-USP, 1980, 63p. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Nutrição Animal e Pastagens.

MORGADO, I.F., AQUINO, C.N.P., TERRA, D.C.T. Aspectos econômicos da cultura do abacaxi: sazonalidade de preços no Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, São Paulo, v.26, p.44-47, 2004.

MOURA, S.C.S.R.; BERBARI, S.A.; GERMER, S.P.M.; ALMEIDA, M.E.M.; FEFIM, D.A. **Determinação da vida de prateleira de maçã-passa por testes acelerados.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, São Paulo, v.27, p. 141 – 148, 2007.

MULLER, Z.O. **Feeding potential of pineapple waste for cattle.** *World Animal Review*, v.25, n.1, p.25-29, 1978.

NASCIMENTO, L.J. **Pecuarista deve confinar até 15% a mais de gado em 2012,** Globo.com. Mato Grosso, 26 mar. 2012. Disponível em: <<http://www.http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2012/03/pecuarista-deve-confinar-ate-15-mais-de-gado-em-2012-diz-assocon.html>>. Acesso em: 2 mai. 2012.

NIGAM, P.; SINGH, J. D. Solid-state (substrate) fermentation systems and their applications in biotechnology. *Journal of Basic Microbiology*.v.34, p.405-423, 1994.

OLIVEIRA, E.S. **Estudo da secagem de resíduos agroindustriais do processamento do maracujá para ração animal**. 2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - Universidade Federal de Campina Grande.

OLIVEIRA, M.M. **Enriquecimento nutricional por bioconversão de resíduos agroindustriais para utilização na alimentação animal**. Campina Grande, Paraíba, 2007, 185p. (Tese Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - Universidade Federal de Campina Grande.

OLIVEIRA, M.M.; CAMPOS, A.R.N.; GOUVEIA, J.P.G.; SILVA, F.L.H. da. **Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr)**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, p.565-569, 2005.

OLIVEIRA, M.M.; CAMPOS, A.R.N.; SILVA, F.L.H. da. **Enriquecimento nutricional dos resíduos do abacaxi (*Ananás comosus* L. Mer)**. Revista UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos, São Paulo, v.13, n. 24. Outubro de 2006. INIC – Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI EPG – Encontro Latino Americano de Pós Graduação.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*passiflora edulis* F. Flavicarpa) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.3, p. 259-262,2002.

OTAGAKI, K.M.; MATSUMOTO, H. Nutritive values and grain driers. **Agricultural Engineer**. p.74-80, 1958.

PAL, K.; MITTAL, G.S.; JINDAL, U.K. Effect of pineapple waste atorage conditions on the chemical composition of bran. **Potencial Animal feed. Agricultural Mechanization in Asia and Latin America**. v.15, p.76-82, 1984.

PANDEY, A. **Recent developments in solid-state fermentation**, Process Biochemistry.v.27, p.109-117, 1992.

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; LEON, J.R. **Solid-state fermentation, Biotechnology: Fundamentals and applications**, 1st ed., Asiatech Publishers Inc., New Delhi. 221p. 2001.

PARTI, M. e DUGMANICS, I. Diffusion coefficient for corn drying. **Transactions of the ASAE**. v.33, nº 5, p.1652-1656, 1990.

PINTO, G.A.S.; BRITO, E.S. de; ANDRADE, A.M.R.; FRAGA, S.L.P.; TEIXEIRA, R.B. **Fermentação em estado sólido: uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais tropicais**. Comunicado Técnico, 102. 1ª edição. EMBRAPA. ISSN 1679-6535, Agosto, 2005. Fortaleza – CE.

PONTES, M.A.N.; HOLANDA, L.F.F.; ORIÁ, M.A.T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis*F. Flavicarpadeg.): II. Estabilidade da farinha de casca. **Boletim CEPPA**, v.6, p.1-7, 1988.

PONTES, M.A.N.; HOLANDA, L.F.F.; ORIÁ, M.A.T. Estudo dos subprodutos do maracujá (*Passiflora edulis* F. Flavicarpadeg.): III. Obtenção do óleo e da torta. **Boletim CEPPA**, v.7, p.23-32, 1989.

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B. **Suplementação de bovinos no pasto e alimentos alternativos usados na bovinocultura**. Maringá – PR. EDUEM – UEM, 162p. 2002.

PRUTHI, J.S. **Physiology chemistry and technology Pasión fruti**.Advances in Food Research, V.12, n.2, p.203-282, 1963.

PY, C.; LACOUÉILHE, J.J.; TEISSON, C. **L'ananas; Sáculture, sèsproduits**. Paris, G.P. p.562, (Techiques Agricoles et Productions Tropicales, 33). 1984.

