

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**APLICAÇÃO DO CUSTEIO BASEADO EM  
ATIVIDADES NA DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE  
PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO SORGO  
SACARINO EM PEQUENA UNIDADE DE PRODUÇÃO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Susane Cristina Weschenfelder**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2011**



# **APLICAÇÃO DO CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES NA DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO SORGO SACARINO EM PEQUENA UNIDADE DE PRODUÇÃO**

**por**

**Susane Cristina Weschenfelder**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Qualidade e Produtividade, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. Sérgio Luiz Jahn, Dr.**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2011**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**APLICAÇÃO DO CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES NA  
DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO DE ETANOL A  
PARTIR DO SORGO SACARINO EM PEQUENA UNIDADE DE  
PRODUÇÃO**

elaborada por  
**Susane Cristina Weschenfelder**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia de Produção**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Sérgio Luiz Jahn, Prof. Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)**

**Mário Luiz Santos Evangelista, Prof. Dr. (UFSM)**

**Márcio Schwaab, Prof. Dr. (UFSM)**

**Santa Maria, 23 de setembro de 2011.**

*Este trabalho é dedicado ao meu esposo Sérgio e meu filho Luís Henrique.*

## Fazendeiros de cana

Minha terra tem palmeiras?

Não. Minha terra tem engenhocas de rapadura e cachaça  
e açúcar marrom, tiquinho, para o gasto.

Canavial se alastra pela serra do Onça,  
vai ao Mutum, ao Sarcundo,  
clareia Morro Escuro, Queixadas, Sete Cachoeiras.

Capitão-do-Mato enverdece de cana madura,  
tem cheiro de Parati do Bananal e no Lava,  
no Piçarrão, nas Cobras, no Toco,  
no Alegre, na Mumbaça.

Tem rolete de cana chamando para chupar  
nas Abóboras, no Quenta-Sol, nas Botas.

Tem cana caiana e cana crioula,  
cana-pitu, cana rajada, cana-do-governo  
e muitas outras canas de garapas,  
e bagaço para os porcos em assembléia grunhidora  
diante da moenda  
movidada gravemente pela junta de bois  
de sólida tristeza e resignação.

As fazendas misturam dor e consolo  
em caldo verde-garrafa  
e sessenta mil-reis de imposto fazendeiro.

(Carlos Drummond de Andrade)

## **SIGLAS**

ABC - Activity Based Costing

ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANP - Agência Nacional de Petróleo

APOTEC - Associação Portuguesa de Técnicos de Contabilidade

BRIX- Escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis em uma solução de sacarose

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental –  
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CFC - Conselho Federal de Contabilidade

CIP - Conselho Interministerial de Preços

CMS - Cost Management System

COOPERBIO- Cooperativa Mista de Produção , Industrialização e  
Comercialização de Biocombustíveis do Brasil Ltda

COOPERSUCAR- Cooperativa de produtores de cana-de-açúcar e álcool  
Estado de São Paulo

CTC – Capacidade de troca catiônica

CV - Cavalo Vapor

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EMAS - Eco Management and Audit Scheme

EUA - Estados Unidos da América

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

GL- Gay Lussac

IBRACON - Instituto dos Auditores Independentes do Brasil

ISAR- International Standards of Accounting and Reporting

ISO -International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

Kwh - kilowatt hour (Quilowatt-hora)

NBC - Normas Brasileiras de Contabilidade

NBR – Normas Brasileiras

ONU – Organização das Nações Unidas

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PVC - Cloreto de polivinila

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

RKW - Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (Método dos Centros de Custos)

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

TQEM - Total Quality Environmental Management

TQM - Total Quality Management

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria

USI - Usinas Sociais Inteligentes

# SUMÁRIO

Pág.

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	
<b>1.1 Objetivos.....</b>	
1.1.1 Objetivo Geral.....	
1.1.2 Objetivos Específicos.....	
<b>1.2 Justificativa.....</b>	
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	
<b>2.1 Etanol.....</b>	
2.1.1 Introdução.....	
2.1.2 Matérias-primas.....	
2.1.3 Produção do etanol em microdestilarias.....	
2.1.4 Composição do Etanol.....	
<b>2.2 Importância da Contabilidade nas questões Ambientais.....</b>	
2.2.1 Introdução.....	
2.2.2 Ativos Ambientais.....	
2.2.3 Passivos Ambientais.....	
2.2.4 Despesa Ambiental.....	
2.2.5 Custos Ambientais.....	
2.2.6 Custos da qualidade ambiental.....	
2.2.7 Receitas Ambientais.....	
2.2.8 Reservas Ambientais.....	
2.2.9 Apuração do Resultado Ambiental.....	
<b>2.3 Métodos de Custeio.....</b>	
2.3.1 Diferenças entre os Métodos de Custeio.....	
2.3.2 Custeio por Absorção.....	
2.3.3 Custeio Variável.....	
2.3.4 Método dos Centros de Custos – RKW.....	
2.3.5 ABC (Custeio Baseado em Atividades).....	
<b>2.4 Custeio Ambiental.....</b>	
2.4.1 Sistemas de custeio ambiental.....	
2.4.2 A aplicação da Metodologia ABC, segundo Eliseu Martins.....	
2.4.3 A aplicação da Metodologia ABC, segundo Hansen e Mowen.....	
2.4.4 A aplicação da Metodologia ABC, segundo Brimson.....	

<b>3 METODOLOGIA.....</b>	
<b>3.1 Abordagem.....</b>	
<b>3.2 Análise comparativa dos principais autores sobre as etapas do Custeio Baseado em Atividades (ABC) estudados.....</b>	
<b>3.3 Sistemática para a implantação do Custeio Baseado em Atividades para apuração dos custos de processamento.....</b>	
3.3.1 Estrutura da abordagem proposta para a aplicação da metodologia ABC.....	
3.3.1.1 Fase: Preparação.....	
3.3.1.2 Fase: Análise.....	
3.3.1.3 Fase: Pós-Análise.....	
<b>4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS.....</b>	
<b>4.1 Aplicação da metodologia proposta.....</b>	
4.1.1 Fase – Preparação.....	
4.1.1.1 Primeira etapa: Formação da equipe.....	
4.1.1.2 Segunda etapa: Questionário com panorama econômico-ambiental.....	
4.1.1.3 Terceira etapa: Determinar o ciclo de vida do principal produto – identificar e caracterizar.....	
4.1.2 Fase: Análise.....	
4.1.2.1 Objetivos e abrangência do estudo.....	
4.1.2.2 Mapeamento do processo produtivo.....	
4.1.2.3 Etapas do processo onde os custos serão avaliados.....	
4.1.2.3.1 Colheita da matéria-prima.....	
4.1.2.3.2 Transporte da matéria-prima.....	
4.1.2.3.3 Extração do caldo (moagem).....	
4.1.2.3.4 Fermentação.....	
4.1.2.3.5 Destilação.....	
4.1.2.3.6 Armazenagem da vinhaça.....	
4.1.2.3.7 Geração de vapor.....	
4.1.2.3.8 Ensilagem da massa verde.....	
4.1.2.3.9 Aplicação da vinhaça.....	
4.1.2.4 Balanço de massa.....	
4.1.2.4.1 Análise das matérias-primas.....	
4.1.2.4.2 Determinação da eficiência da moenda.....	

4.1.2.4.3	Balanço de massa para processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.....
4.1.2.4.4	Sistema de aplicação da vinhaça.....
4.1.2.5	Direcionadores de custo.....
4.1.2.5.1	Mão-de-obra.....
4.1.2.5.2	Energia elétrica.....
4.1.2.5.3	Depreciação.....
4.1.2.5.4	Material de consumo indireto.....
4.1.2.6	Custo total por atividade para a unidade de 1.000 litros/dia de etanol.....
4.1.2.7	Custo de produção do litro de etanol e tonelada de silagem.....
4.1.2.8	Avaliação Ambiental.....
4.1.3	Fase: Pós-análise.....
4.1.3.1	Investimento necessário para evitar impacto ambiental.....
4.1.3.2	Custos operacionais voltados ao controle ambiental.....
4.1.4	Geração de cenários futuros.....
4.1.5	Planejamento de ações.....
	<b>CONCLUSÃO.....</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1-	Comparação entre a contabilidade de custos tradicional e o custeio baseado em atividades.....	05
Figura 2.1-	Fluxograma de processos de geração de resíduos na produção de Etanol.....	13
Figura 3.1-	Exemplo de diagrama de blocos obtido com mapeamento do processo produtivo.....	49
Figura 4.1-	Ciclo de vida do etanol etílico hidratado combustível.....	58
Figura 4.2-	Diagrama de bloco com as etapas necessárias para produção de etanol a partir de qualquer matéria-prima.....	60
Figura 4.3-	Imagem da lavoura de sorgo sacarino na Fazenda Santa Terezinha.....	62
Figura 4.4-	Equipamentos empregados na colheita da matéria-prima.....	63
Figura 4.5-	Vista da carreta recebendo a matéria-prima (sorgo sacarino) no processo de colheita.....	63
Figura 4.6-	Sistema de descarga da matéria-prima pela carreta siladeira. Matéria-prima: sorgo sacarino.....	65
Figura 4.7-	Motor elétrico, correias e polias acopladas a carreta ensiladeira para impulsionar o sistema de descarregamento....	66
Figura 4.8-	Moenda utilizada para remoção do caldo.....	66
Figura 4.9-	Sistema de separação de bagacilho e recalque do caldo para as dornas de fermentação.....	67
Figura 4.10-	Matéria-prima finamente moída (sorgo sacarino) após o processo de remoção do caldo na moenda de três rolos.....	68
Figura 4.11-	Ilustração da esteira transportadora e carreta de armazenagem de material após extração do caldo.....	68
Figura 4.12-	Ilustração das dornas de fermentação.....	69
Figura 4.13-	Ilustração das colunas de destilação.....	71
Figura 4.14-	Ilustração a caldeira fogo tubular utilizada para geração de vapor.....	73
Figura 4.15-	Ilustração do sistema de ensilagem da massa verde.....	74
Figura 4.16-	Ilustração do material ensacado.....	75
Figura 4.17-	Representação esquemática dos diversos sistemas de aplicação da vinhaça “in natura” na cultura da cana-de-açúcar.....	78
Figura 4.18-	Ilustração do carretel enrolador em operação.....	80
Figura 4.19-	Esquema de um sistema de irrigação empregando carretel enrolador.....	81
Figura 4.20-	Dados do balanço de massa para sorgo sacarino.....	84
Figura 4.21-	Dados do balanço de massa para cana-de-açúcar.....	85

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 2.1- Principais fontes de carboidratos.....
- Quadro 2.2- Produtividade e rendimento anual de diversas fontes de carboidratos e álcool.....
- Quadro 2.3- Paralelo entre as categorias de custos de qualidade e categorias de custos ambientais.....
- Quadro 3.1- Etapas consideradas no planejamento da pesquisa.....
- Quadro 3.2- Exemplos de direcionadores de custos.....
- Quadro 4.1- Atividades envolvidas no processo de produção de etanol.
- Quadro 4.2- Físico-química da vinhaça (média de 64 amostras de 28 usinas do Estado de São Paulo).....
- Quadro 4.3- Resultados da análise do sorgo e cana-de-açúcar.....
- Quadro 4.4- Resultados da caracterização das matérias-primas quanto aos teores de fibra, caldo e açúcares.....
- Quadro 4.5- Resultados da análise da eficiência de extração de caldo pela moenda.....
- Quadro 4.6- Resumo das quantidades de etanol, vinhaça e silagem obtida no processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.....
- Quadro 4.7- Volume de etanol e vinhaça produzidos a partir do processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.....
- Quadro 4.8- Dados de operação do sistema de distribuição da vinhaça.....
- .
- Quadro 4.9- Direcionadores utilizados para determinação do custo de produção do etanol.....
- Quadro 4.10- Recursos utilizados em cada etapa do processo de produção do etanol (direcionadores de custo).....
- Quadro 4.11- Tempos necessários para a realização das diferentes atividades.....
- Quadro 4.12- Capacidade de motores dos diferentes equipamentos, consumo de energia/dia e custo da energia.....
- Quadro 4.13- Custo da energia elétrica por dia de operação e por atividade.....
- .
- Quadro 4.14- Depreciação diária por área ocupada por equipamento.....
- Quadro 4.15- Depreciação diária das instalações por atividade empregada na produção do etanol.....
- Quadro 4.16- Relação de equipamentos e dispêndios necessários a implantação de uma unidade industrial com capacidade de 1.000 litros/dia de etanol.....
- Quadro 4.17- Resumo dos gastos para implantação da unidade

industrial.....

- Quadro 4.18- Cálculo da depreciação de equipamentos, prédio e maquinário agrícola.....
- Quadro 4.19- Nominada de equipamentos empregados em cada uma das atividades.....
- Quadro 4.20- Custos de depreciação por atividade.....
- Quadro 4.21- Dados de consumo por hora do trator e implementos utilizados na colheita e transporte da matéria-prima.....
- Quadro 4.22- Resumos dos gastos com insumos diversos no processo de produção de etanol.....
- Quadro 4.23- Síntese dos custos com insumos indiretos.....
- Quadro 4.24- Dispêndio com óleo diesel no processo de produção de etanol.....
- Quadro 4.25- Resumo dos custos por atividade envolvida na produção de etanol e silagem em pequena unidade de produção com capacidade de 1.000 litros/dia.....
- Quadro 4.26- Custo de processamento do etanol obtido a partir de diferentes matérias-primas.....
- Quadro 4.27- Produtividade, custos totais anuais e custo por tonelada produzida.....
- Quadro 4.28- Custo de produção do litro de etanol combustível e tonelada de silagem do processamento de sorgo sacarino.....
- Quadro 4.29- Custo de produção do litro de etanol combustível e tonelada de silagem do processamento da cana-de-açúcar.....
- Quadro 4.30- Informações do impacto gerado nas diferentes atividades do processo de produção de etanol.....
- Quadro 4.31- Quantidade de efluentes ou resíduos gerados por atividade no processo de produção de etanol.....
- Quadro 4.32- Relação de equipamentos e dispêndios necessários a evitar o impacto ambiental.....
- Quadro 4.33- Resumo dos custos diários por atividades destinadas a evitar impacto ambiental.....

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 4.1.....	69
Equação 4.2.....	87
Equação 4.3.....	88
Equação 4.4.....	88
Equação 4.5.....	97
Equação 4.6.....	99
Equação 4.7.....	99



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

### **APLICAÇÃO DO CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES NA DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO SORGO SACARINO EM PEQUENA UNIDADE DE PRODUÇÃO**

AUTORA: Susane Cristina Weschenfelder

ORIENTADOR: Sérgio Luiz Jahn

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de setembro de 2011.

O modelo atualmente utilizado no Brasil para a produção de etanol combustível está centrado em grandes unidades de produção, não contemplando a produção integrada de alimentos. É importante o estudo e desenvolvimento de modelos onde a produção de etanol combustível esteja associada à produção de alimentos. Um ponto importante para validar estes modelos é conhecer com detalhes os custos e receitas associados com a produção de etanol combustível e alimento, com a finalidade de minimizar custos operacionais, para que estes modelos possam ser viáveis economicamente e em sua operacionalização. Assim, o objetivo deste trabalho consistiu na apuração dos custos envolvidos na produção do etanol a partir do sorgo sacarino (*sorghum bicolor* L. moenca) e da cana-de-açúcar em uma pequena unidade de produção utilizando a Metodologia de Custeio Baseada em Atividades (ABC). O trabalho foi realizado em uma pequena unidade de produção de etanol, com capacidade de 1000 litros/dia, localizada no município de São Vicente, região central do Rio Grande do Sul. A abordagem proposta foi constituída de três grandes fases: Pré-Análise, Análise e Pós-Análise. A análise foi composta dos seguintes passos: definição dos objetivos e abrangência do estudo; mapeamento do processo produtivo; etapas do processo onde os custos serão avaliados; balanço de Massa; definição dos direcionadores de custos; determinação do custo total por atividade; determinação do custo de produção do produto e avaliação ambiental. A aplicação da sistemática proposta da metodologia de Custeio Baseada em Atividades aperfeiçoou o processo de alocação de custos e refletiu a real proporção destes custos consumidos pelas atividades produtivas. O custo total para produção de 1 litro de etanol hidratado a partir do sorgo sacarino ficou em R\$ 0,92, sendo R\$ 0,50 contribuição do processamento e R\$ 0,42 contribuição da matéria-prima, que corresponde a 54,0% e 46,0%, respectivamente. Quando da utilização de cana-de-açúcar como matéria prima o custo total ficou em R\$ 0,83, sendo R\$ 0,44 contribuição do processamento e R\$ 0,40 contribuição da matéria-prima, que corresponde a 52,4% e 47,6%, respectivamente. A ordem de contribuição das atividades no custo final de processamento ficou na seguinte ordem: ensilagem (32,64%), destilação (19,31%), geração de vapor (13,87%), moagem (12,00%), corte (6,64%), transporte (5,37%), descarga (4,8%) e descarte da vinhaça (1,98%). Constata-se que o investimento necessário para remediar os impactos ambientais, em uma pequena unidade de produção, monta R\$ 96.500,00, o que representa 16,4 % do investimento total.

**Palavras-Chaves:** Custeio Baseado em Atividades (ABC). Produção de Etanol. Sorgo Sacarino. Microdestilaria. Cana-de-açúcar.

## ABSTRACT

O modelo atualmente utilizado no Brasil para a produção de etanol combustível está centrado em grandes unidades de produção, não contemplando a produção integrada de alimentos. É importante o estudo e desenvolvimento de modelos onde a produção de etanol combustível esteja associada à produção de alimentos. Um ponto importante para validar estes modelos é conhecer com detalhes os custos e receitas associados com a produção de etanol combustível e alimento, com a finalidade de minimizar custos operacionais, para que estes modelos possam ser viáveis economicamente e em sua operacionalização. Assim, o objetivo deste trabalho consistiu na apuração dos custos envolvidos na produção do etanol a partir do sorgo sacarino (*sorghum bicolor* L. moenca) e da cana-de-açúcar em uma pequena unidade de produção utilizando a Metodologia de Custeio Baseada em Atividades (ABC). O trabalho foi realizado em uma pequena unidade de produção de etanol, com capacidade de 1000 litros/dia, localizada no município de São Vicente, região central do Rio Grande do Sul. A abordagem proposta foi constituída de três grandes fases: Pré-Análise, Análise e Pós-Análise. A análise foi composta dos seguintes passos: definição dos objetivos e abrangência do estudo; mapeamento do processo produtivo; etapas do processo onde os custos serão avaliados; balanço de Massa; definição dos direcionadores de custos; determinação do custo total por atividade; determinação do custo de produção do produto e avaliação ambiental. A aplicação da sistemática proposta da metodologia de Custeio Baseada em Atividades aperfeiçoou o processo de alocação de custos e refletiu a real proporção destes custos consumidos pelas atividades produtivas. O custo total para produção de 1 litro de etanol hidratado a partir do sorgo sacarino ficou em R\$ 0,92, sendo R\$ 0,50 contribuição do processamento e R\$ 0,42 contribuição da matéria-prima, que corresponde a 54,0% e 46,0%, respectivamente. Quando da utilização de cana-de-açúcar como matéria prima o custo total ficou em R\$ 0,83, sendo R\$ 0,44 contribuição do processamento e R\$ 0,40 contribuição da matéria-prima, que corresponde a 52,4% e 47,6%, respectivamente. A ordem de contribuição

das atividades no custo final de processamento ficou na seguinte ordem: ensilagem (32,64%), destilação (19,31%), geração de vapor (13,87%), moagem (12,00%), corte (6,64%), transporte (5,37%), descarga (4,8%) e descarte da vinhaça (1,98%). Consta-se que o investimento necessário para remediar os impactos ambientais, em uma pequena unidade de produção, monta R\$ 96.500,00, o que representa 16,4 % do investimento total.

**Keyword:** Activity Based Costing (ABC). Ethanol Production. Sorghum. Micro Distillery, Sugar cane.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico envolve a transformação de recursos naturais em matéria-prima para a produção de produtos e riquezas. A falta de controle na exploração desses recursos, no entanto, deixou de ser a solução para o avanço tecnológico para tornar-se um problema ambiental. Percebeu-se que os recursos obtidos na natureza são esgotáveis e preservá-los passou a ser uma prioridade para as empresas que dependem desta matéria-prima para a continuidade de suas atividades.

Com o objetivo de reduzir o impacto ambiental e ao mesmo tempo promover o crescimento econômico e a inclusão social com o aumento da oferta de trabalho, surge o desenvolvimento sustentável na atividade de produção de energia. Pois, além de suprir as demandas atuais, esse desenvolvimento não compromete a capacidade de atender às necessidades no futuro e evita os efeitos dos impactos ambientais provocados pela ação humana, como por exemplo, o aquecimento global, causado pelas emissões dos gases de efeito estufa.

A preservação do capital natural está se tornando uma regra nas empresas ecologicamente responsáveis. Os novos empreendimentos são avaliados em seu poder de poluição, possíveis impactos ambientais e considerados no planejamento financeiro.

Muitas vezes, as decisões tomadas pelos gestores das organizações falham no reconhecimento do valor econômico dos recursos naturais, e no valor comercial e financeiro associado ao desempenho ambiental de duas atividades. Além das iniciativas voluntárias, são os incentivos baseados no mercado que proporcionam a integração das preocupações ambientais na tomada de decisões. Desta forma, percebe-se a necessidade de melhorar este processo incluindo informações sobre o fluxo de materiais e os respectivos custos para quantificar os esforços da empresa na área do desenvolvimento sustentável.

Para auxiliar na gestão dos custos, a Contabilidade, desde seu surgimento, acompanha as obrigações das empresas para com a sociedade, por ser tão antiga quanto às questões voltadas a valorização do meio ambiente, sofre modificações. A responsabilidade por questões ambientais surge já como uma necessidade, tanto para sobrevivência das empresas no mercado, quanto para a melhor qualidade de vida. Através da Contabilidade Ambiental, as informações de natureza ambientais são apresentadas de forma transparente, refletindo o interesse da empresa na preservação do Meio Ambiente e desta forma destacando-se em estratégia competitiva e crescimento econômico.

O impacto ambiental deve estar incluído no cálculo dos custos das operações, e embutir no valor do produto o custo destas externalidades, obter informações consistentes sobre quanto se ganha e quanto se perde com a degradação ambiental.

A maioria das empresas não conhece seus custos ambientais, mas estes existem e muitas vezes ocultos em outros custos de gerenciamento da empresa. A primeira providência a tomar, será identificar os custos da qualidade ambiental, definindo uma metodologia para definir, identificar e mensurar. Separando os gastos por categorias para perceber onde atuar para obter maior eficiência, e ao mesmo tempo, gerar informações para o melhor gerenciamento da empresa. Sugerimos usar neste trabalho uma metodologia denominada Método ABC – Activity Based Costing – que consiste em identificar os custos em cada atividade desempenhada de uma maneira sistemática, após a definição das atividades produtivas, identificando os locais onde estas atividades ocorrem, determinação dos custos e identificação dos responsáveis por estes custos. O que interessa é o custo total ligado às atividades, ou seja, o seu ciclo de vida. Este resultará em benefícios para a empresa, pois conduzirá à determinação das causas responsáveis por determinados custos e a razão deles existirem.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Apuração dos custos de produção do etanol a partir do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) em uma pequena unidade de produção utilizando a Metodologia de Custeio Baseada em Atividades (ABC).

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar o impacto econômico e ambiental a partir dos diferentes destinos que se dá aos resíduos gerados;
- Identificar como e onde se ocorre a incidência dos custos na produção de etanol;
- Propor a utilização da sistemática de Custeio ABC em uma unidade produtora de pequena escala;
- Identificar os gargalos de produção.
- Identificar os custos de produção dos sub-produtos originados do processo produtivo.

## 1.2 Justificativa

O modelo atualmente utilizado no Brasil para a produção de etanol combustível está centrado em grandes unidades de produção, onde o excedente de bagaço produzido é queimado visando a produção de vapor de alta pressão sendo este empregado na geração de energia elétrica. Neste modelo, a renda gerada pela comercialização da energia elétrica viabiliza a produção de etanol combustível. Atualmente, estão sendo construídas grandes unidades de geração de energia que utilizarão o excedente de bagaço produzido nas usinas de álcool combustível.

Neste modelo não está prevista a produção integrada de alimentos seja para alimentação humana ou animal. É importante o estudo e desenvolvimento de

modelos onde a produção de etanol combustível esteja associada à produção de alimentos.

Um ponto importante para validar estes modelos é conhecer com detalhes os custos e receitas associados com a produção de etanol combustível e alimento, com a finalidade de minimizar custos operacionais, para que estes modelos possam ser viáveis economicamente e em sua operacionalização.

Diante disso, seria necessário utilizar uma metodologia de custos eficiente, a fim de agregar informações às atividades da empresa e proporcionar uma possível rentabilidade pela diminuição de custos.

Nesse contexto, o estudo da contabilidade ambiental, com ênfase nos custos ambientais, apresenta os principais métodos de custeio e custos ambientais utilizados para apoio de gestão empresarial e financeira. Os métodos de custeio tradicionais utilizam o rateio dos custos indiretos de fabricação, tal prática não possibilita obter informações precisas sobre o total dos custos ambientais, as atividades, processos e recursos que o produto consome.

A metodologia de custeio baseado em atividades (ABC) foi desenvolvida para diminuir estes problemas, pois aperfeiçoa o processo de alocação de custos indiretos para refletir a real proporção dos custos indiretos consumidos pelas atividades produtivas. Os direcionadores de custos são identificados como uma média para a alocação dos custos indiretos, que podem incluir máquinas-hora, quilometragem dirigida, horas de vôo, entre outros. A seleção adequada destes direcionadores de custos é essencial para a precisão da alocação dos custos indiretos.

A figura 1.1 mostra uma comparação entre a contabilidade de custos tradicional e o custeio baseado em atividades:

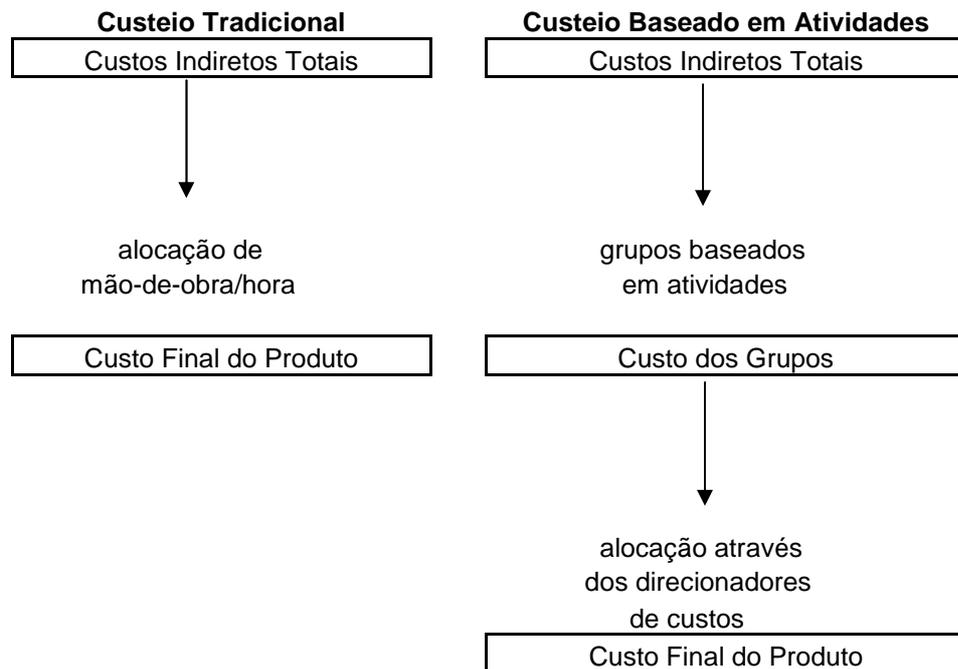


Figura 1.1- Comparação entre a contabilidade de custos tradicional e o custeio baseado em atividades.

Fonte: Davis et al (2001), p. 97.

Por exemplo, normalmente os custos ambientais estão contidos nos custos indiretos, desta forma, se faz necessário a sua incorporação aos demais custos da organização, recebendo um gerenciamento adequado, pois os recursos empenhados representam valores relevantes.

Neste trabalho optou-se pela utilização da Metodologia ABC para determinação do custo de produção de etanol combustível em pequena unidade de produção. Esta metodologia utiliza os conceitos básicos de atividades, direcionadores e objetos de custos, e permite determinar com clareza quais os custos associados em cada atividade envolvida no processo de produção e a proporção do custo no total desta atividade.

O problema apresentado é: de que forma será possível identificar qual a contribuição dos custos de matéria-prima e custos de processamento dos produtos gerados no processo de produção de uma pequena unidade industrial?

A partir desta análise será possível identificar qual a contribuição dos custos de matéria-prima e custos de processamento dos produtos gerados no processo de produção.

Também foi possível identificar os gargalos de produção, que significa a geração de ociosidade de uma ou mais atividades. São identificadas as atividades

que devem ser alteradas ou maximizadas para reduzir os custos, e assim, tornar viável a produção de etanol combustível em pequenas unidades de produção.

Neste tipo de análise também foi identificado quais são os custos ambientais que estão associados ao processo e assim buscar alternativas para eliminá-los ou minimizá-los.

O trabalho apresenta três partes específicas: na primeira (parte 2) é feita uma revisão bibliográfica sobre o Etanol, a importância da contabilidade nas questões ambientais, métodos de custeio, custeio ambiental; na segunda (parte 3) a análise comparativa dos principais autores sobre as etapas do Custeio Baseado em Atividades (ABC) estudados e a sistemática para a implantação do Custeio Baseado em Atividades para apuração dos custos ambientais, na terceira (parte 4) a aplicação da metodologia proposta; são apresentados os resultados e conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Etanol

#### 2.1.1 Introdução

Conforme cita Fiorillo (2009), o Brasil dispõe de vantagem comparativa em relação a outros países por possuir uma grande reserva energética renovável, esta, derivada da cana-de-açúcar. O Etanol (álcool etílico) é um combustível renovável que apresenta taxas de emissões muito inferiores às observadas dos combustíveis fósseis.

Segundo a FAPESP (2010), a tecnologia do etanol vem sendo desenvolvida há mais de 30 anos em resposta à crise da balança de pagamentos decorrente do rápido aumento dos preços do petróleo. O Brasil lançou uma ampla iniciativa para reduzir a dependência por energia importada. Trinta e quatro anos depois, a economia brasileira – a nona maior do mundo – é aparentemente auto-suficiente em energia, com a utilização do etanol para substituir o petróleo importado como uma fonte de combustível para transporte. Desde 1975, a produção de etanol no Brasil aumentou 50 vezes. Hoje o etanol de cana abastece cerca de metade da frota de carros leves do Brasil e 94% dos carros vendidos anualmente no país podem ser abastecidos tanto com álcool como com gasolina (no Brasil a gasolina possui 25% de etanol misturado nela). O Brasil utiliza cerca de 3,5 milhões de hectares de cana-de-açúcar voltados para produção de etanol, representando 1% da terra cultivável do país.

Os EUA (Estados Unidos da América) é o segundo maior produtor de etanol utilizando o grão de milho como matéria-prima. Pela União Européia, a Espanha é o maior produtor utilizando o grão de cevada. No Brasil, as matérias-primas mais utilizadas são a cana-de-açúcar, sorgo sacarino e a beterraba (MAYER, 2010).

### 2.1.2 Matérias-primas

As matérias-primas ricas em carboidratos, do ponto de vista da fermentação, podem ser agrupadas em duas categorias. As diretamente fermentáveis, que não necessitam de conversão prévia do carboidrato, e as indiretamente fermentáveis que precisam sofrer essa conversão (hidrólise) do carboidrato previamente à fermentação, de modo a torná-lo assimilável pelo microorganismo.

Tanto o amido como a celulose devem ser convertidos em açúcares fermentáveis antes de ser submetidos à fermentação alcoólica, entretanto a transformação da celulose é muito mais difícil e dispendiosa do que a do amido.

Embora todas essas fontes de carboidrato possam sofrer fermentação, devem ser consideradas inicialmente aquelas que apresentam elevada concentração desse componente na matéria-prima, a qual, por sua vez, deve apresentar elevada produtividade.

No quadro 2.1 estão indicados os principais tipos de carboidratos, sua principal fonte fornecedora e a categoria em que são enquadrados.

Diretamente Fermentáveis	GLICOSE	Polpa de frutas
	FRUTOSE	Polpa de frutas
	SACAROSE	Cana-de-açúcar, beterraba, sorgo.
Indiretamente Fermentáveis	AMIDO	Mandioca, batata-doce, milho, grãos de cereais em geral, babaçu, batata inglesa, tubérculos em geral.
	CELULOSE	Madeira, bagaço de cana, palha de arroz, casca de amendoim, sabugo de milho.

Quadro 2.1- Principais fontes de carboidratos.

Fonte: MENEZES, 1980.

O quadro 2.2 mostra as principais plantas produtoras de carboidratos cultivadas no Brasil, a produtividade de matéria-prima e de carboidrato por hectare e os rendimentos aproximados de etanol.

Fontes de Carboidrato	Produtividade de matéria-prima (t/ha/ano)	Produção média de Carboidrato (t/ha/ano)	Rendimento de álcool	
			L/t	L/ha
Cana-de-açúcar	45	5,7	67	3015
Mandioca	12	4,3	180	2160
Sorgo	35	5,5	55	1925
Batata-doce	10	2,5	125	1250
Milho	1,5	1,2	385	580
Babaçu	2,5	0,4	80	200

Quadro 2.2- Produtividade e rendimento anual de diversas fontes de carboidratos e álcool.

Fonte: MENEZES, Tobias José Barreto de. Etanol, o combustível do Brasil,1980.

Dos resultados do quadro 2.2 pode-se verificar que o rendimento em litros de etanol por tonelada de matéria-prima processada é: milho > mandioca > batata doce > babaçu > cana-de-açúcar > sorgo. Entretanto, quando se olha a produtividade em litros de etanol por hectare temos a ordem: cana-de-açúcar > mandioca > sorgo > batata doce > milho > outras culturas. Dos dados apresentados no quadro 2.2 pode-se verificar que a cana-de-açúcar atualmente é a principal fonte de carboidratos para a produção de etanol. Entretanto, tem-se que considerar as amiláceas e o sorgo sacarino como potenciais matérias-primas para a produção de etanol.

Comparando, se percebe que tanto a cana-de-açúcar como a mandioca e sorgo sacarino são boas alternativas para a escolha da matéria-prima. O rendimento de álcool a partir da mandioca é cerca de duas vezes e meia superior ao que se obtém com a cana-de-açúcar, enquanto que a produtividade por área e ano de

cultivo é cerca de 25% menor. Contudo, a mandioca é menos exigente em insumos e bastante tolerante às condições adversas de clima e solo, rusticidade esta que lhe permite ser cultivada nos solos mais pobres de vasta área do território nacional.

O sorgo sacarino para produção de etanol possui um entendimento favorável para implantação nas diversas regiões do Estado do Rio Grande do Sul, já que o mercado é próspero e o aumento da demanda do consumo é crescente.

Um aspecto importante a ser verificado são os investimentos necessários, características e tipos de usinas mais apropriadas para viabilizar projetos desta natureza no Estado.

O sorgo sacarino se desenvolve bem em trópico úmido e se assemelha à cana-de-açúcar, uma vez que o armazenamento do açúcar ocorre no colmo, além de fornecer bagaço para a indústria (Oliveira, 1986). Entretanto, ele difere de maneira acentuada da cana-de-açúcar pelo fato de ser cultivado a partir de sementes e apresentar um ciclo vegetativo bem mais curto, de 120 a 130 dias. Adicionalmente, o sorgo sacarino produz grãos, que podem ser utilizados na alimentação humana (TEIXEIRA et al, 1997), “além de reconhecidamente, uma opção economicamente viável na alimentação animal” (OLIVEIRA, 1986).

Entre os impactos ambientais que a produção de etanol vem provocando, está a poluição dos solos, rios, lagos por agrotóxicos e pelo vinhoto (resíduo da destilação e fermentação do sorgo sacarino e cana-de-açúcar), e a compactação gradativa do solo pela utilização de máquinas agrícolas.

Nas destilarias, o período da entressafra da cana-de-açúcar, compreendendo os meses de dezembro a abril, é utilizado para os necessários reparos nas instalações e equipamentos, principalmente a revisão das moendas. Entretanto, quando se trata de microdestilarias, dotadas de instalações simples, grande parte deste tempo é completamente ocioso.

Uma das alternativas é a de se proceder a um corte antecipado da cana-de-açúcar, permitindo acelerar o início da operação da microdestilaria. Neste caso, iria ocorrer uma redução no rendimento industrial, pelo fato de se cortar a cana-de-açúcar antes dos colmos terem atingido a maturação completa, apresentando um teor mais baixo de açúcares fermentescíveis.

O cultivo do sorgo sacarino pode ser uma alternativa técnica e economicamente viável para fornecimento de matéria-prima à microdestilaria, evitando o corte antecipado de cana-de-açúcar. Ele também pode ser adequado em

um sistema integrado de exploração da propriedade rural, objetivando a auto-suficiência de energia, aliada a outras atividades voltadas para a produção agropecuária.

### 2.1.3 Produção do etanol em microdestilarias

O crescente aumento na demanda de álcool combustível devido a questões ambientais promove o surgimento de áreas alternativas à produção, com objetivo de atender a procura por esse combustível. A produção de Etanol contribui para a diversificação da produção agrícola das pequenas unidades camponesas ao desenvolvimento econômico, tecnológico e social da cadeia produtiva de energia e alimento e ao desenvolvimento tecnológico a partir de matérias-primas alternativas.

O etanol também é uma energia renovável, menos poluidora do que os derivados de petróleo, pois se trata de uma forma mais comum dos álcoois.

Já vem sendo utilizado no Brasil desde o lançamento do programa Pró-álcool, onde foi desenvolvida uma tecnologia para utilização em automóveis.

Com o objetivo de aumentar a renda de pequenos agricultores a Cooperbio – Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis do Brasil Ltda., implantou um projeto financiado pela Petrobrás, para a produção de Etanol em pequenas unidades de produção.

A produção de etanol oferece significativas oportunidades econômicas pela diversidade de matérias-primas de que pode ser derivado. Novas tecnologias empregadas na produção de etanol podem converter uma variedade de outros materiais renováveis e por isto, a diversidade potencial da matéria-prima gera oportunidade para muitas comunidades. Os elevados preços dos combustíveis e as iniciativas de políticas públicas continuam a estimular o interesse em combustíveis renováveis. Várias pesquisas de análise econômica analisaram esses impactos e quantificaram os benefícios com um elevado grau de uniformidade nos resultados.

Em uma microdestilaria, as operações unitárias básicas para a produção de álcool combustível são bastante semelhantes às de uma destilaria comercial. A diferença está nos equipamentos utilizados, que são de dimensões menores e mais simplificados. Isso leva a conclusão que as microdestilarias são uma “simplificação”

tecnológica das unidades comerciais visando às facilidades operacionais e o baixo capital de investimento, cujo resultado é uma unidade industrial que pode ser compatível, em razão de sua escala de produção, com as necessidades de combustíveis de propriedades agrícolas, cooperativas, comunidades isoladas, etc.

#### 2.1.4 Composição do Etanol

Durante a fermentação, outros compostos além do etanol são formados. Alguns são originários de metabolismos secundários da levedura e outros, devidos a contaminação dos mostos.

Bringhenti (2007), estudando a produção de álcool a partir de resíduos amiláceos constataram a presença de aldeídos como furfuraldeído e formaldeído em concentrações na ordem de 0,01 mg/litro e 0,004 mg/litro. Não constataram a formação de alcoóis superiores, metanol, glicerol e ácidos orgânicos.

Para Klosowski (2006), na avaliação da influência do teor de enzimas utilizadas no processo de hidrólise do amido na composição de contaminantes presentes no álcool anidro, as concentrações verificadas foram: aldeídos totais de 98 a 110ppm, metanol 8ppm, acetato de etila de 126 a 258 ppm, propanol de 223 a 250 ppm e álcool isobutílico entre 829 e 1.071 ppm.

A Agência Nacional de Petróleo (ANP), na resolução 36 de dezembro de 2005, estabelece as especificações para alcoóis combustíveis, anidro e hidratado. Nessa resolução não estabelece valores para alcoóis superiores, ésteres e outros compostos. Segundo a Resolução Nº 5 da ANP os aldeídos, ésteres e alcoóis superiores devem estar ausentes no álcool anidro combustível, enquanto que no álcool hidratado devem estar dentro do limite máximo de 60 mg/litro, 100 mg/litro e 500 mg/litro, respectivamente.

A Coopersucar (2009) admite em seu padrão de qualidade para o álcool hidratado limites para o metanol de 30mg/litro, acetaldeído de 50 mg/litro, acetato de etila de 120 mg/litro, n-propanol de 20 mg/litro, n-butanol de 10 mg/litro e álcool isoamilíco de 200 mg/litro.

A figura 2.1 demonstra as fases do processo produtivo do etanol e os resíduos gerados em cada etapa do processo de produção.

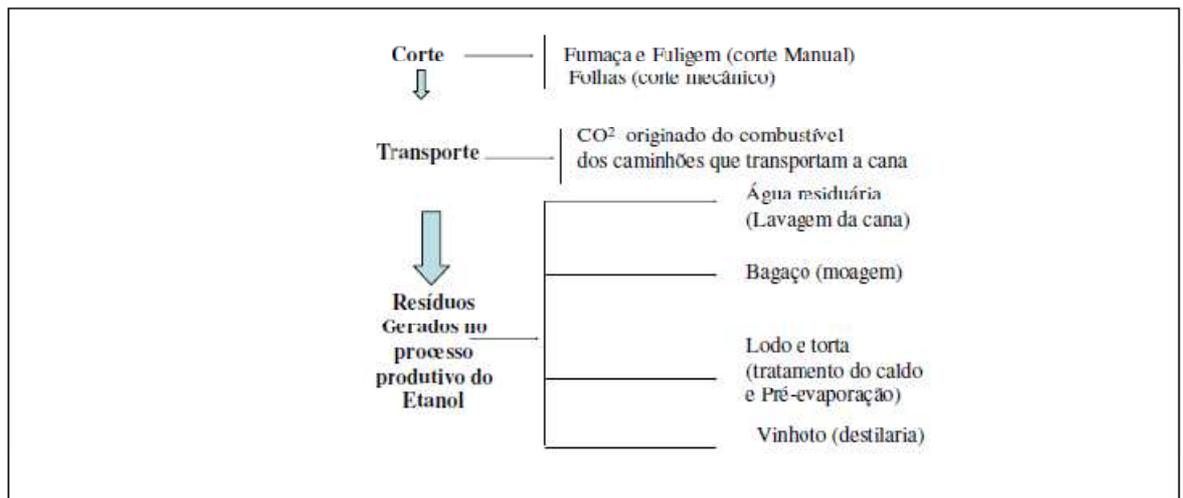


Figura 2.1- Fluxograma de processos de geração de resíduos na produção de Etanol.

Fonte: SÚLPÍCIO et al, 2007, p.35.

A partir da análise da Figura 2.1 pode-se constatar que as atividades necessárias à produção de etanol se não forem realizadas de forma adequada, podem acarretar em impacto negativo ao meio ambiente.

## 2.2 Importância da Contabilidade nas questões Ambientais

### 2.2.1 Introdução

O novo ambiente empresarial está exigindo dos gestores um novo senso de responsabilidade para com seus colaboradores e sociedade. A responsabilidade social e ambiental surge como um conceito de efetividade, como o alcance de objetivos econômico-sociais. A transformação e a influência ecológica nos negócios surgem de maneira crescente e com efeitos econômicos cada vez mais profundos. As organizações que tomarem decisões estratégicas integradas à questão ambiental e ecológica conseguirão significativas vantagens competitivas, e a possibilidade de

redução de custos e incremento nos lucros a médio e longo prazos. (TACHIZAWA, 2006).

Ribeiro (2006) destaca a responsabilidade social como um conceito dinâmico, onde as variáveis que a influencia, alteram-se de uma região para outra, como também de geração para geração. A partir desse conhecimento, entende-se que o lucro é um meio e não um fim, em si mesmo. A empresa deveria atender aos interesses e expectativas de seu diversificado público, em termos de abastecimento do mercado, recursos humanos e preservação do meio ambiente. A responsabilidade social deveria voltar-se a eliminação e/ou redução dos efeitos negativos do processo produtivo e a preservação dos recursos naturais, principalmente os não renováveis, por meio da adoção de tecnologias eficientes juntamente aos atendimentos dos aspectos econômicos.

A contabilidade surge neste contexto com a responsabilidade de contribuir, pois os eventos e transações de natureza ambiental representam grandezas relevantes e causam impacto na situação econômico-financeira das empresas.

Os gastos adicionais na área ambiental durante a produção se forem administrados com eficiência, podem resultar em economia de custos, como por exemplo: otimização da utilização de matéria-prima e processos produtivos, assim como, na melhoria das condições de competitividade no mercado.

Para Oliveira et al (2003), a contabilidade de hoje é extremamente sofisticada. Com o forte apoio de métodos quantitativos e estatísticos evoluiu historicamente acompanhando de perto as modificações sociais e econômicas da humanidade, adequando-se às evoluções e revoluções do ambiente de produção e negócios bem como dos conhecimentos e tecnologias disponíveis.

Ribeiro (2006), conceitua a Contabilidade Ambiental como uma segmentação da contabilidade tradicional, adaptada conforme os objetivos ambientais:

Identificar, mensurar e esclarecer os eventos e transações econômico-financeiros que estejam relacionados com a proteção, preservação e recuperação ambiental, ocorrido em um determinado período, visando a evidenciação da situação patrimonial da entidade (RIBEIRO, 2006, p.45).

Em fevereiro de 1998, surgiu a Contabilidade Ambiental como um novo ramo da ciência contábil. Com a finalização do Relatório Financeiro e Contábil sobre passivo e custos ambientais pelo Grupo de Trabalho Intergovernamental das

Nações Unidas de especialistas em padrões Internacionais de Contabilidade e Relatórios (*United Nations Intergovernmental Working Group of Experts on International Standards of Accounting and Reporting – Isar*). A contabilidade como um meio de gerar informações, atende aos diferentes tipos de usuários interessados nas atividades das empresas nas questões ambientais. Segundo Tinoco e Kraemer (2008), ela auxilia o processo de tomada de decisão, além de responder à sociedade suas obrigações com a responsabilidade social e ambiental.

Em 2001, a União Européia estabelece o Sistema de Gestão Ambiental chamado EMAS 2001 (Eco Management and Audit Scheme), nesse regulamento (761/2001) estão reunidos os pontos básicos da anterior normativa (Regulamento 1.836/93), de 29-6-1993), e amplia sua cobertura para conseguir maior adesão empresarial. O principal objetivo do EMAS – Sistema de Gestão Ambiental - é ajudar as empresas a melhorar seu desempenho ambiental, como o estabelecimento e aplicação e avaliação sistemática de sistemas de gestão ambiental, difusão da informação sobre o comportamento ambiental e estabelecimento de partes interessadas, e também participação ativa dos trabalhadores da empresa com formação profissional e permanente (TINOCO E KRAEMER, 2008, p.57).

Para Galé (2006), a EMAS (Eco Management and Audit Scheme) auxilia na geração de informações para várias partes interessadas, tais como clientes de negócios, investidores, comunidades locais e governo, que estão aplicando pressão sobre as organizações a melhorar continuamente seu desempenho ambiental. Em consequência desta pressão das partes interessadas, os custos relacionados ao meio ambiente, ganhos e benefícios refletem o crescimento econômico, tornando-se uma parte mais importante da tomada de decisão organizacional. Existe um reconhecimento crescente que as práticas convencionais de contabilidade muitas vezes não oferecem informações precisas para a gestão ambiental e gestão de custos. Como resultado, muitas organizações subestimam seus custos e os benefícios. Esta dificuldade em contabilizar custos e benefícios é o tema da Contabilidade Ambiental, tais como avaliação de custo total, avaliação de ciclo de vida e contabilização de custos ambientais.

Todas as atividades realizadas com o objetivo de melhorias de processos ou produtos com relação ao meio ambiente acarretam um desembolso de recursos financeiros. O Sistema de Gestão Ambiental envolve custos, como mão-de-obra, mas a sua implementação gera menos custos de conformidade e uma redução de riscos, o que se reflete também em custos reduzidos pela eliminação de perdas e

desperdícios pelo uso racional de recursos humanos, físicos, financeiros e de passivos ambientais.

Conforme cita Moura (2006), para uma melhor análise de custos e prioridades de investimentos, será necessário os seguintes questionamentos:

A - quais são aspectos ambientais que acarretam em maiores custos para a empresa?

B - quais os requisitos da legislação que representam os maiores custos para a empresa?

C - quais as atividades de maiores riscos, passíveis de prejuízos financeiros? O risco é uma associação de dois fatores, tais como a gravidade da consequência, caso ocorra liberação do efluente ou resíduo para o meio ambiente de forma normal ou acidental, e a probabilidade ou frequência que ocorre aquela liberação.

D - quais os elementos do Sistema de Gestão Ambiental que impõem os maiores custos? podemos citar, por exemplo, treinamento, comunicações, auditorias, entre outros.

E - quais os elementos que oferecem possibilidades de ganho financeiro potencial para a redução de custos?

A questão ambiental deve ter a mesma importância que qualquer outra área de negócios, com maior ênfase a responsabilidade social da empresa e de seus diretores.

Segundo a ONU (2001), os dados da Contabilidade Ambiental são aplicáveis para:

A - avaliação anual dos custos/despesas em meio ambiente;

B - preço dos produtos;

C - elaboração de orçamentos, avaliação de investimentos, cálculo das opções de investimento;

D - cálculo dos custos, poupanças e benefícios de projetos;

E - design e implementação do SGA (Sistema de Gestão Ambiental);

F - avaliação do desempenho ambiental, dos indicadores e benchmarking, estabelecimento de metas quantificadas de desempenho;

G - produção mais limpa, prevenção de poluição, gestão da cadeia de fornecedores e projetos de ecodesign;

H - divulgação de despesas, investimentos e responsabilidades em ambiente;

I - relatório externo na área do ambiente ou da sustentabilidade;

J - outras comunicações de dados ambientais para organismos de estatísticas e autoridades locais.

É necessário haver profissionais da área contábil com a tarefa de apurar os volumes de compra e de produção (entradas/saídas), despesas e receitas, avaliação dos centros de custos, custos de aquisição, preços internos, cálculo e encargos com taxas; e o grupo da tecnologia, com a tarefa de estabelecer os balanços de massa, de energia e de água, volumes e custos de deposição e de emissão, descrição do processo e do equipamento técnico para tratamento das emissões e resíduos e de tecnologias de produção mais limpa, estimativas das respectivas horas de trabalho e matérias auxiliares assim como a distribuição do custo total pelas diferentes categorias ambientais.

Pela Resolução do Conselho Federal de Contabilidade – CFC nº 1.003 de 19.08.2004 foram aprovadas as Normas Brasileiras de Contabilidade NBC T 15 – Informações de Natureza Social e Ambiental. Esta norma estabelece procedimentos para a real evidenciação das informações de natureza social e ambiental em que a empresa poderá demonstrar a sociedade sua preocupação e comprometimento com as questões ambientais. Estas informações consideram a geração e distribuição de riqueza, recursos humanos, interação da entidade com o ambiente externo e o meio ambiente.

O item da 15.3.2 da Resolução do Conselho Federal de Contabilidade - CFC nº 1.003 de 19.08.2004, estabelece que:

As informações contábeis, contidas na Demonstração de Informações de Natureza Social e Ambiental, são de responsabilidade técnica de contabilista registrado em Conselho Regional de Contabilidade, devendo ser indicadas aquelas cujos dados foram extraídos de fontes não-contábeis, evidenciando o critério e o controle utilizados para garantir a integridade da informação. A responsabilidade por informações não-contábeis pode ser compartilhada com especialistas.

Esta mesma resolução afirma que a Demonstração de Informações de Natureza Social e Ambiental deve ser objeto de revisão por auditor independente, e ser publicada com o relatório deste, quando a entidade for submetida a esse procedimento.

A NORMA NBC TE XXX (2010) tem por objetivo definir os conceitos e critérios para a contabilização de eventos relacionados às atividades da empresa em relação ao meio ambiente, tais como a identificação, o reconhecimento,

classificação, mensuração e divulgação dos aspectos econômico-financeiros. Abrange todas as organizações que desenvolvem atividades causadoras de algum tipo de impacto ao meio ambiente, seja positiva ou negativa.

Esta Norma tem um alcance a todas as atividades econômicas causadoras, ou não, direta ou indiretamente, de algum tipo de impacto ambiental.

### 2.2.2 Ativos Ambientais

Conforme a Norma NBC TE XXX (2010) o Ativo Ambiental é o recurso cujos benefícios futuros esperados estejam diretamente associados ao meio ambiente, ou com a recuperação daquele já degradado. O reconhecimento contábil do evento ou transação de natureza ambiental acontece no momento em que a entidade obtiver controle ou posse deste ativo ambiental.

Classificação dos Ativos Ambientais pela Norma NBC TE XXX:

a) ativo circulante ambiental: são os estoques de insumos (bens e serviços) que serão utilizados durante todo o processo de produção, com o objetivo de reduzir e eliminar a produção de poluente que venham a causar algum tipo de impacto ambiental negativo. Também pode ser aquele com a finalidade de recuperar danos ambientais. Os estoques devem ser relacionados entre ambientais, reciclados e reutilizados, para que haja uma relação de transparência da entidade com o meio ambiente;

b) ativos não-circulantes: Investimento Ambiental, Imobilizado Ambiental e Intangível Ambiental. Realizados à longo prazo e associados com a proteção e a recuperação ambiental, onde o Investimento Ambiental é representado por aplicações de recursos na aquisição de áreas de conservação de recursos naturais com o objetivo específico de promover a preservação da fauna e da flora, se haver mudança da intenção, o ativo necessitará ser reclassificado. O Imobilizado Ambiental trata dos itens utilizados ao longo de vários períodos, especificamente, para tratar os poluentes oriundos do processo operacional da entidade, durante a operação, ou após o final desta. Os Intangíveis Ambientais são os itens incorpóreos controlados pela entidade capazes de produzir fluxos de caixa futuros e que estejam vinculados à interação com o meio ambiente.

A informação de forma segregada dos Ativos Ambientais nas demonstrações contábeis oferece aos diversos públicos o compromisso da entidade com a prevenção dos danos e impactos ambientais negativos, assim como, os investimentos ambientais realizados. Ribeiro (2006) sugere no caso de publicação das demonstrações contábeis, as informações de caráter ambiental devem estar sintetizadas em notas explicativas.

Segundo IBRACON NPA nº 11, no Ativo Ambiental também estão integradas as ações da empresa representadas pelo desenvolvimento e valorização local, produzidas como resultado da eliminação do Passivo Ambiental, como por exemplo, obras de infra-estrutura, escolas, creches, áreas verdes, entre outras.

### 2.2.3 Passivos Ambientais

Segundo a IBRACON NPA nº11, o Passivo Ambiental é constituído por valores dos investimentos necessários para recuperar toda a agressão causada ao meio ambiente, assim como, as multas e indenizações. Também é considerado Passivo Ambiental o modo ou ação da empresa em poluir livremente, sem possuir um plano de ação ou projeto de recuperação aprovado oficialmente ou por sua própria decisão. Nos dias atuais, qualquer empreendimento novo que esteja sujeito a poluir, passa por estudos e elaboração de projetos de proteção ambiental e sofre fiscalizações dos órgãos competentes. Os empreendimentos existentes que já estão em operação obedecem ao atendimento de exigências legais com requisitos semelhantes.

Constam no passivo ambiental valores das obrigações exatas ou estimadas para recuperação de áreas degradadas pela entidade. O método de mensuração deve estar descrito em notas explicativas. São considerados indicadores da existência de passivo ambiental: relatório do órgão ambiental responsável, estudo de impacto ambiental EIA – relatório de impacto ambiental - RIMA, relatório de impacto ambiental gerado pela área de meio ambiente da entidade – TAC.

Segundo a NBC TE XXX (2010) o passivo ambiental deve ser reconhecido no momento em que a degradação for realizada, ou quando a entidade tiver o conhecimento do fato e condições de mensurá-la. Quando acontecer dentro dos

limites legais, terá características de uma obrigação da entidade. São classificados em circulantes e não-circulantes dependendo do prazo a ser realizado.

Para poder identificar, mensurar, quantificar e avaliar os passivos ambientais é necessário o trabalho de uma equipe especialista, desta forma, detectar os problemas ambientais que são produzidos na empresa.

As empresas inadimplentes com as questões ambientais estarão sujeitas a sanções legais e respondendo a prestação de contas à comunidade em que está inserida, além do não reconhecimento dos encargos potenciais do Passivo Ambiental estar apurando custos e lucros inexistentes.

#### 2.2.4 Despesa Ambiental

A Norma NBC TE XXX (2010) estabelece que as despesas devam ser reconhecidas na medida em que haja consumo de recursos para suprir a relação da entidade com o meio ambiente e que seja de característica genérica e, não, associada com nenhum produto ou processo específico. São classificadas no corpo da demonstração de resultado, entre as despesas de venda, administrativas e gerais, segregadas em grupo à parte para receberem destaque. Devem ser avaliadas pelo valor do consumo no momento em que ele ocorreu. São ambientais as despesas que a entidade realiza para:

- a) implementar política ambiental, como gasto com cartazes, cartilhas, pôlderes e outros;
- b) implementar educação ambiental para empregados, terceirizados, autônomos, administradores e para a comunidade;
- c) dar cumprimento a compensações ambientais a serem realizadas pela entidade em decorrência de sua atividade;
- d) recuperar dano ambiental provocado por suas atividades quando não puderem ser associados ao processo produtivo;
- e) contratar auditoria ambiental de iniciativa da entidade ou requerida em decorrência de certificações ou por órgãos ambientais;
- f) contratar consultoria para elaboração de relatórios, estudos ou análises ambientais;
- g) coletar ou adquirir dados e informações, trabalhos e inspeções de campo, análises de laboratório, estudos técnicos e científicos e acompanhamentos e monitoramento dos impactos ambientais relacionados com o meio ambiente;
- h) obter licenciamentos ambientais;
- i) arcar com as multas ou indenizações ambientais em decorrência de suas atividades estarem em desacordo com o disposto na legislação ambiental (Norma NBC TE XXX, 2010).

### 2.2.5 Custos Ambientais

A ONU (2001) estabelece como sendo custos ambientais todos os custos relacionados com a salvaguarda e degradação ambiental. Os custos considerados ambientais incluem os custos de prevenção, deposição, planejamento, controle, alterações e reparação de impactos ambientais e da saúde humana relacionados com empresas, governos ou pessoas.

A Norma NBC TE XXX (2010) conceitua ambientais os custos que a entidade incorre para preservar ou recuperar danos causados ao meio ambiente em decorrência do seu processo produtivo, tais como: tratamento de efluentes, reciclagem de materiais aplicados no processo produtivo com objetivo de ampliar seu ciclo de vida e recuperação de áreas degradadas. Determina que os custos ambientais devam ser reconhecidos no período em que houver o consumo do recurso, confrontado com a receita a que está associado. A classificação ocorre sendo de produção, na medida em que estejam a ela associados, direta ou indiretamente. Os gastos internalizados pela entidade, decorrentes das externalidades por ela causadas, devem ser incorporados ao custo dos produtos fabricados ou ao custo das mercadorias vendidas. Entretanto se os volumes forem expressivos, devem, então, receber a classificação de despesa ou perda ambiental do período. Estes custos são avaliados pelo reconhecimento do valor do recurso consumido.

Para Jasch (2003), na contabilidade de custos convencional, a agregação dos custos ambientais e não-ambientais está oculta e não possibilita uma análise mais eficiente da gestão da empresa. Os gestores tendem a subestimar a extensão e o crescimento desses custos. A utilização dos conceitos da contabilidade ambiental, focalizam na compreensão dos custos envolvidos no tratamento de rejeitos, proteção e gestão ambiental, assim como na análise de perdas de materiais e de energias devido a ineficiências nos processos produtivos. Os custos ambientais incluem outras parcelas além dos gastos com meios de prevenir e tratar rejeitos e emissões. Neste sentido, afirma que o termo resíduo tem outro significado além do tradicional. Os resíduos são todos os materiais que a empresa compra e não transforma em um produto comercializável. Assim, a geração destes é um indicativo

da ineficiência no processo produtivo. A partir dessas considerações, as categorias de custos ambientais consideradas compreendem:

a) custos de disposição de resíduos e tratamento de emissões – incluem os custos de depreciação de equipamentos e de mão-de-obra relacionados com o tratamento de resíduos, impostos pagos para a sua disposição, dívidas pela segurança ambiental, custos para as ações de correção de falhas;

b) custos de prevenção e gestão ambiental – envolve os gastos com consultorias e mão-de-obra para apoiar as atividades do sistema de gestão ambiental, custos de pesquisa e desenvolvimento, aquisição de tecnologias limpas, incluindo ainda os demais custos de gerenciamento ambiental;

c) custos de perdas de materiais – compreende os custos de matérias-primas, dos materiais auxiliares, de energia e de água que estão associados com a geração de rejeitos. As relações entre estes e os custos dos rejeitos são obtidas a partir de balanços de massa;

d) custos de produção de não-produtos – envolve os custos de processamento de materiais relacionados com a geração de resíduos, tais como mão-de-obra e depreciação de equipamentos. Estes custos ambientais podem ser mensurados empregando o Custeio Baseado em Atividades (Activity Based Costing – ABC) ou da Contabilidade do Fluxo de Custos (Flow Cost Accounting).

Segundo Hansen e Mowen (2009), os produtos são considerados fonte de custos ambientais, se for considerado o uso e o descarte pelo cliente que também gera degradação ambiental. Tal exemplo é chamado de custos ambientais pós-compra, e são arcados pela sociedade tornando-se custos sociais. Contudo, ocasionalmente, custos ambientais de pós-compra são convertidos em custos externos realizados.