RAIMBAULT M.; RAMIRES T.C. **Growth of *Rhizopus sp.* on ungelatinized cassava flour in solid state fermentation for protein enrichment.** In : ROUSSOS SEVASTIANOS (ED.), Lonsane B.K. (ed.), RAIMBAULT MAURICE (ED.), Viniegra-Gonzalez G. (ed.) *Advances in solid state fermentation : proceedings of the 2nd international symposium on solid state fermentation.* Dordrecht : Kluwer, 1997, p.169-181. FMS-95: Solid State Fermentation: International Symposium, 2., Montpellier (FRA), 1997.

RAMANA, M.M.V.; KARANTH, N.G.; RAGHAVARAO, K.S.M.S. **Biochemical engineering aspects of solid-state fermentation.** *Advances in Applied Microbiology*, v.38, p.99-146, 1993.

RAMOS, A.D.; BLEICHER, E.; FREIRE, F.C.O.; CARDOSO, J.E.; PARENTE, J.I.G.; BARROS, L.M.; CRISOSTOMO, L.A.; FROTA, P.C.E.; CORREA, M.P.F.; PESSOA, P.F.P.; MELO, Q.M.S.; OLIVEIRA, V.H. **A cultura do caju.** Brasília, DF, EMBRAPA-SPI, 96p. 1996.

RECH, J.L.; JACODINO, I.F.R.; FARIAS, J. da S.; JACODINO, A. Avaliação da utilização da silagem de resíduos de abacaxi, com níveis restritos de ração em suínos: efeito sobre o índice de iodo na gordura e resistência ao corte da carne. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. João Pessoa - PB, **Anais... SBZ**, 28, 471p. 1991.

RECH, J.L.; JACODINO, I.F.R.; FARIAS, J. da S.; JACODINO, A. Utilização de resíduos de conservas na alimentação de suínos em crescimento-terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campinas - SP., **Anais...SBZ.**, 27, 169p. 1990.

REIS, J. **Composição química, consumo voluntário e digestibilidade das silagens de resíduo de maracujá (*Passiflora edulis*, Sims f. *flavicarpa*) com capim-elefante (*Pennisetumpurpureum*, Schum), cv. Cameroon e suas combinações.** Lavras – UFLA, 1994, 50p. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

REIS, J.; TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; PAIVA, T.C.A.; RESENDE, C.A.P.; SERAFIM DOS SANTOS, M.A. Composição química digestibilidade de silagem de capim “cameroon” e de suas misturas. **Anais...** SBZ, 30^a Reunião Anual da SBZ. 483p., 1993.

RIBEIRO FILHO, N.M. **Estudo de caracterização e isoterms de sorção do bagaço do pseudofruto do caju, enriquecido para ração animal.** Campina Grande, Paraíba, Universidade Federal de Campina Grande. 99p. 2010(a). (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

RIBEIRO FILHO, N.M.; SANTOS, R.C.; CONRADO, L.S.; ALSINA, O.L. S.; M.F.D. **Estudo de cinética de secagem do bagaço do pedúnculo do caju *in natura* e enriquecido por via fermentativa.** In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, Foz do Iguaçu - PR. 2010(b). p. 1515-1523.

RITZMAN, L.P.; KRAJEWSKI, L.J. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Prentice Hall, 2004.448p.

RODRIGUES, A.R.C.; PEIXOTO, R.R. Avaliação de alimentos XX. Composição bromatológica, digestibilidade e balanço de nitrogênio de resíduo da indústria de abacaxi. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campinas - SP., **Anais...** SBZ., n.27, p.92, 1990a.

RODRIGUES, A.R.C.; PEIXOTO,R.R. Avaliação de alimentos XXI. Composição bromatológica, digestibilidade e balanço de nitrogênio de resíduo da indústria de abacaxi ensilado. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campinas - SP., **Anais...** SBZ., n.27, p.93, 1990b.

ROUSSOS, S.; LONSANE, B.K.; RAIMBAULT, M.; VINIEGRA-GONZALEZ, G. Advances in solid state fermentation. Proceedings of the 2nd International Symposium on Solid State Fermentation. **Anais...** Kluwer Academic Publishers, 1995.

RUIZ, M.E., THIAGO, L.R.L.S., COSTA, F.P. **Alimentação de bovinos na estação seca: princípios e procedimentos.** EMBRAPA, Campo Grande, MS, 1999.