Ribeiro (2006) identifica como custos ambientais as atividades de controle, preservação e recuperação ambiental que deverão ser classificadas em diretas e indiretas. As atividades diretas são identificadas ao controle, preservação e recuperação ambiental. Contudo, podem estar indiretamente associadas à elaboração do produto, como por exemplo:

- todas as formas de amortização (depreciação, amortização e exaustão) dos valores relativos aos ativos de natureza ambientais possuídos pela organização;
- aquisição de insumos próprios para controle/redução/eliminação de poluentes;

- tratamento de resíduos dos produtos;
- disposição de resíduos poluentes;
- tratamentos de recuperação/restauração de áreas contaminadas;
- mão-de-obra utilizada nas atividades de controle/preservação/recuperação do meio ambiente.

Como pode-se observar na pesquisa realizada sobre custos ambientais, cada autor associa a sua definição a conceitos de acordo com a dimensão que deseja dar aos custos ambientais.

#### 2.2.6 Custos da qualidade ambiental

Para Silva e Amaral (2008) de uma maneira geral, os custos ambientais encontrados na literatura surgiram da analogia com os custos da qualidade. As técnicas desenvolvidas na redução de custos da qualidade, podem trazer resultados similares quando aplicados ao tratamento de problemas ambientais. Segundo estes autores, a integração de métodos da Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management* – TQM) e da Gestão Ambiental promoveram o desenvolvimento da filosofia da Gestão da Qualidade Ambiental Total (*Total Quality Environmental Management* – TQEM), onde já está em pleno desenvolvimento em algumas organizações. Um paralelo entre as categorias de custos da qualidade e de custos ambientais está apresentado no Quadro 2.3.

Para Moura (2006), identificar e mensurar os custos relacionados à qualidade ambiental é tão importante quanto os custos com mão-de-obra, custo de matéria-prima, de vendas, entre outros; pois estas informações sustentam importantes decisões administrativas em relação a investimentos e aplicações de recursos materiais e humanos da empresa. Moura destaca a seguinte divisão para custos ambientais:

a) custos diretos: são os custos que estão diretamente ligados a um projeto, produto ou processo. Divide-se em gastos de capital e depreciação, por exemplo, equipamentos, construções, equipamentos, entre outros; gastos com operação e manutenção, por exemplo, mão-de-obra, materiais e utilidades.

b) custos ocultos: são os custos que não estão diretamente associados ao produto, processo ou serviço. Por exemplo: cursos de treinamento, monitoração e gerenciamento de resíduos;

c) custos de responsabilidade por eventos: referem-se aos custos decorrentes de responsabilidades da empresa por problemas ambientais, por exemplo, os custos decorrentes de acidentes com liberação de poluentes, ações de recuperação ambiental, multas e indenizações;

d) custos menos tangíveis: são os custos cuja quantificação é difícil de ser realizada, mas sua existência é fácil de ser percebida, por exemplo, o desgaste de uma marca em decorrência de problemas ambientais.

<b>Categorias</b>	<b>Tipos de custos da qualidade</b>	<b>Tipos de custos ambientais</b>
Prevenção	Custos de treinamento de operadores, custos para reprojetar um produto	Custos de reprojeção de processos e produtos e custos com treinamento de empregados
Avaliação	Custos de testes e calibração de equipamentos	Custos de monitoramento de equipamentos e com pessoas para checar a qualidade ambiental
Falhas internas	Custo de retrabalho e segregação de produtos	Custo de disposição em aterros e de separação de rejeitos
Falhas externas	Custos de garantia e custos de responsabilidade	Custos de obrigação social e de limpeza e despoluição de rios e lagos

Quadro 2.3 – Paralelo entre as categorias de custos de qualidade e categorias de custos ambientais.  
Fonte: Silva e Amaral (2008).

### 2.2.7 Receitas Ambientais

Para Pfitscher (2004), a amplitude do termo receita em uma empresa pode incluir tudo o que provém da atividade fim, seja comércio, indústria ou prestação de serviços e de fácil mensuração, principalmente quando se descreve a contabilidade tradicional.

A finalidade de implantar gestão ambiental não é especificamente de gerar receitas, porém isso não significa que a empresa não tenha condições de gerar

receitas. Pode inclusive tirar algumas vantagens econômicas, como produtos elaborados com as sobras de insumos do processo produtivo.

A Norma NBC TE XXX (2010) estabelece sendo receitas ambientais todas as receitas de origem na remuneração pela prestação de serviços de conservação de áreas naturais, decorrentes de programas de estímulo à prestação dos recursos naturais.

São consideradas receitas Pró-Meio Ambiente as vendas de resíduos decorrentes do processo produtivo, destinadas à reutilização e ou reciclagem, e deve ser evidenciadas em notas explicativas em vista a tornar transparente as ações realizadas pela entidade.

#### 2.2.8 Reservas Ambientais

Segundo APOTEC (2007), nas empresas em que a atividade seja potencialmente danosa para o ambiente pode existir um reforço de prevenção contra qualquer eventualidade ambiental através da constituição de reservas ambientais.

Estas reservas ambientais serão destinadas a investimentos em tecnologias limpas ou pagamento de indenizações a vítimas de contaminação provocada.

As reservas em questão podem destinar-se a obrigações de caráter geral ou estarem associadas a um tipo de ocorrência bem definida e resultarão dos lucros da própria empresa.

#### 2.2.9 Apuração do Resultado Ambiental

Pelo Plano de Contas pode-se enumerar algumas Receitas Ambientais como, por exemplo: diminuição dos custos de prêmios de seguro, de manutenção, de segurança e assistência médica a trabalhadores por diminuição dos riscos, melhor gestão de resíduos (economia de matéria-prima por reutilização e reciclagem de resíduos), redução de indenizações (diminuição de riscos de contaminação e destruição do solo, da água e do ar), poupanças em custos operativos (menor

consumo de matérias-primas, materiais de consumo e embalagens), aumento das vendas por melhoria da imagem pública (uso de eco-etiquetas, logotipo mais atrativo para o consumidor e parceiros comerciais) e recebimentos efetivos por vendas de estudos, diagnósticos, serviços de tratamento de resíduos e tecnologias limpas.

Decorrente disto poderá ser apurado os Resultados Ambientais que será a diferença entre Receitas Ambientais e os Custos ambientais.

As Receitas Ambientais provenientes de bens verdes produzidos, da melhoria na qualidade ambiental, de produtos reciclados, da redução do consumo de matérias (por reciclagem) e de outras receitas decorrentes da atuação ambiental, reduzindo os Custos Ambientais derivados da matéria-prima utilizada, de ações de remediação, de tratamento de resíduos, de amortizações, de prêmios de seguro entre outros e obteremos o resultado ambiental. No Relatório de Gestão deverá demonstrar todas as informações relevantes para uma análise objetiva da evolução e situação das atividades da empresa, no que diz respeito à questão ambiental.

Na sequência deste trabalho serão apresentados de forma bastante sucinta, os métodos empregados para avaliação de custos. Em seguida, será apresentada com mais detalhes a metodologia ABC que é a mais utilizada quando da análise de sistema de custeio ambiental.

Como forma de orientação ao leitor, no anexo B é apresentado um breve relato da classificação dos resíduos industriais segundo as normas brasileiras, ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

## **2.3 Métodos de custeio**

### **2.3.1 Diferenças entre os Métodos de Custeio**

Os sistemas tradicionais da contabilidade de custos fornecem poucas informações sobre os gargalos da produção e das fontes de vantagens competitivas. O custo do produto torna-se distorcido por esta forma de locação quando as atividades indiretas não estão relacionadas com o volume da produção. Não fornecem uma visão da relação entre a atividade realizada nas operações que

originam os custos indiretos dos produtos, não identificam as causas do custo, além de fornecer informações inadequadas para a administração.

Os métodos de custeio podem ser definidos como sendo a maneira em que os custos serão alocados aos produtos/serviços/atividades. Eles determinam como os dados são processados para obter as informações que serão utilizadas para tomada de decisão. Como exemplo de métodos de custeio tem-se o Custeio por Absorção, Custeio Variável, Método dos Centros de Custos -RKW (Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit) e o Custeio Baseado em Atividades (ABC).

### 2.3.2 Custeio por Absorção

Custeio por Absorção segundo Martins (2003), é o método derivado da aplicação dos princípios de contabilidade geralmente aceitos. Consiste na apropriação de todos os custos de produção aos bens elaborados. Todos os gastos relativos ao esforço de produção são distribuídos para todos os produtos ou serviços feitos. Outros critérios diferentes têm surgido através do tempo, mas este é ainda o adotado pela Contabilidade Financeira e utilizado para fins de Balanço Patrimonial e Demonstração de Resultados, para Balanço e Lucro Fiscal. Apesar de muitas vezes falhar como instrumento gerencial, é obrigatório para fins de avaliação de estoques.

O fisco exige o uso do Custeio por Absorção, fazendo com que se incorporem ao produto todos os custos ligados à produção, os diretos e indiretos, mas está ignorando de certos gastos que são de difícil apropriação, tais como os relativos à administração da produção geral, ao departamento de compras etc. Estes, pelos princípios contábeis que regem o Custeio por Absorção, deveriam estar incluídos como custos. Assim, com a sua não obrigatória inclusão para efeito fiscal, fica a empresa com mais flexibilidade para definição dos critérios a serem usados para a separação entre custos e despesas. Não deve ser entendido, por outro lado, que tais gastos não enumerados devam ser tratados como despesas de exercício, pois, acima dos critérios fiscais, devem estar sempre os princípios gerais de contabilidade.

### 2.3.3 Custeio Variável

No Custeio Variável, na visão de Martins (2003), somente serão alocados aos produtos os custos variáveis, ficando os fixos separados e considerados como despesas do período, indo diretamente para o Resultado; para os estoques, como consequência, custos variáveis.

Segundo Kraemer (1995), defensores do custeio variável afirmam que os custos fixos estão estreitamente relacionados com a capacidade de produzir do que com o volume de produção, e que qualquer rateio destes aos produtos ou as atividades é subjetivo e questionável.

Para Bruni (2008), uma das desvantagens do custeio variável é o fato de não ser aceito pela Auditoria Externa nas empresas, nem pela legislação do Imposto de Renda, bem como por uma parcela significativa dos contadores. O custeio variável fere os princípios contábeis, especialmente o princípio da competência e confrontação. Conforme esses dois princípios, as receitas devem ser apropriadas e delas devem ser reduzidas todos os sacrifícios envolvidos na sua obtenção. A partir desta percepção, não seria correto abater todos os custos fixos das receitas atuais, se uma parte dos produtos elaborados somente for comercializada no futuro. A parte do custo, seja ele variável ou fixo, somente deveria ser lançada contra as receitas no momento da efetiva saída dos produtos.

Apesar do custeio variável não ser adequado em relação à legislação e às Normas Brasileiras de Contabilidade, não impede o seu uso interno, sua aplicação e desenvolvimento na contabilidade gerencial.

### 2.3.4 Método dos Centros de Custos – RKW

De acordo com Martins (2003), o RKW (*Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit*) teve início do século XX. Trata-se de uma técnica disseminada originalmente na Alemanha (por um órgão que seria semelhante ao nosso antigo CIP — Conselho Interministerial de Preços), que consiste no rateio não só dos custos de produção como também de todas as despesas da empresa, inclusive

financeiras e os juros sobre o capital próprio, a todos os produtos. As técnicas desse rateio são tratadas na forma tradicional de apropriação dos custos indiretos de produção, onde toda a base na alocação dos custos e despesas aos diversos departamentos da empresa são realizadas por várias séries de rateio de forma que, ao final, todos os custos e despesas estejam recaindo exclusivamente sobre os produtos. Teria a informação do gasto completo de todo o processo empresarial de obtenção da receita. Bastaria adicionar o lucro desejado para se ter o preço de venda final.

Segundo Ludícibus et al (2007) o processo deste método de custos é composto por duas fases:

a- na primeira fase: os gastos são alocados, elemento a elemento, aos centros de custos;

b- na segunda fase: os gastos são alocados aos produtos.

Este método não é aceito para avaliação dos estoques por incluir custos e despesas que não estão vinculados ao processo produtivo.

### 2.3.5 ABC (Custeio Baseado em Atividades)

Os sistemas tradicionais geralmente refletem os custos segundo a estrutura organizacional da empresa, na maioria dos casos estrutura funcional. O ABC, nesta visão horizontal, procura custear processos; e os processos são, via de regra, interdepartamentais, indo além da organização funcional. O ABC, assim, pode ser visto como uma ferramenta de análise dos fluxos de custos e, quanto mais processos interdepartamentais houver na empresa, tanto maiores serão os benefícios do ABC.

Utilizando-se as informações contábeis e um planejamento adequado, é possível implementar um gerenciamento de custos como o ABC (Custo Baseado em Atividade). Esta ferramenta permite uma melhor visualização dos custos através da análise das atividades executadas dentro da empresa.

Segundo Ribeiro (2006), uma nova abordagem para tratamento dos custos foi elaborado na década de 1980, sendo seu enfoque o estudo da gestão de custos simultaneamente a gestão global. A nova metodologia recebeu a denominação de

CMS (Cost Management System), ou gestão estratégica de custos, tendo como idéia principal a divisão da empresa em atividades.

A contabilidade por atividades ou custeio baseado em atividades, ou, ainda, ABC (Activity Based Costing) é um instrumento da gestão estratégica de custos que tem por objetivo básico tratar os custos indiretos de fabricação, e os custos diretos devem receber o mesmo tratamento visando á uniformidade de procedimentos de custeio.

Para Tonini (2006), a utilização do sistema ABC é a atribuição de todos os custos aos produtos e serviços, onde os custos são variáveis e podem ser rastreados ou alocados aos produtos e serviços. A alocação dos custos é o foco central do ABC.

Conforme Brimson (1996), o gerenciamento de custos baseado em informações por atividade é o centro do novo sistema de informações gerenciais. A contabilidade por atividades identifica as atividades desenvolvidas em uma empresa e determina seu custo e desempenho a partir das seguintes abordagens:

- a. reconhece as atividades da empresa;
- b. define o custo e desempenho da atividade, através do custo unitário, tempo de execução da atividade e qualidade da produção;
- c. determina a produção da atividade;
- d. relaciona os custos das atividades aos objetivos de custo, como produtos, processos e ordens, baseados no consumo da atividade;
- e. define os fatores críticos de sucesso da empresa;
- f. realiza a avaliação da eficácia e eficiência da atividade. O controle de custos também é aprimorado pela confirmação de melhores métodos de realizar uma atividade, identificando os desperdícios e a causa dos custos.

## 2.4 Custeio Ambiental

### 2.4.1 Sistemas de custeio ambiental

Hansen e Mowen (2009) analisam a mudança na abordagem para os regulamentos ambientais de comando e controle para uma abordagem direcionada para o mercado. Atualmente, essa nova abordagem direcionada para o mercado significa que o tratamento bem-sucedido das preocupações ambientais se tornou um assunto competitivo significativo entre as corporações. A ecoeficiência afirma que as organizações podem produzir bens e serviços mais úteis enquanto simultaneamente reduzem impactos ambientais negativos, consumo de recursos e custos. Os custos ambientais devem ser relatados como uma classificação separada de forma que os gestores possam avaliar seu impacto na rentabilidade da empresa. Atribuir custos ambientais aos produtos e processos revelam as fontes desses custos, e ajuda a identificar suas causas fundamentais para que possam ser controladas.

A contabilidade é reconhecida como um apoio para a administração da empresa na identificação, mensuração e avaliação dos seus recursos econômico-financeiros, para a apuração dos custos de acordo com o produto a ser custeado. Para este fim, faz-se necessário a utilização do subsistema de custos. E de acordo com Ribeiro (2006), o aumento gradativo da concorrência do mercado provocou um grande processo de alavancagem da qualidade de produtos e serviços e equilíbrio dos preços. A inovação tecnológica vem desenvolvendo melhorias em processos, automação, informatização, e eliminando considerável parte da mão-de-obra utilizada, além de otimizar a matéria-prima que não necessitará de manuseio.

Para Moura (2006), implantada a estrutura de identificação de custos ambientais, é possível utilizar as informações obtidas para avaliar, selecionar prioridades e realizando os investimentos que proporcionem os melhores retornos. Alguns indicadores de desempenhos utilizados nos processos produtivos e gerenciais são:

- a- quantidade de emissões de gases;
- b- quantidade (toneladas) resíduos sólidos estocados;
- c- quantidade de resíduos produzidos por kg de produto acabado;

d- percentual (em relação ao peso total) de resíduos recuperados ou reciclados;

e- custo de energia elétrica utilizada por litro de unidade produzida;

f- quantidade (ou custo) da água utilizada por litro do produto;

g- quantidade de matérias-primas naturais (kg) utilizadas por unidade de produto;

h- custo da disposição de resíduos sólidos por unidades produzidas.

Os custos altos ou indicadores de desempenho fora dos padrões normais podem significar problemas organizacionais graves, comprometendo a continuidade das atividades da empresa ou afetando a margem de lucro esperada para o negócio com a aquela determinada taxa de risco. Observando estes custos que parecem anormais fica mais fácil partir para uma análise mais detalhada do problema e suas causas e preparando um plano de ação para solucioná-lo com sucesso.

#### 2.4.2 A aplicação da Metodologia ABC, segundo Eliseu Martins

A Metodologia ABC segundo Martins (2003) possui as seguintes etapas:

1ª Etapa: Identificação das atividades relevantes: O primeiro passo, para o custeio ABC, é identificar as atividades relevantes dentro de cada departamento e realizar um controle para a apropriação dos custos aos Centros de Custos ou por Centros de Atividades, realizar o levantamento das atividades das áreas, seus custos e respectivos direcionadores. A maneira de definir atividades das áreas fora da produção e seus custos se dá pela identificação dos componentes do custo total e alocação de parcelas destes componentes às atividades.

O próximo passo é definir os direcionadores de custos das atividades, bem como o consumo destes direcionadores pelos produtos.

2ª Etapa: Atribuição de custos às atividades: O custo de uma atividade compreende todos os sacrifícios de recursos necessários para desempenhá-la. Inclui salários com os respectivos encargos sociais, materiais, depreciação, energia, uso de instalações, entre outros. Muitas vezes, é possível agrupar vários itens de custos em um só custo para refletir a natureza do gasto pelo seu total, como por exemplo:

- a) salários + encargos + benefícios = custo de remuneração
- b) aluguel + imposto predial + água + luz = custo de uso das instalações
- c) telefone + fax + correio = custo de comunicações
- d) passagens + locomoção + hotel + refeições = custo das viagens

A primeira fonte de dados para custear as atividades é o razão geral da empresa. Geralmente, é necessário, também, solicitar estudos da área de engenharia e realizar entrevistas com os responsáveis pelos departamentos ou processos e até com quem executa a atividade.

Dependendo do grau de precisão que se pretende, as atividades podem ser divididas em tarefas e estas em operações. Já um conjunto de atividades homogêneas desempenhadas com a finalidade de atingir um fim específico constitui uma função, a qual, normalmente, é desempenhada por um departamento.

A atribuição de custos às atividades deve ser feita da forma mais criteriosa possível, de acordo com a seguinte ordem de prioridade: alocação direta, rastreamento e rateio.

A alocação direta se faz quando existe uma identificação clara, direta e objetiva de certos itens de custos com certas atividades. Pode ocorrer com salários, depreciação, viagens, material de consumo etc.

O rastreamento é uma alocação com base na identificação da relação de causa e efeito entre a ocorrência da atividade e a geração dos custos. Essa relação é expressa através de direcionadores de custos de primeiro estágio, também conhecidos como direcionadores de custos de recursos.

O rateio é realizado apenas quando não há a possibilidade de utilizar nem a alocação direta nem o rastreamento; porém deve-se ter em mente que, para fins gerenciais, rateios arbitrários não devem ser feitos.

No que se refere ao processo de atribuição de custos às atividades a simples divisão de departamentos em centros de custos já facilita este processo. Isto significa que, a abertura dos departamentos em centros de custos é uma evolução para se obter maior grau de precisão, na medida em que identifica bases mais apropriadas de atividades.

3ª Etapa: Identificação e seleção dos direcionadores de custos: direcionador de custos é o fator que determina o custo de uma atividade. Para efeito de custeio de produtos, o direcionador deve ser o fator que determina ou influencia a maneira

como os produtos consomem as atividades. Assim, o direcionador de custos será a base utilizada para atribuir os custos das atividades aos produtos.

Alguns exemplos desses direcionadores são: número de empregados, área ocupada, tempo de mão-de-obra (hora-homem); tempo de máquina (hora-máquina); quantidade de kwh; estimativa do responsável pela área, entre outros.

4ª Etapa: Atribuindo custos dos recursos às atividades no modelo apresentado: após a definição das atividades a serem custeadas pelos departamentos, tais atividades devem ser alocadas, utilizando direcionadores de custos de recursos. Exemplos de direcionadores de recursos:

a) aluguel: área utilizada pelo pessoal e equipamentos necessários para executar as tarefas que compõem a atividade. Trata-se de rastreamento, uma vez que a alocação direta não é possível;

b) energia elétrica: supondo que cada departamento possui um medidor de energia elétrica, o valor alocado a eles é do consumo efetivo. Um rastreamento com base nas horas-máquina utilizadas por um produto, através da segregação do tempo de uma atividade também pode ser utilizado;

c) salários do pessoal da supervisão e mão-de-obra indireta: permitem a alocação direta às atividades através da folha de pagamento, ou rastreamento através de folhas de registro de tempo;

d) depreciação: também permite a alocação direta através da análise do imobilizado, nos departamentos produtivos. Nos departamentos de apoio, há dificuldade maior de se alocar tais custos diretamente às atividades devido ao maior número de bens do imobilizado sendo utilizado e, principalmente, pelo fato de tais bens serem compartilhados por várias atividades. Se não for possível tal identificação, faz-se necessária a utilização de rateio;

e) material de consumo: permite a alocação direta às atividades através das requisições de material;

f) seguros: é necessário o rastreamento do seguro dos bens de cada departamento para as atividades.

Assim, com base nos direcionadores de recursos definidos, podemos atribuir os recursos alocados para cada departamento às suas respectivas atividades. Assim, o custo de cada atividade será composto pelos mesmos componentes do custo do departamento.

5ª Etapa: Atribuição dos custos das atividades aos produtos: uma vez identificadas as atividades relevantes, seus direcionadores de recursos e respectivos custos, a próxima etapa é custear os produtos. Para tanto, faz-se necessário o levantamento da qualidade e quantidade de ocorrência dos direcionadores de atividades por período e por produto.

6ª Etapa: Uma comparação dos resultados: esta é a etapa em que os resultados são apresentados em forma de gráficos comparativos sobre a margem bruta de cada produto. Uma análise mais detalhada das causas destas alterações pode ser efetuada, tanto em base nos custos dos processos ou mesmo das atividades. A análise dos dados fornecidos pelo o ABC permite a ligação entre este e a reengenharia das empresas.

#### 2.4.3 A aplicação da Metodologia ABC, segundo Hansen e Mowen

Hansen e Mowen (2009) estruturam o ABC em seis etapas essenciais:

a) identificação, definição e classificação das atividades: identificar uma atividade é o equivalente a descrever uma ação empreendida. Atributos de atividades são utilizados para definir e descrever as atividades individuais com informações financeiras e não-financeiras. Estes atributos são selecionados dependendo do propósito ao qual atendem, por exemplo, objetivo de custeio do produto inclui as tarefas que descrevem as atividades, os tipos de recursos consumidos pela atividade, o montante ou porcentagem de tempo gasto em cada tarefa pelos empregados, os objetos de custo que consomem a atividade e uma medida de consumo ou direcionador de atividade. A classificação das atividades facilita a obtenção do custeio do produto, a melhoria contínua, a gestão da qualidade total e a gestão de custos ambientais. A atividade pode ser classificada em primária ou secundária. Uma atividade primária é uma atividade consumida por um produto, enquanto uma atividade secundária é aquela consumida pelos objetos intermediários de custos;

b) atribuição dos custos dos recursos para as atividades: para suprir a necessidade de atribuição dos custos dos recursos às atividades é usado o rastreamento direto ou por direcionador. Os direcionadores de recursos são fatores

que mensuram o consumo dos recursos pelas atividades. Entrevistas, formulários de pesquisas, questionários e sistemas de controle de tempo são exemplos de ferramentas que podem ser utilizadas para coletar dados sobre os direcionadores de recursos;

c) atribuição dos custos de atividades secundárias para as atividades primárias: Neste estágio as atividades são classificadas como primárias e secundárias. Se houver uma atividade secundária, logo existirá um estágio intermediário. Em um estágio intermediário, o custo das atividades secundárias é atribuído àquelas atividades que consomem os seus recursos;

d) identificação de objetos de custo e especificação do montante de cada atividade consumida por objeto de custo específico: antes de fazer a atribuição dos custos aos produtos na proporção ao consumo da atividade, os objetos de custos precisam ser identificados e as demandas que esses objetos colocam nas atividades devem ser mensuradas. São exemplos de objetos de custos: produtos, materiais, clientes, canais de distribuição, fornecedores e regiões geográficas. Os direcionadores de atividade medem as demandas que os objetos de custo colocam nas atividades. Os tipos de direcionadores de atividades mais escolhidos para projetos de sistema ABC são: direcionadores de transação e direcionadores de duração.

Os direcionadores de transação medem o número de vezes que uma atividade é realizada, número de tratamentos e número de pedidos.

Os direcionadores de duração medem as demandas em termos de tempo que leva para realizar uma atividade, por exemplo, horas de monitoramento de uma operação.

Após a definição dos direcionadores, pode-se criar uma lista de atividades que especifica o produto, a quantidade esperada do produto, as atividades e o montante de cada atividade esperada a ser consumida em cada produto.

e) cálculo de taxas de atividades primárias: as taxas das atividades primárias são computadas por meio da divisão dos custos de atividades orçadas pela capacidade prática de atividades, em que capacidade de atividade é a quantidade de produtos (output) da atividade. Capacidade prática é o resultado (output) de atividade que pode ser produzido se a atividade for desempenhada eficientemente.

f) atribuição dos custos de atividades aos objetos de custo: um projeto de sistema de custeio baseado em atividade se preocupa com a atribuição de custos de

várias atividades do processo produtivo, aos objetos de custo finais, definidos como tratamento normal, intermediário e intensivo ao produto. Esses mesmos objetos de custo consomem outros recursos e atividades, cujos custos também devem ser atribuídos. Os materiais colocam demandas sobre outras atividades, tais como compras, inspeção de materiais, que não são diretamente consumidas pelos objetos de custo finais e são, portanto, atividades secundárias. Essas atividades secundárias são consumidas por vários materiais, sendo que estes são consumidos pelos objetos de custo finais. Desta forma, o custo dessas atividades secundárias relacionadas aos materiais flui para os objetos de custo finais, primeiro atribuindo-os aos materiais e, em seguida, atribuindo o custo dos materiais por meio do rastreamento direto.

#### 2.4.4 A aplicação da Metodologia ABC, segundo Brimson

Brimson (1996) define as seguintes etapas básicas para calcular o custo de uma atividade em:

a) seleção das bases de custos: para selecionar as bases de custo é preciso determinar o tipo de custo, selecionar um período de tempo para os dados de custo e classificar as atividades pelo ciclo de vida. A definição modelo de custo é preciso para determinar o custo de uma atividade. Os tipos de custos utilizados pela maioria das empresas são os seguintes:

- Custo real: “é o valor exato pago por um fator de produção baseado em uma transação financeira” (BRIMSON, 1996, p.141). Na utilização de um custo real os custos sempre serão atuais e refletem as mudanças dos ambientes de negócios.

- Custo orçado: reflete o cenário favorável esperado pela administração, levando em consideração circunstâncias financeiras futuras.

- Custo padrão: é a predeterminação de um custo baseado em condições normais de eficiência e volume de produção, levando em consideração um estudo analítico e decisões administrativas.

- Custo planejado: é o resultado dos sistemas de planejamento operacional e estratégico.

- Custo de engenharia: é verificado por um estudo de engenharia industrial que fornece informações de como uma atividade é executada e quais melhorias de método podem aumentar o desempenho.

A partir da escolha da base de custo a ser utilizada para um sistema de contabilidade por atividades algumas mudanças deverão acontecer, como estabelecer os custos e nível de atividade, separar os componentes de custos que não agregam valor e resumir os custos em nível de processo do negócio para identificar os custos totais da empresa e isolar os geradores de custos.

Em seguida, deve-se determinar o período de tempo para a coleta dos dados de custo. Brimson (1996) sugere utilizar dados trimestrais ou semestrais, que deverão ser continuamente ajustados para refletirem as mudanças no ambiente organizacional.

A classificação das atividades em ciclos de vida fornece uma estrutura para desenvolver e reportar o custo e desempenho de ativos importantes através de toda a vida útil. Os ativos para os quais os custos do ciclo de vida são normalmente computados incluem produtos, processos, projetos e sistemas.

b) rastreamento dos recursos: na fase do rastreamento dos recursos, os principais passos incluem:

- determinar como a principal fonte de dados de custo o Livro Razão Contábil;
- a classificação das despesas no Livro Razão Contábil é realizada de acordo com os tipos de gastos, nos departamentos com padrões de comportamento de custos semelhantes separados em grupos de custos;

- determinar a relação causal quando um fator de produção é diretamente consumido por uma atividade. A base para estabelecer esta relação causal é a definição de uma medida de atividade que é comum tanto no fator de produção quanto na atividade;

- rastrear os custos relacionados à mão-de-obra em relação às atividades, definindo quais atividades são relacionados a cada grupo ou empregado.

c) determinação da medida de desempenho da atividade: as atividades podem ser definidas como medidas de desempenho financeiro ou não financeiro. As medidas de desempenhos conduzem a questões a respeito de uma atividade, que podem incluir aspectos como flexibilidade, qualidade e cumprimento do programa;

d) seleção da medida da atividade: realizar a determinação da medida de atividade (entradas, saídas ou atributos físicos), reunir dados estatísticos sobre

produção e transações (estatísticas de transações de processamento de dados e registros departamentais) e validar a razoabilidade da medida de atividade, utilizando, por exemplo, as principais técnicas que incluem:

- abordagem alto baixo;
- adaptação de curva;
- análise de regressões múltiplas.

e) alocação das atividades secundárias: as atividades primárias são diretamente ligadas aos produtos, enquanto as atividades secundárias apóiam as atividades primárias, elas incluem gerência, treinamento, reuniões gerais e administração. Um método comum é alocar as atividades secundárias às atividades primárias utilizando os fatores primários de produção;

f) cálculo do custo por atividade: assim que a empresa tenha rastreado o custo relacionado à atividade, selecionado uma medida de produção e determinado volume da medida de atividade, o próximo passo será completar o processo de custeio por atividade.

A etapa final é a soma do custo unitário calculado de cada atividade rastreável e alocar a porção dos custos não rastreáveis.

As informações relevantes que devem ser associadas com uma atividade abrangem:

- a) unidade organizacional;
- b) processo do negócio;
- c) fatores de produção: material direto; mão-de-obra direta: horas de mão-de-obra, categorias de mão-de-obra; tecnologia direta, por exemplo, tipo de máquina, quantidade de máquina, capacidade (horas de máquinas), unidade de capacidade, descrição da entrada/saída, origem (entrada) e destino (saída), quantidade por capacidade; instalações; despesas indiretas de fabricação diretamente atribuíveis;
- d) tempo: decorrido e processo;
- e) indicador de valor agregado e não agregado;
- f) quantidade;
- g) entradas/saídas: freqüência, unidade de medida, origem das entradas e destino das saídas e volume.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada promoveu o desenvolvimento de procedimentos e técnicas que melhor preenchem os objetivos. A abordagem econômica tem como idéia básica a utilização contábil com propostos, tem uma abordagem econômica e sociológica. Para o objetivo de atingir metas macroeconômicas, enquanto a abordagem sociológica está associada ao bem-estar social. Neste contexto, os relatórios contábeis devem cumprir uma obrigação social em trazer ao conhecimento público as políticas e procedimentos das entidades.

Foi realizada uma pesquisa de campo, onde permitiu-se a obtenção de dados sobre produção de etanol combustível produzido em uma microdestilaria, e registro de variáveis presumidamente relevantes para posteriores análises. A pesquisa de campo abrange a pesquisa bibliográfica, técnicas de coletas de dados e amostras, registro dos dados e de análises. O tipo de pesquisa de campo definido é o quantitativo-descritivo, onde a principal finalidade é o delineamento e análise das características do processo de etanol na avaliação das variáveis principais.

As coletas de dados foram realizadas através da observação, pois há um objetivo a ser alcançado e um planejamento a ser seguido para a obtenção de informações e dados.

Segundo Oliveira et al (2003), a observação consiste em aplicar os sentidos na obtenção de dados sobre determinado objeto, buscando conhecê-lo e estudar uma realidade e as suas leis. É uma coleta de dados para obter informações, com a utilização dos sentidos na captação de dados sobre determinados aspectos desta realidade. A observação será sistemática, planejada, estruturada e havendo condições controladas. Para a elaboração do planejamento desta pesquisa é sugerida a realização nas seguintes etapas:

- a) preparação da pesquisa;
- b) definição dos elementos da pesquisa;
- c) execução da pesquisa;
- d) elaboração do relatório da pesquisa.

Esta sequência está demonstrada no quadro 3.1 abaixo:

<b>Etapa</b>	<b>Componentes</b>
Preparação da pesquisa	decisão especificação dos objetos elaboração de um esquema constituição da equipe de trabalho levantamento de recursos cronograma
Definição dos elementos de pesquisa	escolha do tema levantamento de dados formulação do problema definição dos termos construção de hipóteses indicação de variáveis delimitação da pesquisa amostragem seleção de métodos e técnicas organização do instrumento de observação testes dos instrumentos e procedimentos
Execução da pesquisa	coleta de dados elaboração dos dados análise e interpretação dos dados representação dos dados e conclusões
Elaboração do relatório da pesquisa	elaboração do relatório para comunicação dos resultados da pesquisa empreendida

Quadro 3.1- Etapas consideradas no planejamento da pesquisa

Fonte: Oliveira et al, 2003, pág. 36.

De acordo com os objetivos da pesquisa, para a coleta de dados foi realizado um levantamento em várias fontes, desde informações prévias até os dados definitivos. As fontes foram levantadas através de pesquisa documental e pesquisa bibliográfica.

Na metodologia apresentada neste trabalho, o esquema de definição dos custos é utilizado para avaliar a despesa ocorrida em eventos passados na empresa, e realizada uma separação por atividades.

### **3.1 Abordagem**

Este trabalho foi realizado em uma unidade de produção de etanol localizada no município de São Vicente, região central do Rio Grande do Sul.

Primeiramente foi realizada uma análise de bibliografias e legislação existente sobre o assunto.

Foi executado um levantamento de dados sobre os processos produtivos.

A segunda etapa consistiu em catalogar as normas e procedimentos aplicáveis ao tratamento de operações que envolvam itens ambientais pela empresa apresentados por órgãos reguladores internacionais e brasileiros até os dias de hoje. Finalmente a última etapa é composta pela aplicação da metodologia ABC, análise dos custos do processo produtivo, determinar o impacto econômico e ambiental que poderão ocorrer a partir dos diferentes destinos que se dá aos resíduos gerados no processo produtivo.

### **3.2 Análise comparativa dos principais autores sobre as etapas do Custeio Baseado em Atividades (ABC) estudados**

Pode-se dizer que todas as abordagens relacionadas às etapas do Custeio Baseado em Atividades servem a um propósito na gestão do negócio da empresa. A opção deste custeio não exclui o uso concomitante da combinação das diferentes etapas abordadas pelos autores, desde que atenda à necessidade de informação para a organização.

A proposta deste trabalho é adaptar as diferentes etapas do Custeio Baseado em Atividades (ABC) estudadas à realidade dos processos da produção do Etanol, partindo da definição, da comparação entre os modelos, elaborou-se uma nova abordagem para avaliar os custos, dentre eles os ambientais. Podendo ser adaptadas em empresas de diversos ramos industriais, comerciais, serviços e agricultura. Esta é composta por três fases, as quais serão descritas a seguir.

### **3.3 Sistemática para a implantação do Custeio Baseado em Atividades para apuração dos custos de processamento**

Este capítulo apresenta a descrição de uma sistemática de apoio para a implantação do Custeio Baseado em Atividades (*Activity-Based Costing – ABC*) na apuração dos custos de produção de etanol e posteriormente análise dos custos ambientais.

A implantação deste sistema de custeio requer uma estruturação inicial das unidades de trabalho da empresa para acompanhar o processo de avaliação e desempenho dos resultados e gerenciamento do processo operacional. As etapas devem ser definidas de acordo com os objetivos deste trabalho, e como tal, a sistemática proposta considerará apenas as etapas necessárias ao alcance dos objetivos fixados, e considerando a natureza e realidade da atividade fim do negócio. A comparação entre os modelos revela que cada um possui um enfoque distinto, implicando a necessidade de uma abordagem capaz de congrega os pontos positivos de cada proposta. Assim, nesse trabalho apresentou-se um modelo visando alcançar tal objetivo, verificando seu desempenho e identificando possíveis limitações.

#### **3.3.1 Estrutura da abordagem proposta para a aplicação da metodologia ABC**

A abordagem proposta é constituída de três grandes fases, como segue:

1ª fase – Pré- Análise: tem o objetivo a formação de uma equipe de apoio na empresa, conhecê-la e preencher um questionário de pré-análise para poder delinear um panorama econômico-ambiental da organização e, em seguida, determinar o ciclo de vida do seu principal produto.

2ª fase – Análise: é a fase composta por uma série de passos que direcionam a avaliação do processo produtivo, possibilitando identificar os impactos ambientais relevantes, a mensuração dos custos relacionados ao processo produtivo e com a qualidade ambiental, tais como:

- Objetivos e abrangência do estudo;

- Mapeamento do processo produtivo;
- Etapas do processo onde os custos serão avaliados;
- Balanço de Massa;
- Direcionadores de custos;
- Custo total por atividade;
- Custo de produção do produto;
- Avaliação ambiental.

3ª fase – Pós-Análise: visa gerar informações que sirvam de suporte para futuros cenários e ações de melhorias nos processos produtivos, minimizando custos e impactos ambientais identificados com a produção do produto.

#### 3.3.1.1 Fase: Pré-Análise

Na primeira fase da metodologia deve-se conhecer a organização na qual serão desenvolvidos os trabalhos, traçar o seu perfil econômico-ambiental, identificar e caracterizar o ciclo de vida de seu principal produto.

Primeiramente, ocorre a formação da equipe de colaboradores da empresa que deverá auxiliar a realização dos trabalhos. Esta equipe deve ser formada por pessoas dos setores operacionais, financeiro, e se houver, do setor ambiental.

Para estruturação das informações necessárias desta primeira fase, faz-se necessário a aplicação do questionário de pré-análise com questões sobre a empresa, seus produtos, os sistemas de produção, a geração de resíduos da produção, o sistema de custeio utilizado pela empresa, e uma análise dos resultados financeiros (Anexo A).

A partir de uma análise dos dados obtidos pelo questionário, pode-se estruturar um mapa global da empresa, identificando o consumo de matéria-prima, água, energia elétrica, principais produtos, e os resíduos gerados durante o processo produtivo destes.

Com as informações obtidas junto à equipe de apoio da empresa e juntamente com um estudo a ser realizado na literatura existente, deve-se descrever o ciclo de vida do principal produto a ser analisado.

Para Ribeiro (2006), o ciclo de vida do produto tem início desde a identificação inicial das necessidades do consumidor, estendendo-se pelo planejamento, pesquisa, projeto, desenvolvimento, produção, avaliação, utilização, apoio logístico em operação, obsolescência e baixa. Os totais de custos destas atividades representam o custo do ciclo de vida do produto.

A análise do ciclo de vida de um produto é uma ferramenta de avaliação cada vez mais importante para tomada de decisão especialmente quando aplicada durante a fase de planejamento, é possível identificar etapas do processo com um elevado impacto ambiental, e assim, fornecer orientações para a otimização e a efetiva implementação tecnológica.

Hansen e Mowen (2009) estabelecem que em torno de 90% (noventa por cento) dos custos associados ao produto são comprometidos durante o estágio de desenvolvimento do ciclo de vida do produto.

#### 3.3.1.2 Fase: Análise

Nesta fase o sistema produtivo é analisado detalhadamente a partir de uma série de etapas a serem seguidas a fim de direcionar o estudo.

Na primeira etapa desta fase, determinam-se os objetivos do trabalho e a sua abrangência. Após, é realizado o mapeamento detalhado do processo. Em seguida são determinadas as etapas dos processos onde os custos serão avaliados. No balanço de massa é realizada a análise das matérias-primas e a determinação da eficiência da moenda. Selecionam-se os direcionadores de custos. Atribui-se os custos para as atividades, e o custo de produção para posterior análise ambiental da produção de etanol.

##### Etapa 1: Objetivos e abrangência do estudo:

Inicialmente, devem-se determinar os objetivos do estudo que podem estar relacionados aos produtos, processos produtivos, comparação entre as operações do processo produtivo, avaliação econômico-ambiental de uma operação específica do processo produtivo, ou ainda, a determinação dos principais problemas ambientais do setor analisado na empresa. E com base no ciclo de vida do produto

verificado no questionário de pré-análise e considerando os objetivos do estudo estabelecidos anteriormente, delimita-se a abrangência do trabalho. Esta primeira etapa ocorre com a escolha de uma unidade de produção.

Neste trabalho foi tomado como base todas as etapas envolvidas na produção de etanol combustível a partir de cana-de-açúcar e sorgo sacarino.

#### Etapa 2: Mapeamento do processo produtivo:

A ferramenta-padrão para análise de um processo de produção é o fluxograma. Segundo Davis et al (2001) em 1978 Lynn Shostack introduziu ao fluxograma de processos-padrão o conceito de linha de visibilidade e destacou a identificação de pontos potenciais de falha em sua versão do fluxograma, designada mapa de serviços ou processos, destacando a importância da definição de um mapa em todos os aspectos do processo. Os passos envolvidos na construção de um mapa, incluindo uma análise de rentabilidade são os seguintes:

- a) identificar o processo.
- b) isolar pontos de falha.
- c) estabelecer um padrão de tempo.
- d) análise da rentabilidade.

O mapeamento do processo produtivo deve ter uma estrutura das operações de forma seqüenciada. Por isto, deve-se ter em vista o ciclo de vida do produto. Neste momento ainda não é necessário identificar as entradas e saídas de matérias-primas. O grau de detalhamento do processo produtivo dependerá de sua complexidade e abrangência do estudo.

A seguir, a figura 3.1 demonstra o mapeamento do processo produtivo de forma simplificada.

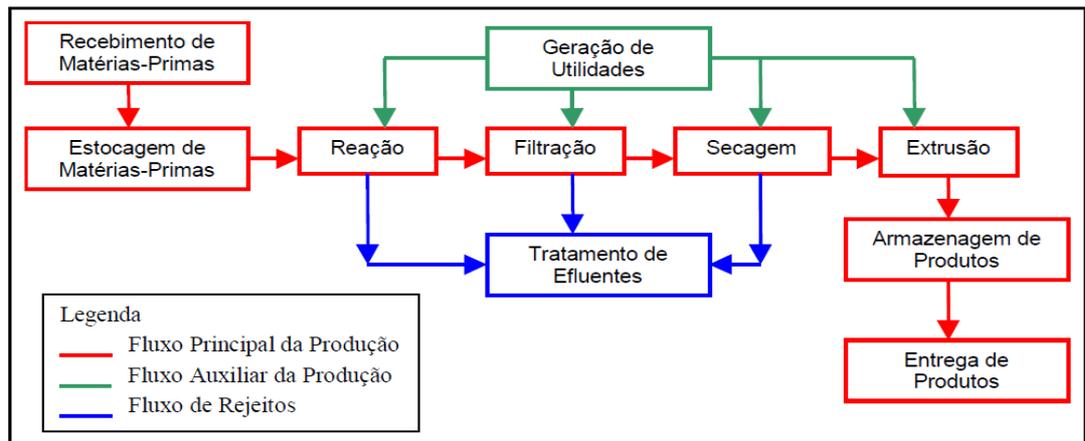


Figura 3.1- Exemplo de diagrama de blocos obtido com mapeamento do processo produtivo.

FONTE: SILVA (2003).

O diagrama de blocos do processo de produção de etanol da unidade industrial instalada na fazenda Santa Terezinha, demonstra cada etapa do processo julgada relevante.

### Etapa 3: Balanço de Massa (Fluxo de Materiais):

Conforme ONU (2001), a base para a melhoria do desempenho ambiental é o registro dos fluxos de materiais em quilogramas, segundo uma análise de entrada e saída. Os limites do sistema poderão obedecer as particularidades da empresa, centros de custos, processos e produtos.

Do aumento dos custos para adequação às normas fiscalizadoras e do cumprimento da legislação ambiental surge a necessidade de melhorar a eficiência dos materiais utilizados. O registro dos fluxos de materiais nos processos produtivos tem sido uma ferramenta importante na otimização da produção, na prevenção de resíduos, e na utilização de uma produção mais limpa. A avaliação dos custos ambientais e a sua distribuição pelos respectivos centros de custos, processos produtivos ou próprios produtos é necessária para o cálculo correto da rentabilidade dos produtos, processos e locais de produção.

O balanço de massa é uma equação que se baseia no princípio de que tudo o que entra no processo terá de sair ou ficar armazenado. Toda a informação sobre materiais utilizados e a correspondente quantidade de produto, resíduos e emissões são registradas. Os itens são medidos em termos de unidades físicas de massa (kg,

t). As entradas são comparadas com as quantidades produzidas e vendidas, assim como com as emissões e resíduos.

A partir da qualidade da informação disponível e a consistência dos sistemas de informação pode ser definido um sistema regular de monitoração onde será possível obter, mensalmente, informação sobre a origem das entradas, a produção e as saídas em emissões e resíduos. O balanço de massa pode estar sujeito também a avaliação financeira.

Inicialmente foi realizada a caracterização das matérias-primas. Para o sorgo sacarino foi determinado o percentual de colmos, folhas e grãos presentes na biomassa total. Para a cana-de-açúcar foi determinado a quantidade de colmos e de folhas.

As matérias-primas também foram caracterizadas quanto ao teor de fibras nos colmos, massa seca nas folhas, percentual de caldo e teor de açúcar presente nos colmos (grau Brix). Estas análises foram realizadas no laboratório de processos pertencente ao Curso de Engenharia Química da UFSM - Universidade Federal de Santa Maria.

O balanço de massa ou fluxo de materiais foi realizado com base em 1.000kg (1 tonelada) de matéria-prima.

O rendimento de extração de caldo presente nas matérias-primas foi realizado por acompanhamento detalhado do processo de moagem.

As equações utilizadas para cálculo de percentagem de caldo extraído e rendimento de extração serão apresentadas nos resultados da análise do processo.

Etapa 4: Etapas do processo onde os custos serão avaliados:

Para Corrêa e Corrêa (2008) o diagrama do processo tem como objetivo a listagem de todas as fases do processo de forma simples e de rápida visualização e compreensão, que deverão ter clareza e fidelidade como a realidade dos processos tal como estejam sendo executados. Os requisitos básicos de um diagrama de processo são:

- Clareza: os processos básicos são mostrados em grandes blocos e depois detalhados em subprocessos. A clareza facilita a análise do processo.

- Fidelidade: qualquer mudança ou alteração devem ser documentadas nos diagramas para que haja reflexão sobre a realidade dos processos, e fácil visualização de como estes estão sendo executados. Ajudam na identificação dos

possíveis problemas de qualidade, desperdício, e também informações adicionais como o tempo de cada fase, quantidades produzidas, distâncias percorridas, entre outras.

#### Etapa 5: Identificar e selecionar os direcionadores de custos:

O direcionador de custos é um elemento que justifica a atividade e seus custos, onde cada atividade recebe a parcela de custo respectiva ao consumo de recursos que obteve.

Para a utilização da Metodologia ABC é necessário determinar os direcionadores de custos que permitem analisar o processo de produção e seus indicadores. Cada atividade receberá o custo equivalente ao consumo de recursos por ele despendido a partir de um direcionador de custos. O Quadro 3.2 traz alguns exemplos de direcionadores de custos.

Fator de produção	Medida
Pessoal	Tempo
Tecnologia	Horas de máquina/tecnologia
Instalações	Área
Utilidades	Quilowatt/hora

Quadro 3.2- Exemplos de direcionadores de custos.

Fonte: BRIMSON, 1996, p.153.

#### Etapa 6: Custos total por atividade

Para obter os custos pertinentes as atividades deve-se observar suas particularidades, identificando como elas ocorrem internamente dentro da empresa, pois não há um padrão que possa ser aplicado em todos os casos. O sistema de custeio por atividade somente será válido se um volume razoável de custos e despesas puderem ser rastreados e atribuídos às atividades.

Segundo Martins (2003), a primeira fonte de dados para custear as atividades é o Razão Geral da empresa. Mas neste caso foi necessário, solicitar estudos da área de engenharia e realizar entrevistas com os responsáveis pelos departamentos

ou processos e até com quem executa a atividade. A atribuição de custos às atividades deve ser feita da forma mais criteriosa possível.

Com a devida departamentalização e separação dos centros de custos, já pode atender adequadamente, a estas duas primeiras etapas: identificação e atribuição de custos às atividades relevantes.

Para Ribeiro (2006), não se deve limitar o custeamento dos produtos com os custos provenientes da área de produção, deve-se incluir também os custos das áreas administrativas, de vendas e demais envolvidos.

Em alguns casos, os custos não podem ser alocados devido as suas características de origem, como por exemplo, o aluguel. Neste caso a melhor alternativa é realizar a alocação por área ocupada pelos centros de custos.

Para a amortização dos investimentos em ativos imobilizados é preciso considerar o valor dos registros dos ativos.

Na depreciação deve ser utilizado o método que melhor considere as variações na contribuição dos ativos no decorrer da sua vida útil.

#### Etapa 7: Custo de produção

De acordo com Brimson (1996), a contabilidade por atividade tem fundamento no princípio de que as atividades consomem recursos, enquanto os produtos consomem atividades e materiais.

Uma vez identificadas as atividades relevantes, seus direcionadores de recursos e respectivos custos, a próxima etapa é custear os produtos. Para tanto, faz-se necessário o levantamento da qualidade e quantidade de ocorrência dos direcionadores de atividades por período e por produto.

Quando o custo de cada atividade necessária for determinado, o custo de produção poderá ser calculado, por exemplo, após a mão-de-obra ser definida pelo roteiro, o material é especificado pela lista de materiais, a tecnologia empregada é estabelecida. Os fatores de produção são facilmente identificados para cada atividade.

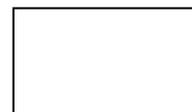
#### Etapa 8: Avaliação ambiental – demonstração dos custos ambientais

Para conhecer os reais impactos ambientais ou potenciais, nesta fase todas as intervenções ambientais listadas em cada operação de processamento são listadas detalhadamente de acordo com os objetivos estipulados inicialmente. Sua

finalidade é estabelecer uma ordem de priorização para tratar as operações e processos em função do impacto ambiental a ser gerado.

Na avaliação inicial é necessária uma descrição inicial dos rejeitos produzidos, pois estas informações serão úteis para a avaliação econômica a ser realizada posteriormente.

Esta avaliação realiza a classificação dos resíduos identificados na etapa do mapeamento, quanto ao seu estado físico, ao seu destino, ao meio ambiente que sofre o impacto diretamente e a sua origem no processo produtivo. As condições de operações também são analisadas.



## 4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

### 4.1 Aplicação da metodologia proposta

Neste capítulo será apresentada a aplicação da metodologia proposta. Os resultados obtidos em cada etapa da metodologia são descritos detalhadamente. Para uma melhor compreensão, inicialmente será feita uma breve descrição da empresa em que se deu tal aplicação e de seus principais produtos.

A USI Biorefinarias é uma empresa situada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, produzindo módulos de biorefinarias integradas, com a utilização de matérias-primas agrícolas estratégicas como sorgo sacarino, mandioca e batata-doce. A transformação do amido, presente em algumas matérias-primas, em açúcar será realizada com tecnologia de enzima a frio (“cool enzymes”) e o co-produto gerado será empregado para ração animal. A preocupação do diretor industrial da USI é ampliar a autonomia das comunidades rurais na busca e adaptação de inúmeros equipamentos, pensando na qualidade de vida de quem está distante das grandes cidades.

As miniusinas permitem produzir de 500 litros/dia a 5.000 litros/dia de etanol e chamaram a atenção da Embrapa Agroenergia para um projeto de sustentabilidade energética em 200 hectares.

A empresa Usinas Sociais Inteligentes (USI), é parceira da Embrapa neste projeto; aponta que as comunidades envolvidas poderão usar o álcool produzido em tratores agrícolas, assim como em fogões, chuveiros e até mesmo em geradores elétricos, todos adaptados para a utilização do etanol.

A empresa pretende o desenvolvimento de modelos onde a produção de etanol combustível esteja associada à produção de alimentos, ou seja um ciclo de aproveitamento total de todo material orgânico gerado.

Os grãos do sorgo servirão para produção de leite e de farinha para consumo humano, o caldo do sorgo, para a produção de etanol e o bagaço para ração animal. Com o sorgo, a produção projetada pela miniusina é de 2.500l/ha a 3.500l/ha. O

etanol obtido atende as normas da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para servir como combustível para carros e motos, mas esta não será sua única utilização.

Entre os equipamentos, o gerador a etanol tem se destacado, ao permitir o fornecimento de eletricidade com baixa emissão de poluentes a pequenos povoados. A produção de etanol por miniusinas está se difundindo como bioetanol social, porque sua proposta não se limita apenas em melhor eficiência energética e ecológica, mas considera também o aspecto social tanto quanto os demais. A preocupação em gerar postos de trabalho e possibilidades de renda está inserida no conceito de sua utilização.

Pelo convênio com a Embrapa, por exemplo, a própria colheita que se inicia no final de abril, será feita com colheitadeiras pequenas, encaixadas em tratores movidos a etanol, sem queimadas e sem eliminar postos de trabalho.

No Brasil, a USI foi procurada pelo governo do Estado do Rio Grande do Sul, que negocia a compra de 120 miniusinas para utilização por 3 mil famílias, gerando um total de 12 mil empregos, e está mantendo diálogo com o Ministério das Relações Exteriores para levar a tecnologia a países africanos.

#### 4.1.1 Fase – Pré-Análise

##### 4.1.1.1 Primeira etapa: Formação da equipe

A aplicação da abordagem desenvolvida iniciou com a formação do grupo de apoio na empresa. Por meio de uma reunião com o diretor da empresa e os responsáveis pelos setores da produção, três pessoas foram escolhidas para compor a equipe: o gerente diretor, o supervisor de produção e um encarregado de produção.

Como a empresa não possui um setor específico para tratar das questões ambientais, não há um responsável por esta área no grupo formado.

Em um segundo momento, a equipe respondeu ao questionário de pré-análise, apresentada no Anexo A deste trabalho.

##### 4.1.1.2 Segunda etapa: Questionário com panorama econômico-ambiental

Por meio do questionário constatou-se que o setor produtivo da empresa é classificado como químico ou petroquímico, e quanto ao porte a empresa é classificada como microempresa.

Dentro do contexto da produção, essa empresa opera com o processamento de matérias-primas e não possui algum tipo de certificação ambiental, nem sistema de gestão ambiental. Não existe nenhum tipo de treinamento aos funcionários no que se refere ao aspecto ambiental.

Em relação aos processos produtivos, a empresa possui somente uma unidade produtiva. Existem padrões de geração de resíduos, padrões de perdas nos processos produtivos e monitoramento adequado.

Todos os produtos utilizam as mesmas matérias-primas, insumos, e apresentam a mesma complexidade produtiva. As matérias-primas utilizadas no processo são a cana-de-açúcar e o sorgo sacarino. Não sofrem processo de tratamento antes de entrar no sistema produtivo e não necessitam de condições de armazenamento especial.

A água utilizada no processo não sofre qualquer tipo de tratamento.

A energia utilizada nos processos produtivos é de fonte hidrelétrica.

Os resíduos gerados durante o processo produtivo são, quando possível, adequadamente tratados e são os seguintes:

a) Gasosos:

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ): gerado pela combustão de óleo diesel, queima da lenha e processo de fermentação.

b) Líquidos:

- Vinhaça: gerada no processo de destilação.

- Óleo residual: óleo gerado quando da troca do óleo do motor e sistema hidráulico do trator. Óleo residual da lubrificação da moenda.

c) Sólidos:

- Cinza: resultados da queima da madeira utilizada como fonte de energia para geração de vapor.

- Leveduras: geradas no processo de fermentação.

- Biomassa residual: gerada no processo de moagem da matéria-prima.

A empresa não possui um sistema de custeio e não sabe quanto os custos ambientais representam dos custos de produção.

No setor produtivo que a empresa se insere não existem indicadores ambientais específicos e não há um gerenciamento das questões ambientais.

4.1.1.3 Terceira etapa: Determinar o ciclo de vida do principal produto – identificar e caracterizar

Para finalizar a fase de Pré-análise, procurou-se informações na literatura e por meio de pesquisas de campo, que permitisse determinar o ciclo de vida do principal produto da empresa, o etanol hidratado grau combustível.

De forma geral, as etapas do seu ciclo de vida podem ser resumidas em: extração da matéria-prima, produção, reciclagem, armazenagem, distribuição e utilização (Figura 4.1). Para o álcool combustível advindo da cana-de-açúcar, a extração da matéria-prima corresponde às atividades agrícolas do cultivo da cana-de-açúcar; a produção, a fase de transformação industrial, desde a entrada da cana na usina até a produção do álcool combustível, incluindo a geração de energia elétrica e o vapor; a reciclagem que é realizada por meio da fertirrigação da vinhaça; a armazenagem nos tanques de álcool; a distribuição, pelo transporte do álcool até os postos revendedores e a utilização, pela combustão do etanol usado como combustível em veículos automotores.



Figura 4.1- Ciclo de vida do etanol etílico hidratado combustível

Fonte: OMETTO (2005, p.44)

#### 4.1.2 Fase: Análise

##### 4.1.2.1 Objetivos e abrangência do estudo

A Mini-usina para produção de Bio-etanol USI 1000, avaliada neste trabalho, está instalada na Fazenda Santa Tereza, distrito de Palma, São Vicente do Sul. Esta foi projetada e construída pela Empresa USI- Usinas Sociais Inteligentes e possui capacidade de produção de 1.000 litros/dia de etanol hidratado combustível.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar o custo de cada etapa envolvida na produção de etanol, em pequena unidade de produção, utilizando sorgo sacarino

e cana-de-açúcar como matérias-primas, empregando a metodologia de Custeio Baseado em Atividades (ABC).

As informações obtidas da avaliação do processo foram utilizadas para determinar o custo de produção de etanol hidratado combustível bem como analisar o impacto econômico e ambiental que poderão ocorrer a partir dos diferentes destinos que se dá aos resíduos gerados no processo produtivo.

O levantamento dos custos abrangeu as etapas de colheita, transporte e processamento de cada matéria-prima; processo de fermentação dos caldos e destilação dos vinhos; processo de aproveitamento dos co-produtos e subprodutos gerados em diferentes etapas do processo. Neste trabalho não será abordada a etapa de implantação das lavouras, cujos custos de implantação foram obtidos de trabalhos anteriores.

A implantação da lavoura de sorgo sacarino na fazenda Santa Tereza, foi realizada no mês de novembro de 2009, tendo sido plantadas um total de 30 hectares. A cana-de-açúcar avaliada no processo foi adquirida de agricultor vizinho, distante 2 Km da fazenda Santa Tereza.

#### 4.1.2.2 Mapeamento do processo produtivo

Esta etapa consistiu do mapeamento do processo produtivo, identificando as operações de processamento e sua seqüência lógica. A figura 4.2 apresenta um esquema simplificado das etapas envolvidas no processo de produção de etanol que serão descritas com mais detalhes na seqüência do trabalho.

A Mini-usina para produção de Bio-etanol USI 1000 foi projetada para a produção de etanol com concentração, em volume, na faixa de 94°GL-96°GL e produção média de 42 litros/h em operação contínua, permitindo uma produção de até 1.000 litros/dia de etanol grau combustível, para operação do sistema de destilação 24 horas/dia. Esta unidade utiliza como matéria-prima a sacarose de cana-de-açúcar ou de sorgo sacarino. Esta também pode operar utilizando açúcar obtido a partir da sacarificação a frio de fontes de amido como, por exemplo, arroz, mandioca, milho, entre outros.

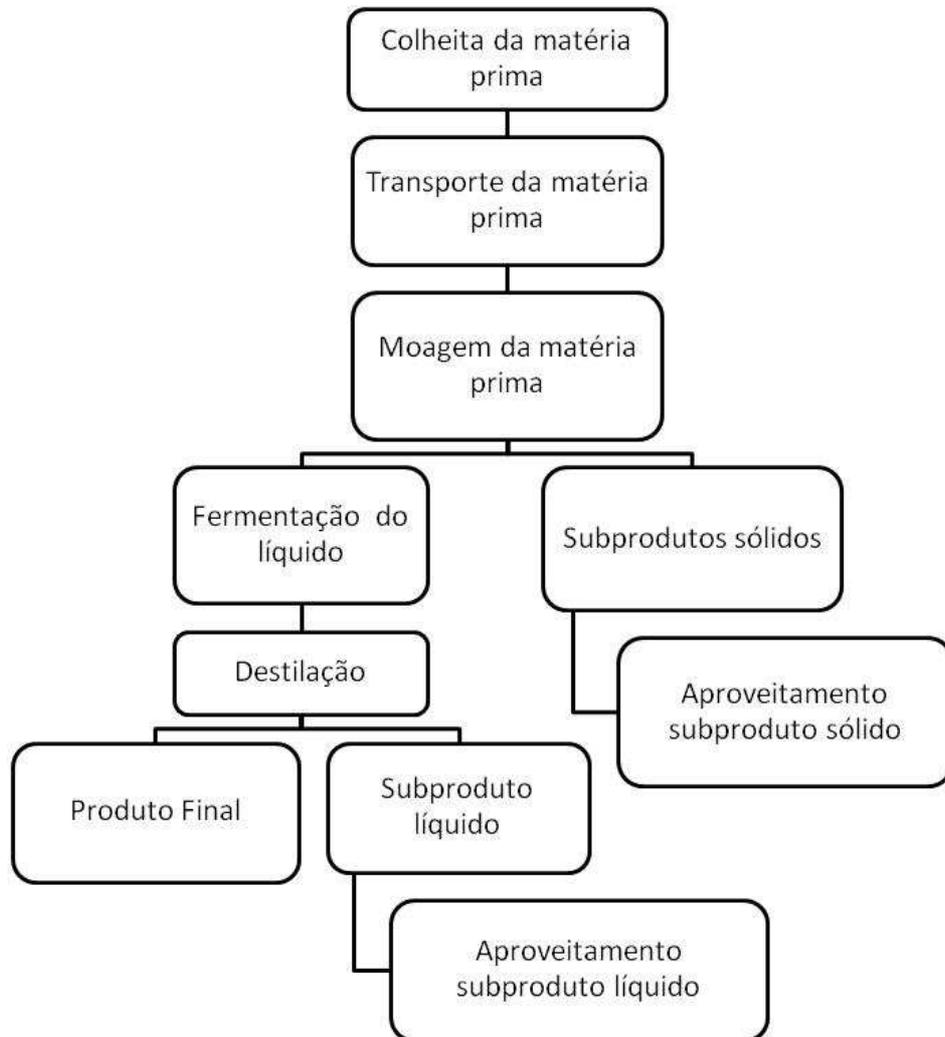


Figura 4.2- Diagrama de bloco com as etapas necessárias para produção de etanol a partir de qualquer matéria-prima.