SANTOS, M.A.S. **Valor de nutritivo de silagens de resíduo de maracujá (*Passiflora edulis*, Deuger), ou em mistura com casca de café (*Coffearábic*, L.) e palha de feijão (*Phaseolus vulgares*, L.).** Lavras – UFLA. 57p., 1995. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

SATAPATHY, H. Utilization of pineapple cannery waste animal feed with urea or natural sources of protein. **Veterinary Journal**, v.55, p.149-56, 1978.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia Industrial.** Engenharia Bioquímica. v.2. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 2001.

SECOM, **Segundo Emater, Paraíba lidera produção nacional de abacaxi.** *Jornal da Paraíba*, João Pessoa, Paraíba, Caderno Cidades, 05 abr. 2011.

SILVA, J.D. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** Editora UFV. São Paulo, 1998.

SILVA, A.F.R.; ZAMBIAZI, R. C. **Aceitabilidade de geléias convencional e light de abacaxi obtidas de resíduos da agroindústria.** Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, Paraná, v.26, p.1-8, 2008.

SILVA NETO, R.M. da. **Inspeção em indústria de beneficiamento da castanha de caju visando a implantação das boas práticas de fabricação.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2000, 128 p. (Dissertação). Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

SILVA, M.E. da; ARAÚJO, G.T. de; ALVES, J.J.N.. **Avaliação das características físico-químicas da polpa do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.) visando obter um fermentado para a produção de etanol hidratado.** 1º Congresso Químico do Brasil. IFPB, João Pessoa. Disponível em www.aquimbrasil.org/congressos/2010/arquivos/T13.pdf

SINIMBU, F. **Tecnologia garante vida longa ao maracujazeiro.** Newsletter da Embrapa Roraima. Data de Edição: 12 de julho de 2004.

SIQUEIRA, G.B.; BERIPAGLIA, L.M.A.; ANDRADE, P.; ALCALDE, C. R. Utilização resíduo de maracujá e silagens de híbridos de milho, na terminação de bovinos de corte em confinamento. In: Reunião Anual da SBZ. **Anais...** SBZ, v.1, p.368-370, 1998.

STARLING, J.M.C.; RODRIGUEZ, N.M.; MOURÃO, G.B. **Avaliação nutricional da semente de maracujá (*Passiflora edulis*) em ensaio de digestibilidade aparente em ovinos.** In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. p.219-221. 1996.

TEDESCO, J.M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises do solo, plantas e outros materiais.** Boletim Técnico nº 5. Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia. UFRS, Porto Alegre – RS, 1995.

THIEMANN, J.E. Produção de enzimas por fermentação em substrato semi-sólido com especial referência às celulases. In: SEMINÁRIO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE BIOMASSAS, **Anais...**, Maringá, Paraná, p.107-131, 1985.

UCHIDA, S.; LANA, I.K.; HORIZOME, T. **Feeding value of peneapple bran produced in Philippines.** Okayama Univ. v.58, p.55-62, 1980.

USAID. Livro: Inserção de micro e pequenas empresas no mercado internacional - **Análise da indústria de castanha de caju**, v.1. 2006.

VIEIRA, C.V.; VASQUE, H.M.; SILVA, J.F.C.; DORIGO, D.M.; FERNANDES, A.M. Composição química-bromatológica da matéria seca de resíduo (casca) de três espécies de maracujá (*Passiflora spp*). **Anais...** SBZ, 33ª Reunião Anual da SBZ. p.279-280, 1996.

VIEIRA, C.V.; VASQUE, H.M.; SILVA, J.F.C.; FERNANDES, A.M. Degradabilidade IN SITU da matéria seca, proteína bruta, fibra detergente neutro e taxa de pesagem de três espécies de maracujá (*Passiflora spp*). **Anais...** SBZ, 34ª Reunião Anual da SBZ. p.64-66, 1997.

WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola.** Porto Alegre: Kleper Weber Industrial, p.395, 2005.

WORGAN, J.T. **Protein production by microorganisms from carbohydrate substrates.** In: JONES, J.G.W. (Ed.). *The biological efficiency of protein production.* Cambridge: Univ. Press, p.339-371, 1973.

XAVIER, S.; KARANTH, N.G. A convenient method to measure water activity in solid state fermentation systems. **Letters Applied Microbiology**, v.15, p.53-55, 1992.

YANG, S.S. Protein enrichment of sweet potato residue with amylolytic yeasts by solid-state fermentation. **Biotechnology and Bioengineering**, v.32, p.886-890, 1988.

YOUCEF-ALI, S.; MESSAOUDI, H.; DESMONS, J.Y.; ABENE, A.; LE RAY, M. Determination of the average coefficient of internal moisture transfer during the drying of a thin bed of potato slices. **Journal of Food Engineering**. V.48, p.95-101, 2001.