Fonte: MAYER (2010)

#### 4.1.2.3 Etapas do processo onde os custos serão avaliados

Para aplicação da metodologia ABC a primeira etapa consiste na determinação das atividades do processo em que os custos serão avaliados. O quadro 4.1 apresenta as atividades do processo que serão consideradas na avaliação dos custos de produção do etanol empregando sorgo sacarino e cana-de-açúcar como matérias-primas.

Neste trabalho não será considerada as atividades envolvidas no plantio das matérias-primas, cujos custos de produção serão tomados como base trabalhos

anteriores e informações fornecidas pelos diretores da empresa USI – Usinas Sociais Inteligentes.

Processo	Atividade	Descrição
Produção de etanol	Corte	Corte da matéria-prima na lavoura.
	Transporte	Transporte da matéria-prima da lavoura até unidade de produção.
	Descarga	Retirada da matéria-prima da carreta ensiladeira para alimentar o sistema de moagem.
	Moagem	Moagem da matéria-prima para extração do caldo
	Completação e nutrição do mosto	Diluição do caldo de cana com água para deixar o mosto com teor de açúcar na ordem de 16% e adição de nutrientes para auxiliar a fermentação.
	Fermentação	Fermentação do açúcar presente no caldo de cana .
	Destilação	Processo de separação do etanol do mosto de fermentação.
	Recalque do etanol	Bombeamento do etanol até o tanque de armazenagem.
	Geração de vapor	Vapor gerado na caldeira empregando lenha como combustível.
	Ensilagem	Prensagem da massa verde para ensilagem.
	Selagem a vácuo	Fechamento com auxílio de seladora elétrica .
	Armazenagem da vinhaça	Vinhaça é encaminhada por gravidade até açude de estocagem.
	Aplicação da vinhaça	Vinhaça é disposta na lavoura por aspersão.

Quadro 4.1- Atividades envolvidas no processo de produção de etanol.

Na seqüência será descrita com detalhes o procedimento para realizar cada etapa do processo de produção de etanol empregando sorgo sacarino ou cana-de-açúcar como matéria-prima.

#### 4.1.2.3.1 Colheita da matéria-prima

A matéria-prima foi colhida como se encontra no campo, sem realizar nenhuma operação prévia, ou seja, a matéria verde ou biomassa foi colhida em sua totalidade. Assim, do sorgo sacarino foi colhido o colmo, folhas e as sementes e da

cana-de-açúcar foi colhida o colmo e folhas. A figura 4.3 ilustra a lavoura de sorgo sacarino.



Figura 4.3- Imagem da lavoura de sorgo sacarino na Fazenda Santa Terezinha.

Como o objetivo é o aproveitamento da matéria-prima em sua totalidade as lavouras não foram submetidas a queima antes da colheita, caso fosse realizada impossibilitaria a utilização da massa verde resultante para produção de silagem, além de contribuir com a geração de gás efeito estufa (dióxido de carbono).

A operação de colheita das diferentes matérias-primas foi realizada utilizando equipamento apropriado, que consiste em um conjunto de implementos que realiza a coleta, trituração e propulsão da matéria-prima para dentro da carreta transportadora, onde a matéria-prima triturada é acondicionada. O conjunto de implementos está acoplado a um trator, que tem a função de tracionar a carreta e fornece a força motriz necessária para movimentar os implementos. A figura 4.4 ilustra o conjunto de implementos e carreta ensiladeira acoplados ao trator utilizado na colheita.



Figura 4.4- Equipamentos empregados na colheita da matéria-prima.

Já a figura 4.5 ilustra o sistema em operação, onde a carreta ensiladeira recebe o produto já processado no sistema de colheita.



Figura 4.5- Vista da carreta recebendo a matéria-prima (sorgo sacarino) no processo de colheita.

A carreta ensiladeira utilizada possui as seguintes dimensões: 2,07mX3,9mX0,7m (Comprimento x Largura x Altura), resultando em um volume de 5,65m<sup>3</sup>. Devido à baixa densidade do material picado, a quantidade máxima acondicionada na carreta é relativamente baixa, ficando na ordem de 2.000 Kg de matéria-prima.

#### 4.1.2.3.2 Transporte da matéria-prima

Após a colheita, o trator desloca a carreta ensiladeira até o local onde a moenda esta instalada e aguarda o descarregamento e processamento da matéria-prima. A lavoura de sorgo sacarino está distante aproximadamente 01 km da Mini-Usina e a lavoura de cana-de-açúcar aproximadamente 02 km.

#### 4.1.2.3.3 Extração do caldo (moagem)

O sorgo sacarino ou cana-de-açúcar, previamente picados, são descarregado lentamente, com auxílio da esteira transportadora da carreta ensiladeira até rosca sem-fim de transporte, que, na seqüência alimenta uma correia transportadora que irá levar a matéria-prima até a moenda. Este sistema esta ilustrado na figura 4.6.



Figura 4.6- Sistema de descarga da matéria-prima pela carreta siladeira. Matéria-prima: sorgo sacarino.

Nas carretas ensiladeiras convencionais, como sai de fábrica, a força motriz para deslocamento da esteira e rosca sem-fim de transporte é fornecida pelo sistema de força do trator. Devido ao longo tempo de operação do sistema de descarregamento, e por consequência de funcionamento do trator, os gastos de combustível com esta operação seriam muito elevados. Em função disso, a empresa USI – Usinas Sociais Inteligentes optou pela instalação de um motor elétrico de 3CV e sistema de correias e polias para realizar o deslocamento da esteira e rosca sem-fim de transporte da carreta ensiladeira. A figura 4.7 ilustra o sistema acoplado para impulsionar o sistema de descarregamento da carreta.

Na seqüência, a matéria-prima descarregada da ensiladeira é deslocada, com auxílio de uma esteira transportadora, até a moenda onde será prensada para remoção de parte do caldo presente nos colmos. A moenda utilizada no processo possui um terno (três rolos) com capacidade de moagem de aproximadamente 2.000 kg/h. A figura 4.8 ilustra a moenda utilizada no processo.



Figura 4.7- Motor elétrico, correias e polias acopladas a carreta ensiladeira para impulsionar o sistema de descarregamento.



Figura 4.8- Moenda utilizada para remoção do caldo.

O processo de moagem gera duas correntes, uma líquida e outra sólida. A corrente líquida consiste no caldo contendo o açúcar que será submetido ao processo de fermentação e a corrente sólida contendo o bagaço, que será submetido a processo de ensilagem.

O caldo resultante do processo de moagem passa inicialmente por uma peneira, com a finalidade de remoção de partículas sólidas (bagacilho) que porventura venham junto com o caldo, e é acondicionado em um tanque de 500 litros. Deste tanque o caldo é recalcado, com auxílio de bomba centrífuga, para uma das dornas de fermentação existentes na parte superior da unidade industrial. A figura 4.9 mostra os detalhes deste sistema de separação e recalque de caldo.



Figura 4.9- Sistema de separação de bagacilho e recalque do caldo para as dornas de fermentação.

O sólido resultante, finamente moído, é encaminhado, com auxílio de correia transportadora até uma carreta onde aguarda a ensilagem. A figura 4.10 ilustra o material finamente moído que sai do processo de moagem e a figura 4.11 ilustra a esteira transportadora e o local de estocagem do material após a extração do caldo.



Figura 4.10- Matéria-prima finamente moída (sorgo sacarino) após o processo de remoção do caldo na moenda de três rolos.



Figura 4.11- Ilustração da esteira transportadora e carreta de armazenagem de material após extração do caldo.

#### 4.1.2.3.4 Fermentação

A fermentação do caldo é realizada no interior de 07 (sete) dornas com capacidade de 5.000 litros. Considerando um aproveitamento de 80% da capacidade das dornas, o que corresponde a 4.000 litros, o volume total disponível para

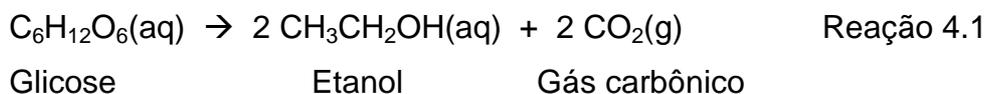
fermentação está na ordem de 28.000 litros. As dornas são fabricadas em resina poliéster reforçadas com fibra de vidro. A figura 4.12 ilustra as dornas de fermentação utilizadas no processo.



Figura 4.12- Ilustração das dornas de fermentação.

Todas as dornas estão interligadas entre si, por tubulação de PVC, que permite o transvase de uma dorna para a outra e a alimentação para a coluna de destilação.

O caldo vindo do separador de bagacilho alimenta a dorna de fermentação, que já contém o pé-de-cuba proveniente da fermentação anterior. A alimentação do fermentador ocorre com o auxílio de uma bomba centrífuga. Caso o teor de açúcares presentes no caldo seja superior a 16°Brix (16% de açúcar) este deve ser diluído até este valor para que o teor de etanol, formado pela ação das leveduras (reação 4.1), não atinja valores muito elevados e assim prejudique a ação das leveduras. Para se obter fermentações regulares, rápidas, homogêneas e de bom rendimento em álcool ao meio são adicionados nutrientes.



O processo fermentativo do caldo de cana-de-açúcar decorre até transformar todo o açúcar fermentescível contido no meio em álcool e gás carbônico, o que se

estende pelo período de até 24 horas. O teor alcoólico obtido no vinho depende da concentração de açúcares redutores totais presentes no caldo. Normalmente para cada 2 graus Brix (2 gramas de açúcar dissolvido) se obtém 1°GL (1% de álcool em volume na solução).

No término da fermentação o vinho é deixado decantar para separar as leveduras que vão para o fundo da dorna. A retirada do vinho da dorna é realizada aproximadamente 30 cm do fundo, de forma que a alimentação tenha pouca levedura, e assim não contamine a coluna de destilação. O vinho que fica no fundo da dorna, rico em leveduras, servirá de pé-de-cuba para a próxima fermentação.

#### 4.1.2.3.5 Destilação

A destilação é o processo onde o álcool presente no vinho será separado da água visando a obtenção de álcool hidratado. O processo realizado em uma pequena usina é semelhante ao realizado nas grandes destilarias.

O Sistema de destilação, fabricado em aço inoxidável 304, está representado na figura 4.13.

Este consiste de uma primeira coluna, denominada de coluna A, que tem a função de retirar grande parte do álcool presente na água e é denominada de coluna de esgotamento. Nesta coluna o produto que sai na parte superior está enriquecida em álcool e o produto que sai no fundo esta empobrecida em álcool, e é denominado de vinhoto ou vinhaça. A segunda coluna, denominada de coluna B, tem a função de realizar o esgotamento e retificação do álcool que vem da coluna A, para que sua concentração atinja os valores especificados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), ou seja, teor mínimo de 95,1% de etanol em volume (RESOLUÇÃO ANP Nº 23, DE 6.7.2010 - DOU 7.7.2010). O produto de fundo, que contém água mistura-se com a corrente de vinhaça e é encaminhado por gravidade, através de tubulação de polietileno, até as lagoas de estabilização. O etanol que sai pelo topo da coluna, com uma vazão na faixa de 40-42 litros/hora, é encaminhado por auxílio de bomba centrífuga para o tanque de armazenamento de etanol, confeccionado em polipropileno, com capacidade de armazenar 10.000 litros, ou seja, 10 dias de produção.

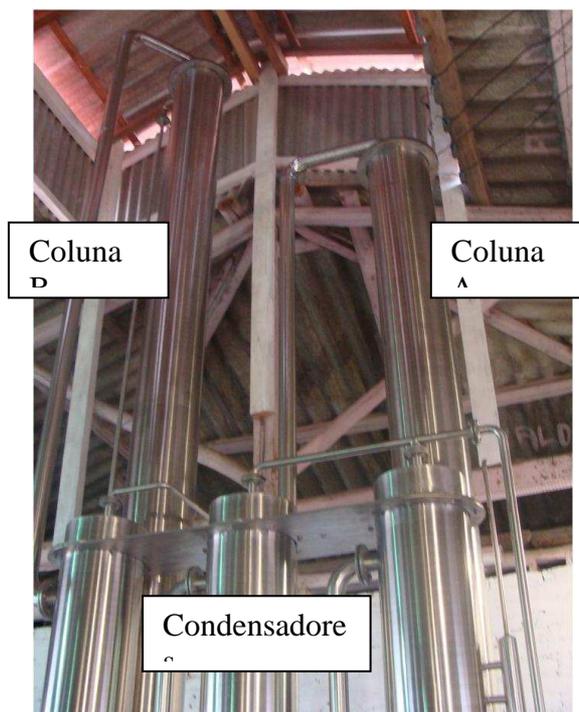


Figura 4.13- Ilustração das colunas de destilação.

Para controle do processo nas colunas de destilação são acoplados termopares que tem como função a indicação da temperatura na base e no topo da coluna, permitindo assim o controle do sistema de destilação e produção de etanol dentro das especificações da ANP. O sistema também possui registros, visores e três condensadores, necessários ao controle do sistema.

Para resfriamento das correntes que passam nos condensadores utiliza-se água. Para evitar a utilização de água corrente ao sistema foi adaptado uma torre de resfriamento, que opera por sistema de fluxo cruzado de ar, que tem por finalidade resfriar a água de processo de forma que esta possa ser reutilizada, evitando assim o consumo excessivo deste insumo. A ligação da torre de resfriamento aos condensadores é realizada por tubulação de aço inoxidável.

A energia necessária para realizar o aquecimento do vinho é realizada pela injeção direta de vapor, fornecido pela caldeira. Este vapor deve possuir uma pressão de no mínimo  $4 \text{ kgf/cm}^2$ .

#### 4.1.2.3.6 Armazenagem da vinhaça

A vinhaça por possuir elevada carga de nutrientes e matéria orgânica apresenta grande potencial poluidor, e se disposta de forma inadequada pode levar a poluição ambiental, como eutrofização de lagos, córregos e rios, levando a morte das espécies aquáticas presentes nestes meios.

A vinhaça gerada no processo de destilação é encaminhada por gravidade, através de tubulação de polietileno, até um tanque com capacidade de 30.000 litros onde aguarda a disposição na lavoura.

Para atender a legislação ambiental está prevista a construção de um açude com as seguintes características:

- Capacidade 235.000 litros
- Dimensões superiores: 15 m x 10 m
- Dimensões inferiores: 10 m x 5 m
- Profundidade: 2,5 metros.
- Cobertura: geomembrama de PEAD com 1,00 mm de espessura.

Considerando a geração de 12 litros de vinhaça para cada litro de etanol, a unidade produz na ordem de 12.000 litros dia deste resíduo. Assim, o açude conseguirá armazenar a vinhaça produzida em aproximadamente 20 dias de operação da unidade industrial.

Como o tanque utilizado atualmente é provisório, na determinação dos custos de processo se levará em consideração a construção do açude com as características elencadas acima.

#### 4.1.2.3.7 Geração de vapor

O vapor necessário para fornecer energia ao sistema de destilação é fornecido por caldeira mista fogo tubular tipo vertical, com capacidade de produção de vapor de 150 kg/h, pressão de trabalho de 4,0 kgf/cm<sup>2</sup>, utilizando lenha como combustível e tiragem natural. A figura 4.14 apresenta uma ilustração desta caldeira.



Figura 4.14- Ilustração a caldeira fogo tubular utilizada para geração de vapor.

#### 4.1.2.3.8 Ensilagem da massa verde

A utilização de moenda de um terno para remoção do caldo faz com que o rendimento de extração seja relativamente baixo, na ordem de 70%, fazendo com que a biomassa residual do processo de extração contenha elevados teores de açúcar, permitindo a utilização desta biomassa para alimentação animal, seja “in natura” ou maturada pelo processo de compostagem.

No processo em análise os sólidos resultantes do processo de moagem são encaminhados por correia transportadora até um reboque, onde os sólidos serão embalados, com a finalidade de compostagem ou encaminhados para alimentação animal “in natura”.

A embalagem do material para compostagem foi realizada em equipamento apropriado para este fim, representado na figura 4.15.



Figura 4.15- Ilustração do sistema de ensilagem da massa verde. Equipamento fabricado pela empresa Sinuelo Genética e Tecnologia Agropecuária, modelo Silo-Pack.

Fonte: Portal do Agronegócio, 2011.

Este equipamento possui um tambor, onde sacos de polipropileno com volume de 200 litros e gramatura de 150 micras são acoplados e possuem a finalidade de armazenar e evitar que o material entre em contato com o oxigênio atmosférico, de forma que a compostagem ocorra de forma anaeróbia. A alimentação do material ao tambor ocorre por intermédio de correia transportadora que é alimentada por um operário com auxílio de uma pá.

Após preenchimento do saco com o material prensado o sistema se abre e o saco é liberado para que possa ser selado com equipamento apropriado. Nesta operação o saco é preenchido em aproximadamente 80% de sua capacidade, resultando na armazenagem de aproximadamente 85-90 Kg. A figura 4.16 apresenta uma ilustração do saco preenchido com o material prensado.



Figura 4.16- Ilustração do material ensacado.

#### 4.1.2.3.9 Aplicação da vinhaça

A vinhaça é o resíduo líquido proveniente da destilação de uma solução alcoólica chamada vinho, obtida do processo de fermentação para a obtenção do álcool. O vinho é o produto da fermentação alcoólica do caldo de cana-de-açúcar ou do caldo do sorgo sacarino. Para cada litro de álcool produzido são gerados entre 10 e 15 litros de vinhaça (ELIA NETO, A & NAKAHODO, 1995).

A preocupação quanto aos impactos do uso da vinhaça no ambiente e a contínua mortandade de peixes como consequência da disposição da vinhaça nos rios, gerou o Decreto-Lei nº 303, de 28 de fevereiro de 1967, que proibiu definitivamente a disposição da vinhaça nos rios, lagos e cursos de água.

Por ser rica em nutrientes a vinhaça ganhou espaço para aplicação como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar. Por ser o Brasil o maior produtor de etanol a partir da cana, e por consequência grande gerador de vinhaça, a tecnologia de uso agrícola deste resíduo foi praticamente desenvolvida no Brasil.

A vinhaça é um material de origem orgânico, sem a presença de metais ou outros contaminantes que impeçam seu uso agrícola. Nesse sentido, é perfeitamente aceita pela agricultura orgânica, e não existem restrições ao seu uso como fonte de nutrientes pelas certificadoras. A vinhaça representa uma fonte de

Potássio (K) importante a ser considerada na atividade da agricultura orgânica. Para a produção do açúcar orgânico, a vinhaça pode suprir todo o Nitrogênio (N) e todo o Potássio (K) necessários pela cana.

Nesta direção a vinhaça gerada nas pequenas unidades de produção pode ser utilizada como fonte de nutriente para a cana-de-açúcar, sorgo sacarino como fonte de N e K. Entretanto, este resíduo também pode ser utilizado como fonte de nutrientes para culturas orgânicas que possuem maior valor agregado.

A composição química da vinhaça é bastante variável e depende, por exemplo, da origem da matéria-prima utilizada no processo, índice de maturação, tipo de solo utilizado no cultivo, entre outros. A concentração dos nutrientes e matéria orgânica também depende das condições de processamento, como o aquecimento direto ou indireto do vinho no momento da destilação.

O quadro 4.2 apresenta características Físico-químicas da análise de 64 amostras coletadas em 28 usinas do Estado de São Paulo. São apresentados dados máximos, médios e mínimos observados para a composição química da vinhaça e também algumas características físicas encontradas no levantamento realizado em usinas do Estado de São Paulo, por Elia Neto e Nakahondo, 1995.

Características da vinhaça	Unidade	Mínimos	Média	Máximos	Padrão
pH		3,500	4,15	4,9	gramas/ litro
Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO5)	Kg/m <sup>3</sup>	6,680	16,45	73,33	175,13
Demanda Química de oxigênio (DQO5)	Kg/m <sup>3</sup>	9,200	28,45	97,4	297,6
Nitrogênio, N	Kg/m <sup>3</sup>	0,090	0,357	0,885	3,84
Fósforo (P2O5)	Kg/m <sup>3</sup>	0,018	0,06	0,188	0,65
Potássio total , K2O	Kg/m <sup>3</sup>	0,814	2,035	3,852	21,21
Cálcio (CaO)	Kg/m <sup>3</sup>	0,071	0,52	1,1	5,38
Levedura base seca	Kg/m <sup>3</sup>	0,114	0,403	1,5	44,1
Magnésio (MgO)	Kg/m <sup>3</sup>	0,097	0,226	0,456	2,39
Sulfato, SO4	Kg/m <sup>3</sup>	0,790	1,54	2,8	16,17
Manganês, MnO	g/m <sup>3</sup>	1,000	4,82	12	0,05
Ferro, Fe2O3	g/m <sup>3</sup>	2,000	25,17	2000	0,27
Cobre, CuO	g/m <sup>3</sup>	0,500	1,2	3	0,01
Zinco, ZnO	g/m <sup>3</sup>	0,700	1,7	4,6	0,02

Quadro 4.2- Físico-química da vinhaça (média de 64 amostras de 28 usinas do Estado de São Paulo).

Fonte: Elia Neto e Nakahondo, 1995.

A utilização contínua da vinhaça nos mesmos solos, mesmo que em dosagens baixas, ano após ano, pode gerar a saturação de cátions, principalmente de potássio na Capacidade de Troca Catiônica (CTC) dos solos, ocasionando problemas de lixiviação de seus constituintes para águas subterrâneas.

No Estado de São Paulo, a Normativa P 4.231 (CETESB 2006), regulamenta o uso da vinhaça. Existem prazos para a impermeabilização de canais e de reservatórios. No solo a vinhaça poderá ser aplicada em dosagens maiores apenas se a saturação de K na Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo estiver abaixo de 5%. Se este valor já tiver sido atingido, a normativa permite apenas o uso da dose de K que será utilizada pela cana no ano em questão, ou seja, dose de vinhaça equivalente a  $185 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Com a normativa em vigor para o uso da vinhaça, muitas áreas sofrerão restrições, sendo que o setor já se prepara para transportar a vinhaça a distâncias maiores. Uma das soluções em estudo trata da concentração da vinhaça.

A quantidade de vinhaça a ser aplicada no solo é normalmente definida através da análise do solo para K e do teor desse nutriente contido na vinhaça, da mesma forma que um fertilizante químico. Deve-se aplicar quantidades relativas à necessidade da cana no ano de cultivo, descontando o que o solo pode fornecer. Em geral a dose varia entre 120 e 180  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , o que significa doses de vinhaça entre 50 e 300  $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ .

A figura 4.17 apresenta um esquema das formas de aplicação da vinhaça com a finalidade de dispor os nutrientes nela contidos em diferentes culturas. No Painel 2, do Workshop Tecnológico sobre Vinhaça (Jaboticabal 2007), denominado Métodos de Utilização e Aplicação de Vinhaça foram apresentadas as diferentes tecnologias empregadas para disposição de vinhaça de cana-de-açúcar (SOUZA, 2007).

A primeira solução encontrada, para “ficar livre” da vinhaça, foi aplicá-la nas chamadas “áreas de sacrifício”. A vinhaça era levada até o local de aplicação por uma adutora, com a água de lavagem ou não, e distribuída através de sulcos com declividade variando de 0,2 a 0,5%, para a vinhaça se movimentar e ao mesmo tempo ir se infiltrando; dependendo da disponibilidade desta área de sacrifício, quando essa chegava ao fim, poderia retornar a aplicação, partindo do ponto inicial. Pode-se auferir, que com o passar do tempo, esse sistema foi eliminado, quer seja

pelos efeitos negativos sobre o solo, quer pelos riscos de poluição, quer por não utilizar economicamente o produto como fertilizante. Neste sistema chegava-se a aplicar até 1.000 m<sup>3</sup> de vinhaça por hectare.

Com o conhecimento mais apurado da composição química levou à recomendação de se aplicar doses bem mais baixas que as recomendadas, que chegava a 1.000 m<sup>3</sup>/ha, para até 35 m<sup>3</sup>/ha. A questão era como aplicar essa menor dose de vinhaça. A solução encontrada foi a aplicação através de caminhões-tanque. O sistema de aplicação por caminhões-tanque passou a ser o mais difundido, pelo curto tempo exigido para a sua implantação, bastando adquirir a frota e colocá-la em operação.

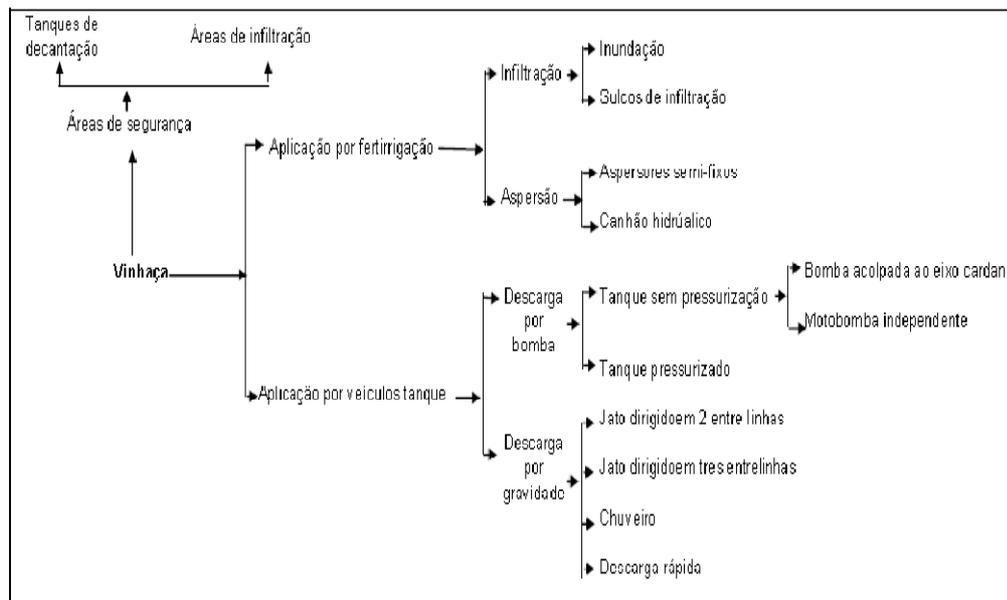


Figura 4.17 – Representação esquemática dos diversos sistemas de aplicação da vinhaça “in natura” na cultura da cana-de-açúcar.

Fonte: Silva, V.L., (2009).

Na tentativa de diminuir custos e melhorar a eficiência de aplicação, começou a ser testada, a aplicação por aspersão, inicialmente com aspersores semifixos, onde a vinhaça era bombeada dos canais principais por moto-bomba, que alimentavam tubulações laterais, onde eram acoplados os aspersores. De aspersores semifixos, o sistema evoluiu para aspersão com canhão hidráulico. De qualquer modo a aspersão foi implantada graças a testes realizados por várias usinas, onde se comprovou a eficiência da aplicação a custo mais baixo que a

aplicação por caminhão. Dentre as limitações do caminhão-tanque, destacava-se a compactação do solo, dificuldade de aplicação em dias de chuva, e a aplicação em grandes distâncias.

Portanto, a aplicação por aspersão e canhão hidráulico passou a ser o sistema mais eficiente e o mais econômico e, conseqüentemente o mais difundido para ser implantado. Na busca da eficiência de aplicação e diminuição do custo da mão-de-obra, as usinas passaram a testar o sistema auto-propelido com carretel enrolador, com objetivo de substituir a extensão de montagem direta de aspersão. Testes realizados demonstraram que o sistema era mais econômico que se pagava seus custos em uma safra, pela economia da mão-de-obra em transporte e manuseio das extensões, que o sistema de montagem direta. Entretanto, a comparação entre os sistemas, evidenciava um consumo maior de combustível, pela maior potência da moto-bomba.

A análise da participação de cada sistema de aplicação de vinhaça no Estado de São Paulo, realizada por Souza (2007) demonstrou que o caminhão-tanque convencional ainda participa com 6%; os sistemas de aspersão com 94%, sendo 10% ainda o canhão, em montagem direta, 53% com canal mais auto-propelido (rolão), e 31% com caminhão mais auto-propelido (rolão).

Por se tratar de um projeto piloto com baixo índice de utilização, a quantidade atual de vinhaça que está sendo gerada no processo de produção é relativamente baixa. Entretanto, quando da operação contínua da unidade industrial as quantidades de vinhaça a serem produzidas irão aumentar consideravelmente sendo necessário o estudo de técnicas que permitam a utilização da vinhaça gerada como fonte de nutrientes para diferentes tipos de cultura.

Com base nas informações apresentadas propomos a utilização da vinhaça gerada como fonte de nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar ou sorgo sacarino. Segundo Souza (2007) a aplicação por vinhaça por aspersão utilizando sistema auto-propelido com carretel enrolador é o método mais econômico devido sua eficiência e baixo custo de mão-de-obra. Assim, será apresentado os custos envolvidos na aplicação da vinhaça utilizando esta tecnologia.

A figura 4.18 ilustra um carretel enrolador realizando a aplicação de vinhaça. Para realizar a aplicação no carretel a vinhaça deve ser inicialmente bombeada com auxílio de motobomba, impulsionada por motor elétrico, motor a combustão ou

hidráulico de trator. A figura 4.19 ilustra a utilização deste sistema na irrigação de lavouras (TESTEZLAF).



Figura 4.18. Ilustração do carretel enrolador em operação.

Fonte: <http://webensino.unicamp.br/disciplinas/FA876-055506/apoio/12/aspersao.pdf>

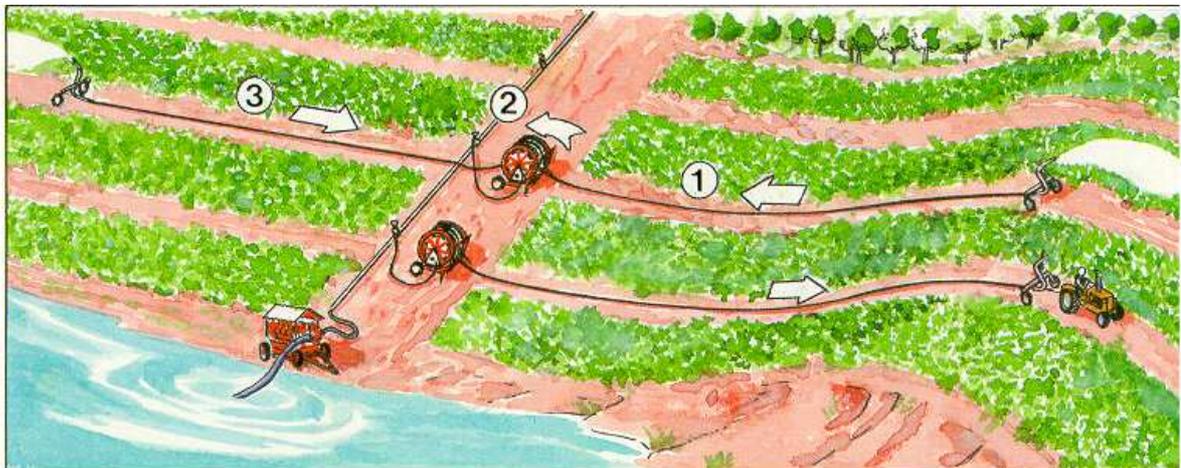


Figura 4.19 Esquema de um sistema de irrigação empregando carretel enrolador.

Fonte: Souza, 2007.

#### 4.1.2.4 Balanço de massa

A realização do balanço de massa ou fluxo de materiais ao longo do processo é uma etapa importante para determinar qual a quantidade do produto principal, produtos secundários e resíduos que são obtidos a partir do processamento de determinada quantidade de matéria-prima.

Esta etapa da análise foi realizada com a finalidade de determinar qual a quantidade em massa de etanol, biomassa para silagem e vinhaça produzidas no processamento de uma (01) tonelada de matéria-prima. Esta informação é fundamental para calcular custos e receitas que poderão ser obtidas diariamente no processo de produção em análise.

##### 4.1.2.4.1 Análise das matérias-primas

A análise da matéria-prima foi realizada no laboratório de Processos do Curso de Engenharia Química da UFSM. Os ensaios foram realizados com a finalidade de determinar as quantidades percentuais de colmo, folhas e sementes no sorgo sacarino e de colmos e folhas na cana-de-açúcar. No quadro 4.3 são apresentados os resultados dos ensaios realizados.

Matéria-prima	% colmos	% folhas	% grãos
Sorgo sacarino	71	25	4
Cana-de-açúcar	76	24	-

Quadro 4.3- Resultados da análise do sorgo e cana-de-açúcar.

As matérias-primas também foram caracterizadas quanto ao teor de fibra, teor de caldo e grau Brix do caldo. Os resultados são apresentados no quadro 4.4.

Matéria-prima	% fibra nos colmos	% massa seca nas folhas	% caldo nos colmos	Grau Brix no caldo (%)
Sorgo sacarino	15	20	85	17,5
Cana-de-açúcar	14	21	86	19,0

Quadro 4.4- Resultados da caracterização das matérias-primas quanto aos teores de fibra, caldo e açúcares.

#### 4.1.2.4.2 Determinação da eficiência da moenda

Foram realizados ensaios para determinar a eficiência da moenda na extração de caldo. O procedimento adotado foi o seguinte:

- pesou-se 100 kg de matéria-prima, previamente picada;
- procedeu-se a moagem da matéria-prima;
- determinou-se a massa de caldo e de biomassa residual.

O resultado médio de três ensaios está apresentado no quadro 4.5.

A eficiência da moenda foi determinada pela equação 4.1.

$$Eficiênciada\ moenda(\%) = \frac{kg\ de\ caldo\ extraído}{\frac{kg\ colmos}{1000kg\ de\ biomassa} * \% \ de\ caldo\ no\ colmo} * 100 \quad \text{Equação 4.1}$$

Matéria-prima	Kg de matéria-prima	Kg de caldo extraído	Kg de biomassa residual	% caldo extraído	% Biomassa residual	Eficiência da moenda, %
Sorgo Sacarino	100	42	58	42	58	69,6
Cana-de-açúcar	100	44	56	44	56	67,3

Quadro 4.5- Resultados da análise da eficiência de extração de caldo pela moenda.

A quantidade de caldo obtido da moagem de sorgo sacarino e cana-de-açúcar ficaram na ordem de 42 Kg e 44Kg, respectivamente, o que representa uma extração de 42% e 44%. Se considerar somente os colmos as extrações de caldo

ficaram em 69,6% e 67,3%. Quando da utilização de moedor de um terno, a eficiência obtida neste trabalho ficou na faixa relatada pelos fabricantes deste tipo de equipamento.

Devido ao baixo rendimento de extração da moenda o bagaço resultante ainda possui aproximadamente 30% do açúcar inicialmente presente na planta, fazendo com que possua grande potencial para alimentação animal, seja de forma natural ou após compostagem. Assim, a aplicação deste material como fonte de combustível para a caldeira não é a opção mais aconselhada.

Maiores rendimentos de extração somente poderiam ser obtidos com a utilização de moenda com dois ou três ternos que propiciariam rendimentos de extração na ordem de 85% e 95%. Entretanto, a utilização deste tipo de equipamento em pequenas unidades de produção não se justifica devido ao elevado investimento para aquisição destes modelos de moendas.

#### 4.1.2.4.3 Balanço de massa para processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar

Com base nas informações obtidas no balanço de massa das matérias-primas (quadro 4.3 a 4.5) foi realizado o balanço de massa do processo, para ambas matérias-primas, tomando como base de cálculo 1.000Kg de matéria-prima. Para realizar o balanço de massa foi considerado que a eficiência do processo de fermentação e destilação é de 88% e 95%, respectivamente. Estes valores são os mesmos determinados experimentalmente em trabalho anterior realizado nas unidades industriais da Cooperbio, instaladas em Frederico Westphalen (MAYER, 2010).

Para determinar a quantidade final de massa de ensilagem maturada foi considerada uma perda de 10% da massa alimentada (MIRANDA, 2006). Os resultados obtidos para sorgo sacarino e cana-de-açúcar são apresentados nas figuras 4.20 e 4.21, respectivamente.

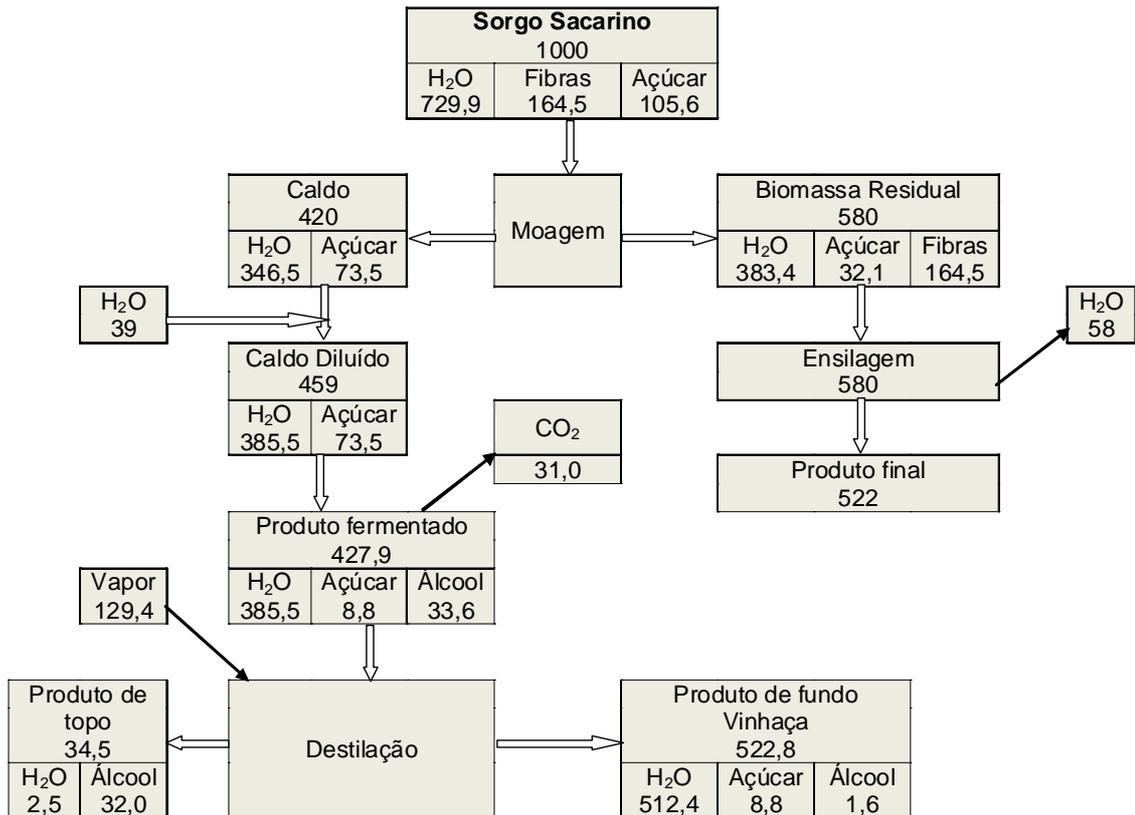


Figura 4.20- Dados do balanço de massa para sorgo sacarino. Valores expressos em kilogramas.

Assim, do processamento de 1.000 Kg de sorgo sacarino podem ser obtidos 34,5 kg de álcool combustível com 92,6 % de etanol em massa. Considerando a densidade do etanol como sendo de 0,8 kg/litro o volume de etanol corresponde a 43,1 litros (volume etanol =  $34,5\text{Kg}/0,8\text{ Kg/litro} = 43,1$  litros). A quantidade de ensilagem gerada é de 522 Kg e a quantidade de vinhaça de 522,8 litros.

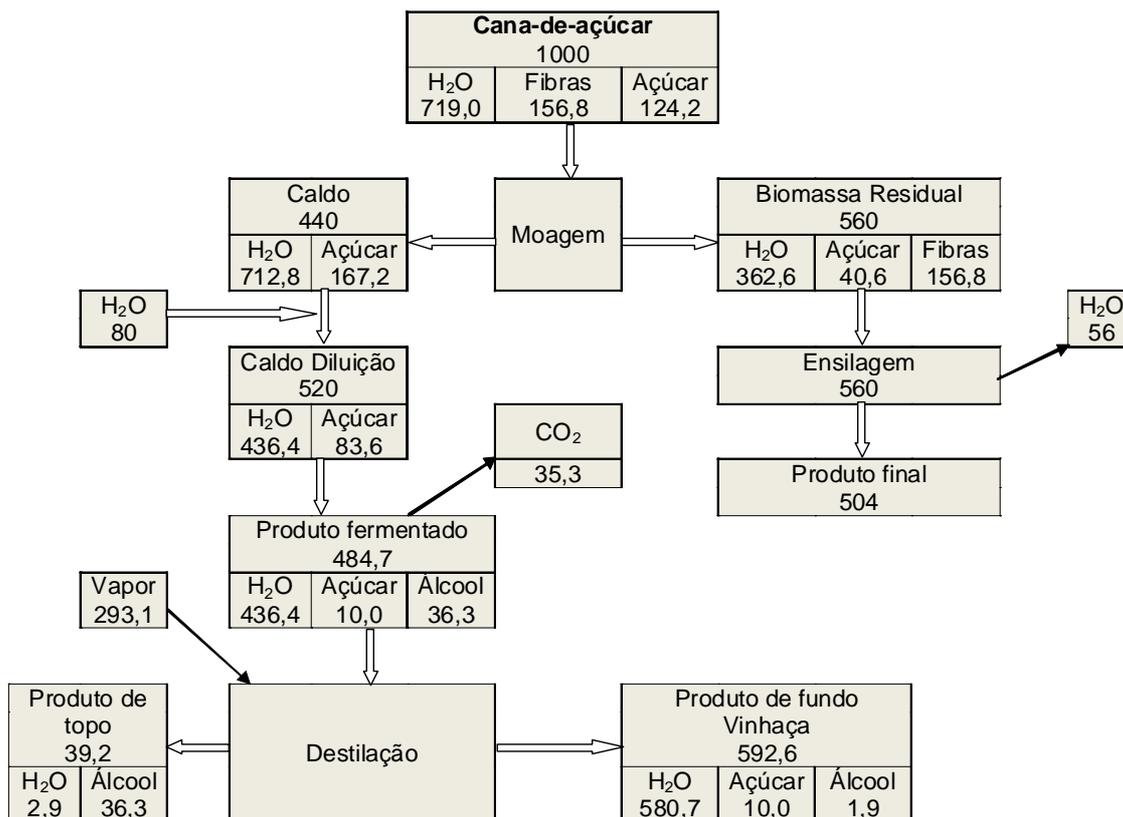


Figura 4.21- Dados do balanço de massa para cana-de-açúcar. Valores expressos em kilogramas.

Do processamento de 1.000 Kg de cana-de-açúcar podem ser obtidos 39,2 kg de álcool combustível com 92,6% de etanol em massa. Considerando a densidade do etanol como sendo de 0,8 kg/litro o volume de etanol corresponde a 49,1 litros (volume etanol =  $39,2\text{Kg}/0,8\text{ Kg/litro} = 49,1$  litros). A quantidade de ensilagem gerada é de 504 Kg de vinhaça de 592,6 litros.

Com base nas informações apresentadas nas figuras 4.20 e 4.21 foi montada o quadro 4.6, que apresenta um resumo com os principais produtos e subprodutos formados do processamento de diferentes quantidades de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.

Para atingir a produção diária de aproximadamente 1.000 litros de etanol hidratado é necessário o processamento de 24.000 kg de matéria-prima. Cada operação de corte rende aproximadamente 2.000 kg de matéria-prima. Assim, torna-se necessária realizar a operação de corte 12 vezes ao dia para atingir a colheita de 24.000 kg.

Massa de matéria-prima processada	Quantidade de produto ou resíduos gerados		
	Litros de etanol	Litros de vinhaça	Kg de silagem
1.000 Kg de sorgo sacarino	43,1	522,8	522
1.000 Kg de cana-de-açúcar	49,1	592,6	504
2.000 Kg de sorgo sacarino	86,2	1.045,6	1.044
2.000 Kg de cana-de-açúcar	98,2	1.185,2	1.008
24.000 Kg de sorgo sacarino	1.034,4	12.547,2	12.528
24.000 Kg de cana-de-açúcar	1.178,4	14.222,4	12.096

Quadro 4.6- Resumo das quantidades de etanol, vinhaça e silagem obtida no processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.

#### 4.1.2.4.4 Sistema de aplicação da vinhaça

Como apresentado anteriormente (item 4.1.2.2.9), a aplicação da vinhaça por aspersão, utilizando sistema auto-propelido com carretel enrolador é o método mais econômico devido sua eficiência e baixo custo de mão-de-obra. O sistema será dimensionado com base na quantidade de vinhaça produzida anualmente e no volume total a ser aplicado por hectare.

Com base nos dados do balanço de massa e da produção esperada para a unidade industrial foi calculada a quantidade de vinhaça produzida do processamento do sorgo sacarino e da cana-de-açúcar. Para tal foi considerado que a unidade opera 4,5 meses utilizando sorgo sacarino e 6,5 meses utilizando cana-de-açúcar como matéria-prima.

O volume de vinhaça a ser aplicado por hectare de cultura de cana-de-açúcar foi calculado com base na equação 4.2. Considerando a aplicação de  $185 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por ano<sup>1</sup> e que a vinhaça possui  $2 \text{ kg } \text{K}_2\text{O}$  por metro cúbico, a quantidade de vinhaça a ser aplicada fica na ordem de  $92,5 \text{ m}^3$  por hectare.

$$\text{Volume}_{\text{vinhaça}} / \text{hectare} = \frac{\text{kg}_{\text{K}_2\text{O}}_{\text{aplicado}} / \text{hectare}}{\text{kg}_{\text{K}_2\text{O}}_{\text{na}_{\text{vinhaça}}}} = \frac{185 \text{ kg} / \text{ha}}{2 \text{ kg} / \text{m}^3} = 92,5 \text{ m}^3 / \text{ha} \quad \text{Eq. 4.2}$$

<sup>1</sup> Quantidade de  $\text{K}_2\text{O}$  absorvida pela cultura da cana-de-açúcar por ano.

Para cada litro de etanol produzido a partir do sorgo sacarino são gerados 12,13 litros de vinhaça e 12,07 litros da produção a partir da cana-de-açúcar, (quadro 4.6). Os valores diários, mensais e por safra da produção de etanol e vinhaça e consumo de matéria-prima são apresentados no quadro 4.7. Assim, quando da utilização de sorgo sacarino como matéria-prima são produzidos 1.693,87 m<sup>3</sup> de vinhaça por safra e quando da utilização de cana-de-açúcar são produzidos 2.773,37 m<sup>3</sup> de vinhaça (quadro 4.7), totalizando um volume de 4.467,24 m<sup>3</sup> por ano.

A quantidade de hectares que podem ser irrigadas com a vinhaça produzida a partir do processamento do sorgo sacarino e da cana-de-açúcar foi determinada através da equação 4.3 e 4.4, respectivamente. Assim, a vinhaça produzida no processamento do sorgo sacarino e cana-de-açúcar possuem a capacidade de irrigar aproximadamente 18,31 ha e 29,98 ha, respectivamente, totalizando a cobertura de 48,29 ha.

Matéria-prima		Quantidade			Área irrigada,ha
		Dia	Mês	Safra	
Sorgo sacarino <sup>a</sup>	Matéria-Prima, ton	24	720	3.240	
	Etanol, litros	1.034,4	31.032	139.644	
	Vinhaça, litros	12.547,2	376.416	1.693.872	18
Cana-de-açúcar <sup>b</sup>	Matéria-Prima, ton	24	720	4.680	
	Etanol	1.178,4	35.352	229.788	
	Vinhaça	14.222,4	426.672	2.773.368	30
	Etanol total, litros	-	-	369.432	
	Vinhaça total, litros	-	-	4.467.240	
	Área Irrigada, ha			48	

Quadro 4.7- Volume de etanol e vinhaça produzidos a partir do processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.

a – período de processamento do sorgo sacarino = 4,5 meses;

b – período de processamento da cana-de-açúcar = 6,5 meses.

$\text{Área}_{\text{ irrigada}_{\text{ vinhaça}_{\text{ sorgo}}} = \frac{\text{Volume}_{\text{ vinhaça}_{\text{ safra}}(\text{m}^3)}{\text{Volume}_{\text{ vinhaça}} / \text{hectare}} = \frac{1.693,87\text{m}^3}{92,5\text{m}^3 / \text{ha}} = 18,31\text{ha}$	Eq. 4.3
--	---------

$\text{Área}_{\text{ irrigada}_{\text{ vinhaça}_{\text{ cana}}} = \frac{\text{Volume}_{\text{ vinhaça}_{\text{ safra}}(\text{m}^3)}{\text{Volume}_{\text{ vinhaça}} / \text{hectare}} = \frac{2.773,37\text{m}^3}{92,5\text{m}^3 / \text{ha}} = 29,98\text{ha}$	Eq. 4.4
---	---------

Como o volume de vinhaça a ser aplicada e a área a ser atendida são relativamente pequenas, optou-se pela utilização de um sistema auto-propelido com carretel enrolador com capacidade de aplicação de aproximadamente 30,6 m<sup>3</sup>/hora, considerado um equipamento de pequeno porte, com mangueira de 300 metros e alcance de aplicação de 54 metros (espaçamento entre faixas). O princípio de funcionamento do sistema é descrito a seguir.

O operador desloca o sistema de rolos até o local de aspersão com auxílio de trator; na seqüência, com auxílio do trator, o operador desenrola a mangueira; aciona a bomba de recalque e o processo de distribuição da vinhaça por aspersão começa. O recolhimento da mangueira é realizado com auxílio de uma turbina hidráulica instalada no sistema de rolos. Este sistema permite o controle da velocidade de recolhimento de forma a realizar a aplicação do volume de vinhaça por hectare previamente definido. Foi considerado que a bomba de recalque possui acoplado motor elétrico com capacidade de 7,5 CV.

Com base na quantidade de vinhaça gerada anualmente e nas características do equipamento de aspersão foi determinado o número de dias que o sistema deve operar anualmente para realizar a distribuição da vinhaça. Foi considerado que, nos dias de operação do sistema, o operador irá dedicar 8 horas diárias das quais 1,5 horas serão dispensadas a deslocar o rolão e desenrolar a mangueira e 6,5 horas serão dispensadas para acompanhar o processo de aspersão. O resumo das informações e os cálculos realizados são apresentados no quadro 4.8.

Para aplicação dos 4.467 m<sup>3</sup> de vinhaça são necessários 22 dias de operação do equipamento totalizando 143 horas por ano. Considerando que a unidade irá operar 11 meses, de janeiro a novembro, será necessário operar o equipamento 2 vezes por mês. Para determinar o custo diário com esta operação também foi determinado o número proporcional de horas diárias que o equipamento

deve operar e o número de horas dispensado pelo operador do sistema. As informações apresentadas no quadro 4.8 serão utilizadas para calcular os custos envolvidos na aplicação da vinhaça.

Variável	Cálculo	Valor	Unidade
Volume de vinhaça anual a ser aplicada	-	4.467	m <sup>3</sup>
Capacidade do equipamento	-	30,6	m <sup>3</sup> /h
Período total gasto pelo operador por dia	-	8	h/d
Período utilizado pelo trator para descolamento do rolão e desenrolamento da mangueira	-	1,5	h/d
Período de operação do equipamento de aspersão por dia	-	6,5	h/d
Volume de vinhaça aplicado diariamente	$=(30,6\text{m}^3/\text{h})*(6,5\text{h}/\text{d})$	199	m <sup>3</sup> /d
Número de dias de operação ano do equipamento	$=(4.467\text{m}^3/\text{ano})/(199\text{m}^3/\text{d})$	22	d/ano
Número de dias de operação por mês	$=(22\text{ d/ano}) / (11\text{ mês/ano})$	2	d/mês
Horas de operação anual do equipamento de aspersão	$=(22\text{d/ano})*(6,5\text{h}/\text{d})$	143	h/ano
Horas de operação mês do equipamento de aspersão	$=(6,5\text{h})*(2\text{d}/\text{mês})$	13	h/mês
Horas de operação mês do trator para deslocamento do equipamento de aspersão	$=(1,5\text{h}/\text{dia})*(2\text{d}/\text{mês})$	3	h/mês
Horas operador do sistema por mês sistema de aspersão	$=(8\text{ h}/\text{d})*(2\text{ d}/\text{mês})$	16	h/mês
Horas de operação dia do equipamento de aspersão	$=(13\text{ h}/\text{mês})/(30\text{ d}/\text{mês})$	0,43	h/dia
Horas do operador do sistema por dia do sistema de aspersão	$=(16\text{ h}/\text{mês})/ (30\text{ d}/\text{mês})$	0,53	h/dia
Horas de operação dia do trator para deslocamento do equipamento de aspersão	$=(3\text{h}/\text{mês})/(30\text{d}/\text{mês})$	0,1	h/dia

Quadro 4.8. Dados de operação do sistema de distribuição da vinhaça.

#### 4.1.2.5 Direcionadores de custo

O quadro 4.9 apresenta um resumo dos recursos empregados no processo de produção de etanol bem como os direcionadores empregados para quantificar os recursos utilizados. Estes parâmetros foram determinados após análise detalhada do processo de produção de etanol em pequena unidade de produção.

Recursos	Direcionador do recurso
Mão-de-obra	Direta, horas
Energia elétrica	Potencia Instalada, kW
Depreciação instalações	Área Instalada (m <sup>2</sup> )
Depreciação equipamentos	Índice de utilização
Material consumo indireto	Quantidade consumida, Kg, litros, etc
Lenha	Quantidade consumida, metro cúbico
Óleo Diesel	Quantidade consumida, litros
Água	Quantidade consumida, litros

Quadro 4.9- Direcionadores utilizados para determinação do custo de produção do etanol.

No quadro 4.10 são apresentados os direcionadores de custo utilizados em cada uma das etapas do processo de produção do etanol, elencadas na figura 4.2.

A seguir será apresentada uma descrição dos direcionadores de custo apresentados no quadro 4.10 e como estes foram quantificados.

#### 4.1.2.5.1 Mão-de-obra

Como a mão-de-obra normalmente é um custo relevante no processo de fabricação de qualquer produto, é fundamental o levantamento dos tempos utilizados para a realização das diferentes atividades necessárias à produção de etanol na unidade industrial avaliada. O tempo para realizar cada atividade no processo foi determinado por cronometragem. Os resultados de tempo gasto são a média de três determinações, realizadas em dias distintos, e estão apresentados na segunda coluna do quadro 4.11.

A terceira coluna do quadro 4.11 apresenta o número de vezes que cada operação deve ser repetida diariamente para que a produção de aproximadamente 1.000 litros/dia de etanol combustível seja atingida.

Como as operações de descarga e moagem da matéria-prima ocorrem de forma concomitante e são realizadas pelo mesmo operador foi estimado o percentual de tempo que este se envolve em cada atividade. Após

acompanhamento destas operações concluiu-se que 25% do tempo é gasto com descarga da matéria-prima e 75% com a moagem, resultando em 3 horas de operação do sistema de descarga e 9 horas no processo de moagem. Estes resultados estão apresentados na quarta coluna do quadro 4.11.

Já os processos de fermentação, destilação e geração de vapor são contínuos e operam 24 horas por dia. Como estas operações ocorrem de forma concomitante, sendo o mesmo operador que as realiza, foi determinado qual o tempo que o operador se envolve em cada uma das atividades diariamente. Após acompanhamento do processo verificou-se que aproximadamente 5% do tempo são gastos com controle da fermentação, 15% com a operação da caldeira e 80% com operação das colunas de destilação, o que corresponde a 1,2 horas para a fermentação, 3,6 horas para operação da caldeira e 19,2 horas diárias para operação da destilação.

Recursos	Direcionadores de custo							
	Mão de obra	Energia elétrica	Depreciação instalações	Depreciação	Material consumo	Lenha	Óleo diesel	Água
Atividades								
Corte	X			X	X		X	
Transporte	X			X	X		X	
Descarga	X	X	X	X	X			
Moagem	X	X	X	X	X			
Completagem e nutrição do mosto	X	X	X	X	X			X
Fermentação	X		X	X	X			
Destilação	X	X	X	X				
Geração de vapor	X	X	X	X		X		X
Ensilagem	X	X	X	X	X			
Selagem	X		X	X				
Armazenagem da vinhaça				X				
Descarte da vinhaça	X	X		X	X		X	

Quadro 4.10- Recursos utilizados em cada etapa do processo de produção do etanol (direcionadores de custo).

Na realização da silagem da biomassa residual são gastos 4 minutos para preenchimento do saco e 0,5 minutos para realizar a selagem do mesmo. Estas operações devem ser repetidas 160 vezes diariamente para que a produção possa ser atingida.

Com base nas informações do quadro 4.11 foram determinados os custos de mão-de-obra envolvidos com a aplicação da vinhaça. O tempo disponibilizado pelo operador do sistema de aspersão para aplicar a vinhaça gerada diariamente ( $\approx 12,5\text{m}^3$ ) é de 0,53 horas, acarretando em um custo diário de R\$ 3,0 (três reais).

Para determinar o valor da hora trabalhada dos operadores foi considerado um salário base de R\$ 600,00 (seiscentos reais) mensais, acrescido de encargos (previdência social, férias, décimo terceiro salário, 1/3 de férias, entre outros) de 105%, resultando em um custo mensal de R\$ 1.230,00 (um mil, duzentos e trinta reais), que dividido por 220 horas de trabalho mensais<sup>2</sup> resulta em um custo de R\$ 5,60 por hora trabalhada.

Atividades	Tempo gasto, horas	Número operações dia	Tempo total de operação diária do equipamento/h	Tempo utilizado de mão-de-obra direta na atividade/h	Custo, R\$ dia*	% do custo
Corte	0,20	12	2,40	2,40	13,4	4,5
Transporte	0,17	12	2,00	2,00	11,2	3,7
Descarga	1,0	12	12,00	3,00	16,8	5,6
Moagem	1,0	12	12,00	9,00	50,3	16,8
Completagem e nutrição do mosto	0,25	3	0,75	0,75	4,2	1,4
Fermentação	0	Contínua	24,00	1,20	6,7	2,2
Destilação	0	Contínua	24,00	19,20	107,3	35,8
Geração de vapor	0	Contínua	24,00	3,60	20,1	6,7
Ensilagem	0,0667	160	10,67	10,67	59,6	19,9
Selagem	0,0083	160	1,33	1,33	7,5	2,5
Descarte do vinhoto	0,5300	1	0,53	0,53	3,0	1,0
TOTAL			113,7	53,7	300,1	100,0

\*Custo de mão-de-obra direta/hora trabalhada =R\$ 5,60

Quadro 4.11- Tempos necessários para a realização das diferentes atividades.

<sup>2</sup> Para todos os fins legais, admitidas pela jurisprudência e fiscalização, um empregado que trabalha 8 (oito) horas por dia e no máximo 44 horas na semana, tem carga mensal de 220 horas ([http://www.professortrabalhista.adv.br/jornada\\_de\\_trabalho.html](http://www.professortrabalhista.adv.br/jornada_de_trabalho.html)).

Multiplicando o tempo empregado diariamente para realizar as atividades necessárias, para atingir a produção desejada, pelo custo da hora trabalhada resulta no custo diário com mão-de-obra para realizar cada atividade. A sétima coluna do quadro 4.11 apresenta quanto cada atividade representa percentualmente no custo de mão-de-obra.

Constatou-se que o custo diário com mão-de-obra para operação da unidade é de R\$ 300,1 (trezentos reais e dez centavos). A destilação é a operação que mais demanda mão-de-obra, com 35,8% do total, estando em segundo lugar a ensilagem e moagem, com 19,9% e 16,8% da demanda de mão-de-obra.

#### 4.1.2.5.2 Energia elétrica

O quadro 4.12 apresenta a relação dos equipamentos de processo que empregam energia elétrica como força motriz. Para cada motor foi verificada sua capacidade, representada em Cavalos Vapor (CV) e kW, e o número de horas que cada motor opera diariamente. Com base nestas informações foi determinado o consumo diário de cada equipamento, representado em kWh, onde foi considerado um fator de carga padrão de 80% para todos os equipamentos. Os resultados são apresentados na penúltima coluna do quadro 4.12.

O cálculo do dispêndio diário com energia elétrica foi determinado multiplicando o número de kWh consumida por cada equipamento pelo preço da energia elétrica, que foi considerada R\$ 0,20 por kWh. (Valor informado pelo diretor da USI, Sr. Dariu em março 2011).

O consumo diário de energia utilizado é determinado multiplicando a capacidade do equipamento (kWh), multiplicado pelo fator de carga 0,8 e multiplicado pelo número de uso diário do equipamento.

A capacidade instalada total é de 45,0 kW gerando um consumo diário de 380,4 kWh. O gasto diário em energia elétrica ficou em R\$ 76,1.

Equipamento	Capacidade do Motor, CV	Capacidade, kW	Uso diário, h	Consumo diário, kW	Custo diário, R\$
Carreta ensiladeira - descarga	3	2,25	12	21,6	4,3
Correia transportadora para moagem	2	1,5	12	14,4	2,9
Moenda	20	15	12	144	28,8
Motor do recalque de caldo para dornas	1	0,75	3	1,8	0,4
Correia transportador de bagaço	2	1,5	12	14,4	2,9
Motor da ensiladeira	15	11,25	12	108	21,6
Motor da bomba de recalque de vinho	1	0,75	3	1,8	0,4
Motor da coluna A	2	1,5	24	28,8	5,8
Motor da coluna B	2	1,5	24	28,8	5,8
Motor de bombeamento do álcool para tanque	1	0,75	3	1,8	0,4
Motor de alimentação de água da caldeira	3	2,25	3	5,4	1,1
Motor da torre de resfriamento	0,5	0,375	24	7,2	1,4
Motor da bomba de recalque de vinhaça	7,5	5,625	0,53	2,4	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>60,0</b>	<b>45,0</b>	<b>144,53</b>	<b>380,4</b>	<b>76,20</b>

Quadro 4.12- Capacidade de motores dos diferentes equipamentos, consumo de energia/dia e custo da energia.

Atividade	Custo , R\$	% do custo
Corte	0,00	0,0
Transporte	0,00	0,0
Descarga	7,20	9,5
Moagem	28,80	37,9
Completagem e nutrição do mosto	0,40	0,5
Fermentação	0,00	0,0
Destilação	13,70	18,0
Geração de vapor	1,10	1,4
Ensilagem	24,50	32,2
Selagem	0,00	0,0
Armazenagem vinhoto	0,00	0,0
Descarte do vinhoto	0,50	0,6
<b>Total</b>	<b>76,20</b>	<b>100,0</b>

Quadro 4.13- Custo da energia elétrica por dia de operação e por atividade.

O quadro 4.13 apresenta os dispêndios de energia elétrica por atividade do processo de produção de etanol. Pode-se constatar que a atividade que mais

consome energia elétrica é a moagem, com 37,9% dos gastos, seguida da ensilagem e destilação com 32,2% e 18,0% dos gastos com energia elétrica. Estas três atividades representam 88,0% dos custos com energia elétrica no processo.

#### 4.1.2.5.3 Depreciação

A depreciação é um conceito contábil usado para compensar a perda do valor de alguns Ativos ao longo do tempo. Estes Ativos são os bens utilizados para a realização da atividade da empresa e estão incluídos no Balanço Patrimonial na categoria “Imobilizados”, por exemplo, máquinas utilizadas na produção, veículos, móveis, utensílios, equipamentos de informática, entre outros.

Para Moura (2006) os bens sofrem desgastes naturais resultantes do seu uso, e seria irreal considerar que o seu valor é igual àquele que foi lançado no Balanço Patrimonial após a sua aquisição. Dessa forma, calcula-se o valor da depreciação como o valor da perda de valor econômico, para efeitos contábeis. Não significa movimentação de dinheiro, mas permite reduzir o valor do pagamento do Imposto de Renda, já que ele reduz o valor do lucro apurado, para resultar no lucro tributável. A legislação contábil brasileira estabelece os seguintes percentuais máximos para considerar a depreciação:

- a) veículos em geral: 20% ao ano;
- b) equipamentos de informática: 20% ao ano;
- c) móveis e utensílios: 10% ao ano;
- d) máquinas e equipamentos: 10% ao ano;
- e) embarcações: 5% ao ano;
- f) prédios e construções: 4% ao ano.

Na depreciação das instalações: O prédio de alvenaria estruturada, onde a unidade industrial de produção de etanol esta locada possuiu 150 m<sup>2</sup> de área construída. Para alocar os custos de depreciação deste prédio, em cada uma das atividades, inicialmente foi determinada a área ocupada por cada equipamento envolvido no processo de produção de etanol. Na seqüência determinou-se o

percentual que esta área representa e multiplicou-se pelo valor de depreciação diária do prédio. Os resultados obtidos são apresentados no quadro 4.14.

O valor de depreciação diária do prédio, representado em R\$ (reais), foi determinado pela seguinte equação 4.5:

$$Depreciação\_diária\_predio(R\$) = \frac{(Valor\_predio(R\$) - valor\_residual\_predio(R\$)) / 20anos}{365dias/ano} \quad \text{Eq. 4.5}$$

Para determinar o valor diário foram utilizados as seguintes informações:

Valor do prédio de 150 m<sup>2</sup>: R\$ 90.000,0

Valor residual do prédio após 20 anos (20% do valor inicial): R\$ 18.000,00

Período de depreciação: 25 anos

Dias do ano: 365 dias

Substituindo os valores acima na equação 4.5 determina-se que o valor diário da depreciação do prédio é de R\$ 7,89 (sete reais e oitenta e nove centavos). Multiplicando este valor pelo percentual que cada equipamento ocupa do prédio resulta no valor individual de depreciação por equipamento.

$$Depreciação\_diária\_predio(R\$) = \frac{(90.000,00 - 18.000,00) / 25anos}{365dias/ano} = R\$7,89$$

No quadro 4.15 estão apresentados os valores da depreciação diária, por atividade realizada no processo, do prédio onde a unidade está instalada.

No quadro 4.16 são apresentados os valores pagos para aquisição de cada um dos equipamentos necessários para implantação da unidade de produção de etanol, preço da obra física e preço total do investimento. O investimento total para implantação da unidade fica em R\$ 590.900,00 (quinhentos e noventa mil e novecentos reais). O quadro 4.17 apresenta uma síntese dos dispêndios necessários para a implementação da Mini-Usina de produção de etanol hidratado combustível USI 1000.

Equipamento	Área ocupada, m <sup>2</sup>	% área ocupada	Depreciação diária, R\$
Trator de 80 CV	0	0,00	0,00
Sistema de corte para ensilagem	0	0,00	0,00
Carreta Ensiladeira	0	0,00	0,00
Esteira transportadora	4	2,70	0,21
Moenda de 1 Ternos 1 x 14". Capacidade nominal de processamento 2000 Kg/hora	12	8,00	0,63
Tanque de diluição de 500 litros	2	1,30	0,10
Moto Bomba Centrifuga Alimentadora de Vinho	0	0,00	0,00
Microdestilaria de Álcool Hidratado 92 a 96° GL, em aço inox 304, Capacidade Nominal 42 litros/hora.	20	13,30	1,05
Dornas de Fermentação de 5000 litros	60	40,00	3,16
Moto Bomba p/ transferência do Álcool	0	0,00	0,00
Torre de Resfriamento de Água Vazão: 10 m <sup>3</sup> /hora Motor: ½ cv	3	2,00	0,16
Reservatório de Álcool (10 mil litros) polipropileno	7	4,70	0,37
Açude com 235 m <sup>3</sup> recoberto com geomembrana para armazenagem da vinhaça	0	0,00	0,00
Caldeira de 200 kg de vapor/hora	10	6,70	0,53
Enfardadeira para silagem	25	16,70	1,32
Maquina seladora	7	4,70	0,37
	150,00	100,00	7,89

Quadro 4.14- Depreciação diária por área ocupada por equipamento.

Atividades	Depreciação diária por atividade, R\$
Corte	0,00
Transporte	0,00
Descarga	0,21
Moagem	0,63
Completagem e nutrição do mosto	0,10
Fermentação	3,16
Destilação	1,58
Geração de vapor	0,53
Ensilagem	1,32
Selagem	0,37
TOTAL	7,89

Quadro 4.15- Depreciação diária das instalações por atividade empregada na produção do etanol.

Para a aquisição dos equipamentos são necessários R\$ 400.350,00 (quatrocentos mil e trezentos e cinquenta reais) e R\$ 90.000,00 (noventa mil reais) para construção de um pavilhão de 150 m<sup>2</sup> e R\$ 85.000,00 (oitenta e cinco mil reais) são destinados a instalação elétrica e hidráulica, montagem e gastos eventuais.

Para cada um dos equipamentos listados no quadro 4.16 foi determinado o custo de depreciação por hora de operação, empregando a equação 4.0. Os resultados são apresentados no quadro 4.18.

$$Depreciação\_hora\_equipamento(R\$) = \frac{(Valor\_equipamento(R\$) - valor\_residual\_equipamento(R\$)) / período\_depreciação(ano)}{horas\_uso\_equipamento/ano} \quad \text{Eq. 4.6}$$

Para todos os equipamentos foi tomado um valor residual de 20% do preço inicial. As taxa de depreciação foram tomadas com base nas Instruções Normativas SRF nºs. 162/98 e 130/99. O número de horas de operação anual foi determinado com base na equação 4.7. Para os equipamentos que operam 12 horas por dia resultou em 4.320 horas de operação por ano e para os que operam 24 horas dia resultou em 8.640 horas de operação por ano.

$$Uso\_possivel\_equipamento\_ano = horas\_turno * (30dias / mês) * (12meses / ano) \quad \text{Eq. 4.7}$$

$$Uso\_possivel\_equipament o\_ano = 12h * (30dias / mês) * (12meses / ano) = 4.320 h / ano$$

$$Uso\_possivel\_equipament o\_ano = 24h * (30dias / mês) * (12meses / ano) = 8.640 h / ano$$

O custo total de depreciação por atividade foi o resultado da soma do custo de depreciação individual de cada equipamento multiplicado pelo número de horas diárias da atividade. O quadro 4.19 apresenta a relação dos equipamentos que foram utilizados em cada atividade e o quadro 4.20 apresenta o custo total da depreciação por atividade, por hora, e o custo diário de cada uma das operações envolvidas no processo de produção do etanol.

Equipamento	Classificação	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Trator de 80 CV	Permanente	01	65.000,00	65.000,00
Sistema de corte para ensilagem	Permanente	01	22.000,00	22.000,00
Carreta Ensiladeira	Permanente	01	24.000,00	24.000,00
Esteira transportadora	Permanente	02	4.000,00	8.000,00
Moenda de 1 Ternos 1 x 14". Capacidade nominal de processamento 2000 Kg/hora	Permanente	01	50.000,00	50.000,00
Tanque de diluição de 500 litros	Permanente	01	500,00	500,00
Moto Bomba Centrifuga Alimentadora de Vinho	Permanente	01	1.200,00	1.200,00
Microdestilaria de Álcool Hidratado 92 a 96° GL, em aço inox 304, Capacidade Nominal 42 litros/hora.	Permanente	01	95.000,00	95.000,00
Dornas de Fermentação de 5000 litros	Permanente	07	2.000,00	14.000,00
Moto Bomba p/ transferência do Álcool	Permanente	01	1.200,00	1.200,00
Torre de Resfriamento de Água Vazão: 10 m <sup>3</sup> /hora Motor: ½ cv	Permanente	01	4.500,00	4.500,00
Reservatório de Álcool (10 mil litros) polipropileno	Permanente	01	9.000,00	9.000,00
Açúde com 235 m <sup>3</sup> recoberto com geomembrana para armazenagem da vinhaça	Obra	01	17.000,00	17.000,00
Caldeira de 200 kg de vapor/hora	Permanente	01	25.000,00	25.000,00
Galpão com 150 m <sup>2</sup> (setor de moagem, fermentação, destilação, caldeira, estocagem)	Obra	150	600,00	90.000,00
Enfardadeira para silagem	Permanente	01	35.000,00	35.000,00
Maquina seladora	Permanente	01	1.000,00	1.000,00
Sistema de aplicação da vinhaça composto de Carretel enrolador e moto bomba de 7,5 CV	Permanente	01	40.000,00	40.000,00
Custos de Licenciamento ambiental (LO, LI, LO outras)	Serv. Terceiros	01	3.500,00	3.500,00
Montagem da unidade*	Custeio	01	40.000,00	40.000,00
Instalação elétrica e hidráulica	Custeio	01	25.000,00	25.000,00
Gastos eventuais**	Custeio	01	20.000,00	20.000,00
				590.900,00

\* 10% sobre o preço dos equipamentos, \*\* 5% sobre o preço dos equipamentos

Quadro 4.16- Relação de equipamentos e dispêndios necessários a implantação de uma unidade industrial com capacidade de 1.000 litros/dia de etanol.

Item	R\$
Equipamentos	400.350,00
Obra física	90.000,00
Instalação elétrica e hidráulica	25.000,00
Montagem da Unidade	40.000,00
Gastos eventuais	20.000,00
Total	590.900,00

Quadro 4.17- Resumo dos gastos para implantação da unidade industrial.

Equipamento	Preço Inicial, R\$	Preço residual, R\$	Período de depreciação, anos	Depreciação anual, R\$	Uso ano, horas	Custo de Depreciação por hora de uso, R\$
Trator de 80 CV	65.000,00	13.000,00	10	5.200,00	4320	1,20
Sistema de corte para ensilagem – Colhe cana marca menta	22.000,00	4.400,00	10	1.760,00	4320	0,41
Carreta Ensiladeira	24.000,00	4.800,00	10	1.920,00	4320	0,44
Esteira transportadora	4.000,00	800,00	10	320,00	4320	0,07
Moenda de 1 Ternos 1 x 14". Capacidade nominal de processamento 2000 Kg/hora	50.000,00	10.000,00	10	4.000,00	4320	0,93
Tanque de diluição de 500 litros	500,00	100,00	5	80,00	8640	0,01
Moto Bomba Centrífuga Alimentadora de Vinho	1.200,00	240,00	10	96,00	4320	0,02
Microdestilaria de Álcool Hidratado 92 a 96° GL, em aço inox 304, Capacidade Nominal 42 litros/hora.	95.000,00	19.000,00	10	7.600,00	8640	0,88
Dornas de Fermentação de 5000 litros	2.000,00	400,00	5	320,00	8640	0,04
Moto Bomba p/ transferência do Álcool	1.200,00	240,00	10	96,00	8640	0,01
Torre de Resfriamento de Água Vazão: 10 m3/hora Motor: ½ cv	4.500,00	900,00	10	360,00	8640	0,04
Reservatório de Álcool (10 mil litros) polipropileno	9.000,00	1.800,00	5	1.440,00	8640	0,17
Açude com 235 m <sup>3</sup> recoberto com geomembrana. Armazenagem vinhaça	17.000,00	3.400,00	10	1.360,00	8640	0,16
Caldeira de 200 kg de vapor/hora	25.000,00	5.000,00	10	2.000,00	8640	0,23
Enfardadeira para silagem	35.000,00	7.000,00	10	2.800,00	4320	0,65
Máquina seladora	1.000,00	200,00	10	80,00	4320	0,02
Sistema de aplicação da vinhaça. Carretel enrolador e motor bomba	40.000,00	8.000,00	5	6.400,00	4320	1,48

Quadro 4.18- Cálculo da depreciação de equipamentos, prédio e maquinário agrícola.

Fonte dos períodos de depreciação:

<http://www.mmcontabilidade.com.br/flash/taxasdepreciacao.htm>.

Consulta em 01/11/2010.

Atividades	Equipamentos utilizados na atividade
Corte	Trator de 80 CV Sistema de corte para ensilagem Carreta Ensiladeira
Transporte	Trator de 80 CV Carreta Ensiladeira
Descarga	Carreta Ensiladeira Esteira transportadora
Moagem	Moenda de 1 Ternos 1 x 14".
Completagem e nutrição do mosto	Tanque de diluição de 500 litros
Fermentação	Dornas de Fermentação de 5000 litros
Destilação	Moto Bomba Centrífuga Alimentadora de Vinho Microdestilaria de Álcool Hidratado 92 a 96° GL Torre de Resfriamento de Água Moto Bomba p/ transferência do Álcool Reservatório de Álcool,
Geração de vapor	Caldeira de 200 kg de vapor/hora
Ensilagem	Enfardadeira para silagem
Selagem	Máquina seladora
Armazenagem do vinho	Açude com 235 m <sup>3</sup> recoberto com geomembrana para armazenagem da vinhaça
Descarte do vinhoto	Sistema de aplicação da vinhaça composto de Carretel enrolador e moto bomba de 7,5 CV Trator de 80 CV

Quadro 4.19- Nominada de equipamentos empregados em cada uma das atividades.

Atividades	Tempo total uso diário equipamento, h	Custo R\$ hora	Custo, R\$ dia
Corte	2,40	2,06	4,93
Transporte	2,00	1,65	3,30
Descarga	12,00	0,52	6,22
Moagem	12,00	0,93	11,11
Completagem e nutrição do mosto	0,75	0,01	0,11
Fermentação	24,00	0,04	0,89
Destilação	24,00	1,12	26,91
Geração de vapor	24,00	0,23	5,56
Ensilagem	10,67	0,65	6,91
Selagem	1,33	0,02	0,02
Armazenagem do vinho	24,00	0,16	3,78
Descarte do vinhoto	0,53	2,69	1,42
TOTAL			71,16

Quadro 4.20- Custos de depreciação por atividade.

## 4.1.2.5.4 Material de consumo indireto

No processo de corte e transporte das matérias-primas são gastos insumos no sistema trator-implementos. As principais manutenções que devem ser realizadas no trator são a troca de óleo do Carter, troca de óleo do sistema de transmissão/hidráulico e engraxe de rolamentos diversos. Os custos foram determinados com base em trator com potência de 80 CV. O período de trocas utilizado obtido do guia orientativo de óleos lubrificantes Petrobrás tratores (<http://www.oilbrasil.com.br/gtrat.pdf>).

O quadro 4.21 apresenta informações com relação às necessidades de insumos na manutenção do trator, ensiladeira e carreta ensiladeira, bem como informações relativas a quantidade de material necessária e tempo de operação do sistema antes da realização a próxima manutenção. Com base nestas informações foi determinado o consumo de cada insumo por hora de operação de cada equipamento.

O custo total de insumos foi obtido multiplicando o consumo/ hora pelo número de horas de operação do equipamento. Os resultados do consumo de insumos indiretos e os custos atribuídos são apresentados no quadro 4.22.

	Capacidade	Horas de trabalho para a troca de óleo	Consumo de material por hora de operação
<b>Trator MF 4283</b>			
Óleo do Carter, litros	8	300	0,027 l/h
Óleo do hidráulico/transmissão, litros	42	500	0,084 l/h
Graxa , kg	2	200	0,010 kg/h
<b>Cortadeira</b>			
Consumo de graxa, kg	2	400	0,005 kg
<b>Carreta ensiladeira -</b>			
Consumo de graxa, kg	2	400	0,005 kg

Quadro 4.21- Dados de consumo por hora do trator e implementos utilizados na colheita e transporte da matéria-prima.

[http://www.massey.com.br/portugues/especificacoes/espec\\_00000533.pdf](http://www.massey.com.br/portugues/especificacoes/espec_00000533.pdf)

O sistema de moagem possui um sistema automático de lubrificação e o recipiente de óleo deve ser preenchido periodicamente ao longo do dia. Para determinação de custos foi considerado que 1 litro de óleo de lubrificação é consumido em 48 horas de operação da prensa, o que representa um consumo de 0,021 litros de óleo por hora de operação da prensa. Considerando 12 horas de operação diária o consumo de óleo de lubrificação fica em 0,25 litros. O custo total com lubrificação do sistema de moagem esta apresentado no quadro 4.22.

A fermentação para ocorrer de forma adequada necessita da adição de leveduras e de nutrientes ao meio. Para determinação de custos foi definido que a quantidade de nutrientes e de fermento é de 10 gramas por metro cúbico de mosto de fermentação. Para atingir a produção desejada são necessários o processamento de 13.500 litros (13,5 m<sup>3</sup>). O custo total com leveduras e nutrientes são apresentados no quadro 4.22.

A biomassa resultante do processo de moagem será submetida a processo de ensaque com a finalidade de ensilagem. A quantidade diária de biomassa a ensacar é de 13.920 Kg. Considerando que cada embalagem tem capacidade de acondicionar 87 Kg será necessária a utilização de 160 sacos por dia de operação. O custo de cada embalagem de 200 litros, produzida com espessura de 150 micras, está em R\$ 1,00. O custo diário com embalagens fica em R\$ 160,00.

A vinhaça gerada no processo será aplicada nas lavouras empregando o processo de aspersão. Para realizar esta atividade é necessária a utilização do trator, para deslocamento do carretel enrolador e desenrolamento da mangueira, e do carretel enrolador para realizar a aspersão da vinhaça nas lavouras.

O quadro 4.23 apresenta um resumo dos custos com insumos indiretos no processo por atividade. Pode-se constatar que o maior dispêndio com insumos esta relacionado a utilização de embalagens plásticas no ensaque da biomassa, para que esta não entre em contato com o ar atmosférico e assim gere uma ensilagem de boa qualidade.

	Horas trab/dia	Consumo/hora	Consumo dia	Preço R\$	Total, R\$
<b>Colheita</b>					
<b>Trator MF 283</b>					
Óleo do motor	2,4	0,027	0,064	8,00	0,510
Óleo da caixa	2,4	0,084	0,2016	8,00	1,610
Consumo de Graxa	2,4	0,010	0,024	10,00	0,240
<b>Cortadeira</b>					
Consumo de graxa	2,4	0,010	0,0240	10,00	0,240
<b>Carreta ensiladeira -</b>					
Consumo de graxa	2,4	0,010	0,0240	10,00	0,240
<b>Transporte</b>					
<b>Trator MF 283</b>					
Óleo do motor	2	0,027	0,1000	8,00	0,43
Óleo da caixa	2	0,084	0,1000	8,00	1,34
Consumo de Graxa	2	0,010	0,005	10,00	0,10
<b>Descarga</b>					
<b>Carreta ensiladeira -</b>					
Consumo de graxa	12	0,01 Kg	0,12 Kg	10,00	1,20
<b>Moenda</b>					
Consumo de óleo	12	0,021	0,25 litro	8,00	2,00
<b>Fermentação</b>	g/m3	m3	Kg	R\$/Kg	
Levedura	10	13,50	0,14	15,00	2,03
	Horas trab/dia	Consumo/hora	Consumo dia	Preço R\$	Total, R\$
<b>Completagem e nutrição do mosto</b>	g/m3	m3	Kg	R\$/Kg	
Nutrientes	10	13,50	0,14	12,00	1,62
<b>Ensilagem</b>	Kg	Kg/saco	Nº Sacos	R\$/saco	
Sacos 150 micra	13920	87	160	1,00	160,00
	Horas trab/dia	Consumo/hora	Consumo/dia	Preço R\$	Total, R\$
<b>Aplicação da vinhaça</b>					
<b>Trator MF 283</b>					
Óleo do motor	0,53	0,027	0,014	8,00	0,11
Óleo da caixa	0,53	0,084	0,045	8,00	0,36
Consumo de Graxa	0,53	0,010	0,005	10,00	0,05

Quadro 4.22- Resumos dos gastos com insumos diversos no processo de produção de etanol.

Atividade	Total, R\$	% do total
Corte	2,84	1,7
Transporte	1,87	1,1
Descarga	1,20	0,7
Moagem	2,00	1,2
Completagem e nutrição do mosto	1,62	0,9
Fermentação	2,03	1,2
Destilação	0,00	0,0
Geração de vapor	0,00	0,0
Ensilagem	160,00	93,0
Selagem	0,00	0,0
Armazenagem do vinhoto	0,00	0,0
Descarte do vinhoto	0,52	0,3
Total dos gastos com insumos	172,08	100,0

Quadro 4.23- Síntese dos custos com insumos indiretos.

#### - Lenha

Para determinar o consumo de lenha na caldeira foi realizado um acompanhamento desta operação por um período de 12 horas. O tempo de operação foi cronometrado e a lenha gasta quantificada com auxílio de balança com capacidade de 200 kg. Para realizar o aquecimento da caldeira, que levou aproximadamente 120 minutos, até atingir a pressão de trabalho de 4 kgf/cm<sup>2</sup> foram gastos 140 Kg de lenha. Nas demais horas de operação foram gastos 550 Kg de lenha de eucalipto. Considerando que a unidade produz 42 litros de etanol por hora o volume de etanol gerado no período de 10 horas, quando a caldeira já atingirá a pressão de trabalho, foi de 420 litros.

Considerando somente o consumo de lenha após a caldeira ter atingido a pressão de trabalho a massa de lenha consumido por litro de etanol produzido foi de 1,31 kg lenha/litro etanol (550 kg lenha/420 litros etanol anidro). Assim, para uma produção diária de 1.000 litros de etanol seriam necessários 1.310 kg de lenha. Considerando que 01(um) metro estéreo de lenha de eucalipto possui aproximadamente 600 Kg o volume de lenha consumida diariamente fica em 2,2 metros cúbicos. Atualmente, a lenha de eucalipto é vendida na região por um preço

de R\$ 35,00 o metro cúbico estéreo, totalizando um custo diário neste insumo de R\$ 77,00 (setenta e sete reais).

#### - Óleo Diesel

Na determinação dos gastos com óleo diesel, nas etapas de colheita e transporte da matéria-prima e aplicação da vinhaça por asperção, foi levado em consideração o consumo de um trator com potência de 80 HP, com baixa exigência de tração (Silva, 2008). No quadro 4.24 são apresentados os resultados do custo de óleo diesel no processo de produção de etanol.

Atividade	Horas trabalhadas/dia	Litros/hora	Consumo , Litro	R\$, Litro	Total, RS
Colheita	2,40	6	14,40	2,1	30,24
Transporte	2,00	6	12,00	2,1	25,20
Aplicação da vinhaça	0,53	6	3,18	2,1	6,68
TOTAL					62,12

Quadro 4.24- Dispêndio com óleo diesel no processo de produção de etanol.

#### - Água

O consumo de água no processo esta relacionado às etapas de diluição e geração de vapor. Da análise da figura 4.17 (balanço de massa) constata-se que para 1.000 kg de sorgo sacarino processado são necessários 39 kg de água de diluição e 129,4 kg de água para geração de vapor. Como são processados diariamente 24000 kg de sorgo sacarino a massa de água necessária para diluição fica na ordem de 936 kg e 3105 kg de água para geração de vapor. O total de água consumida diariamente fica na ordem de 4.040 kg de água, que representa um

volume de 4,04 m<sup>3</sup>. Considerando o custo de R 1,00 por m<sup>3</sup> de água o custo diário deste insumo fica em R\$ 4,04.

#### 4.1.2.6 Custo total por atividade para a unidade de 1.000 litros/dia de etanol

O quadro 4.25 apresenta um resumo dos custos de produção por atividade envolvida na produção de etanol empregando sorgo sacarino como matéria-prima. Nesta análise são considerados os custos envolvidos na produção do etanol e na produção da silagem da biomassa residual.

Nesta análise pode-se constatar que o custo total de processamento fica em R\$ 774,11 (setecentos e quarenta e quatro reais e onze centavos), dos quais R\$ 513,52 (quinhentos e treze reais e cinqüenta e dois centavos) são relativos a produção do etanol e R\$ 260,59 (duzentos e sessenta reais cinqüenta e nove centavos) são relativos a produção da silagem, correspondendo, respectivamente, a 66,36% e 33,64% dos custos de processamento.

Analisando o processo como um todo, a ordem dos dispêndios por atividade fica na seguinte ordem: ensilagem (32,64%) > destilação (19,31%) > geração de vapor ( 13,87%) > moagem (12,00%) > corte (6,64%)> transporte (5,37%) > descarga (4,8%)> descarte da vinhaça (1,98%).

Na ensilagem o grande dispêndio esta relacionado a insumos, com 63,32%, e mão-de-obra com 23,58% dos custos. O grande custo com insumos esta relacionado ao alto preço da embalagem onde a biomassa é acondicionada para evitar o contato direto com o oxigênio presente na atmosfera.

Recursos	Mão de obra	Energia elétrica	Depreciação instalações	Depreciação equipamentos	Material consumo indireto	Lenha	Óleo diesel	Água	Total, R\$	% Total
Atividades										
Corte	13,40	0,00	0,00	4,93	2,84	0,00	30,24	0,00	51,41	6,64
Percentual	26,06	0,0	0,0	9,59	5,52	0,0	58,82	0,0		
Transporte	11,20	0,00	0,00	3,30	1,87	0,00	25,20	0,0	41,57	5,37
Percentual	26,94	0,0	0,0	7,94	4,50	0,0	60,62	0,0		
Descarga	16,80	7,20	0,21	6,22	1,20	0,00	0,00	0,00	31,63	4,08
Percentual	53,11	22,77	0,67	19,66	3,79	0,0	0,0	0,0		
Moagem	50,30	28,80	0,63	11,11	2,00	0,00	0,00	0,00	92,84	12,00
Percentual	54,18	31,02	0,69	11,97	2,15	0,0	0,0	0,0		
Completagem e nutrição do mosto	4,20	0,40	0,10	0,11	1,62	0,00	0,00	0,90	7,33	0,95
Percentual	57,30	5,46	1,36	1,50	22,10	0,0	0,0	12,28		
Fermentação	6,70	0,00	3,16	0,89	2,03	0,00	0,00	0,00	12,78	1,65
Percentual	52,43	0,0	24,73	6,96	15,89	0,0	0,0	0,0		
Destilação	107,30	13,70	1,58	26,91	0,00	0,00	0,00	0,00	149,49	19,31
Percentual	71,78	9,16	1,06	18,00	0,0	0,0	0,0	0,0		
Geração de vapor	20,10	1,10	0,53	5,56	0,00	77,00	0,00	3,10	107,39	13,87
Percentual	18,72	1,02	0,49	5,18	0,0	71,70	0,0	2,89		
Ensilagem	59,60	24,50	1,69	6,91	160,0	0,00	0,00	0,00	252,70	32,64
Percentual	23,58	9,70	0,67	2,73	63,32	0,0	0,0	0,0		
Selagem	7,50	0,00	0,37	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	7,89	1,02
Percentual	95,06	0,0	4,69	0,25	0,0	0,0	0,0	0,0		
Armazenagem do vinhoto	0,00	0,00	0,00	3,78	0,00	0,00	0,00	0,00	3,78	0,49
Percentual	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Descarte da vinhaça	3,00	0,50	0,00	1,42	0,52	0,00	9,86	0,00	15,30	1,98
Percentual	19,61	3,27	0,0	9,28	3,40	0,0	64,44			
<b>Totais</b>	<b>300,10</b>	<b>76,20</b>	<b>8,27</b>	<b>71,16</b>	<b>172,08</b>	<b>77,0</b>	<b>65,30</b>	<b>4,00</b>	<b>774,11</b>	<b>100,00</b>
<b>% do total</b>	<b>38,77</b>	<b>9,84</b>	<b>1,07</b>	<b>9,19</b>	<b>22,23</b>	<b>9,95</b>	<b>8,44</b>	<b>0,52</b>	<b>100,0</b>	
Custo total produção de etanol	233,00	51,70	6,21	64,23	12,08	77,0	65,30	4,00	513,52	66,34
Percentual	45,44	10,09	1,21	12,51	2,35	15,00	12,72	0,78		
Custo total da ensilagem	67,10	24,50	2,06	6,93	160,00	0,00	0,00	0,00	260,59	33,66
Percentual	25,75	9,40	0,79	2,66	61,40	0,0	0,0	0,0		

Quadro 4.25- Resumo dos custos por atividade envolvida na produção de etanol e silagem em pequena unidade de produção com capacidade de 1.000 litros/dia.

Na destilação o maior dispêndio está relacionado à mão-de-obra, com 71,78 %, ficando em segundo lugar a depreciação dos equipamentos com 18,0%. O grande dispêndio com mão-de-obra está relacionado ao sistema operar 24 horas por dia, ou seja, de forma contínua.

Na geração de vapor o maior dispêndio está relacionado com a Lenha, com 71,70%, ficando em segundo lugar a mão-de-obra com 18,72%. Na moagem o maior dispêndio está relacionado com a mão-de-obra, com 54,18% ficando em segundo lugar os gastos com energia elétrica, com 31,02% dos custos.

No corte e transporte da matéria-prima o maior dispêndio está ligado ao consumo de óleo diesel pelo trator, ficando em 58,82% e 60,62%, respectivamente. Na descarga da matéria prima o maior custo está associado à mão de obra e na aplicação da vinhaça a maior despesa está associada ao consumo de óleo diesel pelo trator.

Quando se analisa os direcionadores de custo observa-se a seguinte ordem de contribuição para o custo total (quadro 4.25): mão-de-obra (38,77%) > insumos (22,23%) > Lenha (9,95%), energia elétrica (9,84%) > depreciação equipamento (9,19%) > óleo diesel (8,44%) > depreciação instalações (1,07%) > Água (0,52%).

Nesta análise constatou-se que a mão-de-obra é o principal direcionador de custo contribuindo com 38,77% do total dos dispêndios do processo de produção de etanol. As atividades que mais contribuem com este elemento de dispêndio são (quadro 4.11: Destilação (35,8%), Ensilagem (19,9%) e Moagem (16,8%).

O segundo direcionador de custo mais dispendioso são os gastos com insumos, com 22,23%. A atividade que mais contribui para este elemento de despesa é a silagem, com 63,32%, decorrente dos gastos com embalagens plásticas para acondicionar a silagem (quadro 4.25).

O terceiro direcionador mais dispendioso, com 9,5%, está relacionado com o consumo de lenha para geração de vapor e o quarto direcionador está relacionado com o consumo de energia elétrica, com 9,84%. Neste último elemento de despesa as atividades que mais contribuíram foram (quadro 4.13): a Moagem (37,90%), Ensilagem (32,20%) e Destilação (18,00%), que somadas representam 88,1% dos gastos com energia elétrica.

Quando se analisa somente a produção de etanol (quadro 4.25), sem considerar a produção de ensilagem, o custo total fica na ordem de R\$ 513,52 (quinhentos e treze reais e cinquenta e dois centavos). O dispêndio ficou na seguinte ordem: Mão-

de-obra > Lenha > Óleo Diesel > Depreciação > Energia elétrica > Material de consumo indireto > Depreciação das Instalações > Água.

Para a produção de silagem são gastos diariamente R\$ 260,59. O direcionador que mais contribui é o Material de consumo indireto, com 61,4%, devido a grande quantidade de embalagens consumidas e em segundo lugar fica a mão-de-obra com 25,75% de contribuição.

Tomando como o processamento de 24 toneladas de matéria-prima (quadro 4.6) o custo de produção do etanol obtido a partir do processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar fica em R\$ 0,50 e R\$ 0,44, respectivamente (quadro 4.26). O menor custo de produção do etanol a partir da cana-de-açúcar se deve ao maior teor de açúcar presente nesta matéria-prima, permitindo a produção de maior quantidade de álcool a partir da mesma massa de matéria-prima.

Matéria-Prima	Quantidade processada, ton.	Etanol produzido, litros	Custo produção total, R\$	Custo produção litro, R\$
Sorgo sacarino	24	1.034	513,52	0,50
Cana-de-açúcar	24	1.178	513,52	0,44

Quadro 4.26- Custo de processamento do etanol obtido a partir de diferentes matérias-primas.

#### 4.1.2.7 Custo de produção do litro de etanol e tonelada de silagem

Na seqüência será apresentado o custo total de produção para o etanol e silagem obtidos do processamento de sorgo sacarino e cana-de-açúcar. O custo total de produção do etanol é a soma dos custos de processamento e o custo da matéria-prima. Por ser o produto principal todos os custos de processamento serão atribuídos ao etanol.

Para determinação o custo de processamento por litro de etanol anidro e tonelada de silagem foi considerado que os custos de processamento das diferentes matérias-primas são iguais. Tal consideração pode ser realizada, pois as etapas envolvidas e os direcionadores de custo do processo são iguais para ambas as matérias-primas.

Os custos de produção e produtividade de sorgo sacarino e cana-de-açúcar foram obtidos de trabalho realizado por ROSADO JUNIOR (2008). Os custos de produção anual, produtividade por ano e custo por tonelada produzida são apresentados no quadro 4.27. Para efeito de cálculo serão tomados os custos médios por tonelada de produção que são de R\$ 18,20 (dezoito reais e vinte centavos) para o sorgo sacarino e R\$ 19,40 (dezenove reais e quarenta centavos) para a cana-de-açúcar.

Custo por ano do projeto (R\$) em 10 anos											Média
Cultura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cana-de-açúcar	2.250,0	840,0	840,0	1.050,0	840,0	2.040,0	1.050,0	840,0	840,0	840,0	1.143,0
Sorgo Sacarino	1.580,0	1.370,0	1.370,0	1.580,0	1.370,0	1.370,0	1.580,0	1.370,0	1.370,0	1.580,0	1.454,0
Produtividade por ano do projeto (Ton/ha)											
Cana-de-açúcar	70,0	63,0	56,7	51,0	46,0	70,0	63,0	56,7	51,0	46,0	57,3
Sorgo Sacarino	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
Custo por tonelada produzida (R\$)											
Cana-de-açúcar	32,1	13,3	14,8	20,6	18,3	29,1	16,7	14,8	16,5	18,3	19,40
Sorgo Sacarino	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	18,20

Quadro 4.27- Produtividade, custos totais anuais e custo por tonelada produzida.

Fonte: ROSADO (2008).

Considerando o processamento de 24 toneladas diárias, das diferentes matérias-primas, o dispêndio diário com sorgo sacarino fica em R\$ 436,80 (quatrocentos e trinta e seis reais e oitenta centavos) ( $24\text{ton}/\text{dia} \cdot \text{R}\$18,20/\text{ton}$ ) e o de cana-de-açúcar na ordem de R\$ 465,60 (quatrocentos e sessenta e cinco reais e sessenta centavos) ( $24\text{ton}/\text{dia} \cdot \text{R}\$19,40/\text{ton}$ ).

Utilizando as informações apresentadas no quadro 4.25, onde estão sumarizados os custos de produção do etanol, as informações apresentadas no quadro 4.6, onde está sumarizada a quantidade de produto obtido a partir do processamento de 24 toneladas de matéria-prima, e as informações apresentadas no quadro 4.26, onde está apresentado o custo de produção das diferentes matérias-primas, será determinado o custo de produção de etanol e silagem a partir das diferentes matérias-primas. Os resultados obtidos para o processamento de

sorgo sacarino e cana-de-açúcar estão apresentados nos quadros 4.28 e 4.29, respectivamente.

O custo diário para a produção de 1.034 litros de etanol a partir do sorgo sacarino fica em R\$ 950,32 (novecentos e cinquenta reais e trinta e dois centavos) fazendo com que o custo de produção do litro de etanol hidratado seja de R\$ 0,92 (noventa e dois centavos de real). Deste valor R\$ 0,50 corresponde a contribuição do processamento e R\$ 0,42 corresponde a contribuição da matéria-prima, que corresponde a 54,0% e 46,0%, respectivamente.

Custos individuais por dia de operação	Custo diário, R\$
Custo de processamento para obtenção do etanol	513,52
Custo matéria-prima (24 toneladas) sorgo sacarino	436,80
Custo para processamento da silagem	260,59
Custo total por dia de operação	Custo diário, R\$
Custo total para obtenção do etanol	950,32
Custo total para obtenção da silagem	260,59
Produção diária de produtos	
Etanol combustível, litros	1.034,40
Silagem, toneladas	12,53
Contribuição para preço final do etanol	R\$
Custo de processamento por litro	0,50
Custo de matéria-prima por litro	0,42
Custo final	
Litro de etanol	0,92
Tonelada de silagem de sorgo sacarino	20,80

Quadro 4.28- Custo de produção do litro de etanol combustível e tonelada de silagem do processamento de sorgo sacarino.

Já o custo total para produção da silagem de sorgo sacarino, considerado como um subproduto é de R\$ 260,59 (duzentos e sessenta reais e cinquenta e nove centavos). Considerando que em um dia de operação são produzidos 12,53 toneladas de silagem o custo por tonelada fica em R\$ 20,80 (vinte reais e oitenta centavos).

Custos individuais por dia de operação	Custo diário, R\$
Custo de processamento para obtenção do etanol	513,52
Custo matéria prima (24 toneladas) cana-de-açúcar	465,60
Custo para processamento da da silagem	260,59
Custo total por dia de operação	Custo diário, R\$
Custo total para obtenção do etanol	979,12
Custo total para obtenção da silagem	260,59
Produção diária de produtos	
Etanol combustível, litros	1.178
Silagem, toneladas	12,1
Contribuição para preço final do etanol	R\$
Custo de processamento por litro	0,44
Custo de matéria-prima por litro	0,40
Custo de produção	R\$
Litro de etanol anidro	0,83
Tonelada de silagem de cana-de-açúcar	21,55

Quadro 4.29- Custo de produção do litro de etanol combustível e tonelada de silagem do processamento da cana-de-açúcar.

O custo diário para a produção de 1.178 litros de etanol a partir da cana-de-açúcar fica em R\$ 979,12 (novecentos setenta e nove reais e doze centavos) fazendo com que o custo de produção do litro de etanol hidratado monte em R\$ 0,83 (oitenta e três centavos). Deste valor R\$ 0,44 corresponde a contribuição do processamento e R\$ 0,40 corresponde a contribuição da matéria-prima, que corresponde a 52,4% e 47,6%, respectivamente.

Já o custo total para produção da silagem de cana-de-açúcar, considerado como um subproduto é de R\$ 260,59 (duzentos e sessenta reais e cinquenta e nove centavos). Considerando que em um dia de operação são produzidos 12,1 toneladas de silagem o custo por tonelada fica em R\$ 21,55 (vinte e um reais e cinquenta e cinco centavos).

O custo de processamento por litro de etanol obtido a partir do sorgo sacarino ficou pouco acima do etanol obtido a partir do processamento da cana-de-açúcar (R\$ 0,50 x R\$ 0,44). Este resultado é justificado pela maior produtividade em etanol do processamento de 24 toneladas de matéria-prima no processamento da cana-de-açúcar devido ao maior teor de açúcar presente nesta matéria-prima, já que o custo de processamento é igual para ambas.

## 4.1.2.8 Avaliação Ambiental

O quadro 4.30 apresenta de forma resumida informações dos efluentes ou resíduos gerados em cada uma das atividades do processo de produção, sua classificação, destino e meio em que, caso não tratado, irá impactar.

Atividade	Efluente/resíduo	Origem	Classificação Geral	Destino	Meio de impacto
Corte	Dióxido de carbono	Queima do óleo diesel	Efluente gasoso	Meio ambiente	Atmosfera
	Óleo lubrificante	Troca óleo motor e hidráulico	Resíduo	Coleta em tambores	Solo
Transporte	Dióxido de carbono	Queima do óleo diesel	Efluente gasoso	Meio ambiente	Atmosfera
	Óleo motor	Troca óleo motor e hidráulico	Resíduo	Coleta em tambores	Solo
Descarga					
Moagem	Óleo lubrificante	Resíduo coletado	Resíduo	Coleta em tambores	Solo
	Biomassa residual	Biomassa resultante da moagem da matéria prima	Resíduo	Produção de silagem	Solo
Completagem					
Fermentação	Leveduras	Levedura formada pelo consumo de açúcar	Resíduo	Vinhaça	Solo, rios,
	Dióxido de carbono	Subproduto da fermentação	Efluente gasoso	Meio ambiente	Atmosfera
Geração de vapor	Cinza	Resíduo da queima da madeira	Resíduo sólido	Disposição no solo	Solo
	Dióxido de carbono	Queima da madeira	Efluente gasoso	Meio ambiente	Atmosfera
Ensilagem	Óleo lubrificante	Resíduo coletado	Resíduo	Coleta em tambores	Solo, rios
Selagem					
Armazenagem da vinhaça	Dióxido de carbono	Fermentação aeróbica	Efluente gasoso	Meio ambiente	Atmosfera
Descarte da vinhaça	Dióxido de carbono	Queima do óleo diesel	Efluente gasoso	Meio ambiente	Atmosfera
	Óleo lubrificante	Troca óleo motor e hidráulico	Resíduo	Coleta em tambores	Solo

Quadro 4.30- Informações do impacto gerado nas diferentes atividades do processo de produção de etanol.

Efluente Atividade	Dióxido de carbono	Óleo residual	Cinzas	Biomassa residual	Vinhaça	Leveduras
Unidade	Kg	L	Kg	Kg	Kg	Kg
Corte	ND	0,26	-	-	-	-
Transporte	ND	0,20	-	-	-	-
Descarga	ND	-	-	-	-	-
Moagem	-	0,25	-	12.500	-	-
Completagem	-	-	-	-	-	-
Fermentação	840	-	-	-	-	6
Destilação	-	-	-	-	12.300	-
Geração de vapor	1.900	-	50	-	-	-
Ensilagem	-	-	-	-	-	-
Selagem	-	-	-	-	-	-
Selagem	-	-	-	-	-	-
Selagem	-	-	-	-	-	-
Armazenagem da vinhaça	ND	-	-	-	-	-
Descarte da vinhaça	ND	-	-	-	-	-
Total diário	2.740	0,71	50	12.500	12.300	6

Quadro 4.31- Quantidade de efluentes ou resíduos gerados por atividade no processo de produção de etanol.

O quadro 4.31 apresentou a quantidade de efluente ou resíduo gerado diariamente por atividade no processo de produção de etanol. Em função de dificuldade de mensuração alguns efluentes ou resíduos não foram quantificados e serão apresentados como não determinados (ND).

#### 4.1.3 Fase: Pós-análise

Na fase da pós-análise será realizada uma breve discussão sobre a destinação dos resíduos e efluentes gerados durante a produção de etanol.

A quantidade diária de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) formada por dia de operação da unidade de produção de etanol fica em 2.740 Kg dos quais 840 kg são produzidos na fermentação e 1.900 kg na queima do carbono da madeira. Atualmente este efluente gasoso não sofre nenhum tratamento para evitar sua emissão para a atmosfera.

O CO<sub>2</sub> gerado na fermentação apresenta elevado grau de pureza, na ordem de 99%, enquanto o gerado na combustão possui entre 14 e 18% de pureza, devido principalmente a presença de nitrogênio (Kramer, 2010). Assim, o CO<sub>2</sub> gerado no processo de fermentação apresenta custo de purificação relativamente baixa quando comparado ao obtido por combustão.

O dióxido de carbono é muito utilizado nas cervejarias, em várias etapas do processo, e na gaseificação de refrigerantes. Normalmente, as grandes cervejarias possuem usinas de recuperação de CO<sub>2</sub> para aplicar em seu próprio processo, mas as pequenas cervejarias e unidades industriais de produção de refrigerantes necessitam comprar este insumo, fazendo com que exista mercado consumidor para CO<sub>2</sub> grau alimento.

O processo de recuperação do CO<sub>2</sub> gerado em fermentações compreende as seguintes etapas (Briggs,2004):

- a) sistema de lavagem com água, para remoção de contaminantes gasosos;
- b) passagem em leito de carvão ativo, com a finalidade de adsorção de qualquer contaminante não removido na lavagem;
- c) primeiro estágio de compressão;
- d) passagem do gás em leito de alumina para remoção de água;
- e) segundo estágio de compressão, até 70 atm, e resfriamento do gás; armazenagem do produto purificado.

Assim, uma alternativa para evitar a emissão do CO<sub>2</sub> gerado no processo de fermentação seria realizar sua recuperação através de processo apropriado. Segundo Bandiera (2010), a instalação completa de um sistema de purificação de CO<sub>2</sub>, grau alimento, para uma unidade de produção de etanol na ordem de 2.000 litros dia fica em R\$ 600.000,00 (seiscentos mil reais). Este custo esta na mesma ordem de grandeza para implantação da unidade de produção de etanol, fazendo com que o período de amortização do investimento seja relativamente longo, sendo necessário um estudo detalhado para realizar esta análise.

A quantidade diária de óleo residual gerada quando da troca de óleo do motor e hidráulico do trator e óleo de lubrificação da moenda fica na ordem de 0,71 litros. Considerando a operação da unidade por 11 meses a quantidade anual de óleo gerada é de aproximadamente 234 litros (330 dias/ano\*0,71litros/dia). Este óleo será armazenado em tambores e posteriormente doado para reciclagem por empresa especializada, sem custos para a USI-Usinas Sociais Inteligentes.

A quantidade de cinzas geradas por dia de operação da unidade fica na ordem de 50 kg. Considerando 11 meses de operação da unidade a quantidade gerada anualmente deste resíduo fica na ordem de 16.500 kg (330 dias/ano\*50kg/dia). Por possuir em sua composição nutrientes e micro-nutrientes sugerimos que este resíduo seja disposto nas lavouras como fonte de nutrientes. Como a quantidade anual gerada deste resíduo é relativamente baixa não serão levados em consideração os custos com sua disposição nas lavouras.

Nas grandes usinas de produção de etanol e açúcar o bagaço de cana-de-açúcar é utilizado para a produção de energia elétrica, criando uma terceira fonte de renda para os produtores. Os investimento para geração de energia são relativamente altos ficando na ordem de R\$ 1,4 milhões por Megawatt(MW) produzido. Devido a pequena capacidade de geração de biomassa residual esta alternativa não se parece viável para as pequenas unidades de produção. Além disso, nas miniusinas a biomassa residual gerada no processo de moagem da matéria-prima apresenta elevados teores de açúcar, devido a baixa eficiência do processo de extração de caldo utilizado no processo. Assim, acredita-se que a melhor alternativa para as pequenas unidades de produção seja a utilização da biomassa residual para alimentação animal, seja “in natura” ou através de elaboração de silagem.

Por apresentar elevada carga orgânica e de nutrientes (quadro 4.2.) a vinhaça apresenta elevado poder poluidor caso seja lançada diretamente nos córregos ou rios, podendo causar sérios impactos ambientais. Como apresentado no item 4.1.2.3.9 deste trabalho a melhor alternativa para destinação da vinhaça é sua aplicação no solo por aspersão, utilizando sistema auto-propelido com carretel enrolador, visando utilizar os nutrientes nela contidos como nutrientes para as culturas de cana-de-açúcar e sorgo sacarino. A quantidade de vinhaça produzida anualmente fica na ordem de 4.467 metros cúbicos (quadro 4.7). Considerando a aplicação de 92,5 m<sup>3</sup>/ha/ano a vinhaça produzida permite o suprimento de potássio (K<sub>2</sub>O) para aproximadamente 47,3 hectares de cana-de-açúcar.

A quantidade de leveduras gerada diariamente fica na ordem de 6 kg. Considerando 11 meses de produção a quantidade anual gerada deste resíduo fica na ordem de 1.980 kg (330 dias/ano \* 6kg/dia), quantidade relativamente baixa. Por ser rica em proteínas sugere-se que este resíduo seja incorporado a silagem

produzida ou fornecido para alimentação animal. Esta aplicação não incorre em custos adicionais para a USI- Usinas Sociais Inteligentes.

#### 4.1.3.1 Investimento necessário para evitar impacto ambiental

Os componentes que podem gerar maior impacto ambiental são a vinhaça, gerada no processo de destilação, e a biomassa residual, gerada no processo de moagem. O quadro 4.16 apresenta um resumo dos investimentos necessários para implementação de uma unidade de produção de etanol com capacidade de 1.000 litros/dia. Deste quadro foram separados os itens que foram implementados com a finalidade de evitar impacto ambiental e estão apresentados no quadro 4.32.

Constata-se que o investimento necessário para remediar os impactos ambientais, em uma pequena unidade de produção, monta R\$ 96.500,00, o que representa 16,4 % do investimento. Deste montante R\$ 57.000,00 são necessários para implementar o sistema de armazenagem e disposição da vinhaça e R\$ 36.000,00 são necessários para implementar o sistema de produção de silagem, representando 9,65% e 6,1% do investimento total para instalação de uma micro-usina de produção de etanol anidro.

Equipamento	Classificação	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)	% do total*
Açude com 235 m <sup>3</sup> recoberto com geomembrana para armazenagem da vinhaça	Obra	1	17.000,0	17.000,0	2,9
Sistema de aplicação da vinhaça composto de Carretel enrolador e moto bomba de 7,5 CV	Permanente	1	40.000,0	40.000,0	6,8
Enfardadeira para silagem	Permanente	1	35.000,0	35.000,0	5,9
Maquina seladora	Permanente	1	1.000,0	1.000,0	0,2
Custos de Licenciamento ambiental (LO, LI, LO outras)	Serv. Terceiros	1	3.500,0	3.500,0	0,6
				96.500,0	16,4

Considerando um total de investimento de R\$ 590.900,00

Quadro 4.32- Relação de equipamentos e dispêndios necessários a evitar o impacto ambiental.

## 4.1.3.2 Custos operacionais voltados ao controle ambiental

O quadro 4.33 apresenta um resumo dos custos diários por atividade envolvida em minimizar o impacto ambiental no processo de produção de etanol em pequena unidade de produção.

Constatou-se que o dispêndio diário em atividades destinadas a minimizar o impacto ambiental ficou na ordem de R\$ 279,60 (duzentos e setenta e nove reais e sessenta centavos) o que representa 36,11% do dispêndio diário que foi de R\$ 774,11.

Recursos	Mão-de-obra	Energia elétrica	Depreciação instalações	Depreciação equipamentos	Material consumo indireto	Lenha	Óleo diesel	Água	Total, R\$	% Total*
Atividades										
Ensilagem	59,60	24,50	1,69	6,91	160,0	0,0	0,0	0,0	252,70	32,64
Selagem	7,50	0,0	0,37	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	7,89	1,02
Total parcial									260,59	33,66
Armazenagem da vinhaça	0,0	0,0	0,0	3,78	0,0	0,0	0,0	0,0	3,78	0,49
Descarte da vinhaça	3,00	0,50	0,0	1,42	0,52	0,0	9,86	0,0	15,30	1,96
Total parcial									19,08	2,45
Total geral	70,10	25,00	2,06	12,13	160,52	0,0	9,86	0,00	279,67	36,11

\*Custo diário de produção R\$ 774,11.

Quadro 4.33- Resumo dos custos diários por atividades destinadas a evitar impacto ambiental.

Destes gastos R\$ 260,59 são destinadas as atividades voltadas à ensilagem da matéria-prima e R\$ 19,08 destinadas às atividades voltadas a disposição final da vinhaça gerada no processo de produção.

## CONCLUSÃO

A aplicação da sistemática proposta da metodologia de Custeio Baseada em Atividades aperfeiçoou o processo de alocação de custos e refletiu a real proporção destes custos consumidos pelas atividades produtivas.

A partir do balanço de massa foi possível concluir que do processamento de 1.000 Kg de sorgo sacarino, em uma pequena unidade de produção, podem ser obtidos 34,5 kg de álcool combustível com 92,6 % de etanol em massa, o que corresponde a 43,1 litros, 522 Kg de ensilagem e 522,8 litros. Do processamento de 1.000 Kg de cana-de-açúcar podem ser obtidos 39,2 kg de álcool combustível com 92,6% de etanol em massa, que corresponde a 49,1 litros, 504 Kg de ensilagem e 592,6 litros de vinhaça.

Da apuração dos custos envolvidos na produção diária de aproximadamente 1000 litros de etanol em uma pequena unidade de produção, utilizando a metodologia de Custeio Baseado em Atividades (ABC), constatou-se que o custo total de processamento ficou em R\$ 774,11 (setecentos e quarenta e quatro reais e onze centavos), dos quais R\$ 513,52 (quinhentos e treze reais e cinqüenta e dois centavos) são relativos a produção do etanol e R\$ 260,59 (duzentos e sessenta reais cinqüenta e nove centavos) são relativos a produção da silagem, correspondendo, respectivamente, a 66,36% e 33,64% dos custos de processamento.

O custo total para produção de 1 litro de etanol hidratado a partir do sorgo sacarino ficou em R\$ 0,92, sendo R\$ 0,50 contribuição do processamento e R\$ 0,42 contribuição da matéria-prima, que corresponde a 54,0% e 46,0%, respectivamente. Quando da utilização de cana-de-açúcar como matéria prima o custo total ficou em R\$ 0,83, sendo R\$ 0,44 contribuição do processamento e R\$ 0,40 contribuição da matéria-prima, que corresponde a 52,4% e 47,6%, respectivamente. O menor custo da produção do etanol utilizando cana-de-açúcar como matéria prima deve-se ao maior rendimento de etanol com relação a utilização de sorgo sacarino como matéria prima.

Pela sistemática baseada no método de Custeio Baseado em Atividades constatou-se que o direcionador que mais contribuiu para o custo de processamento foi a mão-de-obra com 39 %, ficando em segundo lugar a depreciação dos equipamentos com 18%.

A ordem de contribuição das atividades no custo final de processamento ficou na seguinte ordem: ensilagem (32,64%), destilação (19,31%), geração de vapor (13,87%), moagem (12,00%), corte (6,64%), transporte (5,37%), descarga (4,8%) e descarte da vinhaça (1,98%).

Da ensilagem constatou-se que o gasto com embalagens plásticas para ensaque da biomassa representa 63,32% dos dispêndios e a mão-de-obra representa 23,58%.

Constata-se que o investimento necessário para remediar os impactos ambientais, em uma pequena unidade de produção, monta R\$ 96.500,00, o que representa 16,4 % do investimento total. Deste montante R\$ 57.000,00 são necessários para implementar o sistema de armazenagem e disposição da vinhaça e R\$ 36.000,00 são necessários para implementar o sistema de produção de silagem, representando 9,65% e 6,1% do investimento total para instalação de uma micro-usina de produção de etanol anidro. As atividades destinadas a minimizar o impacto ambiental representam 36,12% do custo diário do processamento do etanol.

Foi proposta a aplicação da vinhaça por aspersão utilizando sistema auto-propelido com carretel enrolador. O custo diário para aplicação da vinhaça fica na ordem de R\$ 19,08. Verificou-se que os investimentos necessários para remediar os impactos ambientais representam 16,4% do investimento total da microdestilaria. As atividades destinadas a minimizar o impacto ambiental representam 36,12% do custo diário do processamento do etanol.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
**RESOLUÇÃO ANP Nº 36**, DE 6.12.2005 - DOU 07.12.2005.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
**RESOLUÇÃO ANP Nº 05**, DE - DOU 27.02.2008.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
**RESOLUÇÃO ANP Nº 23**, DE 6.7.2010 – DOU 07.07.2010.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Disponível em <[http:// www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em 22 abr. 2010.

APOTEC - Associação portuguesa de técnicos em contabilidade. **Jornal de contabilidade** Ano XXXI. N.º 367. Outubro 2007. Publicação Mensal. ISSN 0870-8789.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004**. Resíduos sólidos: classificação.

BANDIERA, V. J. **Fichas para MARC** (comunicação pessoal). Dezembro 2010.

BRIGGS, D.E. **Brewing Science and Practice**. Publisher: Boca Raton : CRC Press ; Cambridge, England : Woodhead Pub. Ltd., 2004. ISBN: 1855734907.

BRINGHENTI, L. CABELLO, C. UBANO, L.H. Fermentação alcoólica de substrato amiláceo hidrolisado enriquecido com melão de cana. **Cienc. Agrotec.** Editora UFLA, v. 31, nº 2, p. 429-432, 2007.

BRIMSON, J. A. **Contabilidade por atividade** – uma abordagem de custeio baseado em atividades. 1ª Edição. São Paulo: Atlas, 1996.

BRUNI, A. L. **A administração de custos, preços e lucros** – com aplicação na HP 12C e Excel. Série desvendando as finanças. 3ª Edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma Técnica P 4.231 - Vinhaça: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**, dez. 2006. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>>. Acesso em nov. 2010.

COOPERSUCAR. Especificações do álcool Coopersucar. Disponível em <[http://www.coopersucar.com.br/produtos/por/alcool\\_etilico.asp](http://www.coopersucar.com.br/produtos/por/alcool_etilico.asp)>. Acesso em set de 2009.

CORRÊA, H. R.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, J. N.; CHASE, B. R. **Fundamentos da administração da produção**. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

ELIA NETO, A & NAKAHODO, T. **Caracterização físico-química da vinhaça-projeto nº 9500278**. Relatório técnico da seção de tecnologia de tratamento de águas do centro de tecnologia COPERSUCAR, 26p. Piracicaba, 1995.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <[http://www.cpact.embrapa.br/eventos/2010/simposio\\_agroenergia/palestras.php](http://www.cpact.embrapa.br/eventos/2010/simposio_agroenergia/palestras.php)>. Acesso em 26 nov. 2010.

FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Exemplos internacionais – Disponível em: <<http://www.fapesp.br/material/5588/bioen/exemplos-internacionais.htm>>, acesso em 29 out. 2010.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 10ª edição. São Paulo: Saraiva, 2009.

GALE, R. Environmental management accounting as a reflexive modernization strategy in cleaner production. **Journal of Cleaner Production**. v.14, p.1228 – 1236, 2006.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M. M. **Gestão de custos contabilidade e controle**. Tradução da 3ª edição norte americana Robert Brian Taylor. São Paulo: Cengage Learning, [2009].



Dissertação de mestrado defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Lavras do Sul.

MENEZES, T. J. B. **Etanol, o combustível do Brasil**. 1ª edição. São Paulo: Editora Agrônômico Ceres, 1980.

M. M. Assessoria Contábil Ltda. Disponível em :  
<<http://www.mmcontabilidade.com.br/mm.asp?meio=http://www.mmcontabilidade.com.br/tabeladepreciacao.htm>>. Acesso em 01/11/2010.

MOURA, L. A. A. **Economia ambiental** – gestão de custos e investimentos. 3.Edição, São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2006.

NORMAS BRASILEIRAS DE CONTABILIDADE. **NBC TE XXX Interação da entidade com o meio ambiente**. Ano 2010. Disponível em :<<http://www.crc.org.br/noticias/nbc.pdf>>. Acesso em set. 2010.

NORMAS BRASILEIRAS DE CONTABILIDADE. CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. Resolução do CFC nº 1.003 de 19.08.2004. **NBC T 15 – Informações de natureza social e ambiental**. Disponível em:<[http://www.cfc.org.br/sisweb/sre/detalhes\\_sre.aspx?Codigo=2004/001003](http://www.cfc.org.br/sisweb/sre/detalhes_sre.aspx?Codigo=2004/001003)>. Acesso em set. 2010.

OIL BRASIL, Guia orientativo de óleos lubrificantes Petrobrás Tratores. Disponível em:< <http://www.oilbrasil.com.br/gtrat.pdf>>. Acesso em dez. 2010.

OLIVEIRA, F. M. Consumo humano do sorgo na propriedade agrícola. Sorgo, uma opção agrícola. **Informe Agropecuário** n. 144, p. 11 13, 1986.

OLIVEIRA, A. B. S. O.; CECCONELLO, A. R.; BARBOSA, C. F.; CÉLICE, E. S.; KOUNROUZAN, M. C.; DI GIORGI, W. A. B. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Contabilidade**. São Paulo: Saraiva, 2003.

OMETTO, A. R. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e emergia**. 2005. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

ONU (Organização das Nações Unidas). Divisão para o desenvolvimento sustentável nas Nações Unidas. **Contabilidade da gestão ambiental procedimentos e princípios**. Nações Unidas, Nova Iorque, 2001.

PFITSCHER, E. D. **Gestão e sustentabilidade através da contabilidade e controladoria ambiental: Estudo de caso na cadeia produtiva de arroz ecológico**. 2004. 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia de produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2004.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO.  
<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=38102> acessado em 09 agosto 2011.

PROFESSOR TRABALHISTA. Disponível em :  
<[http://www.professortrabalhista.adv.br/jornada\\_de\\_trabalho.html](http://www.professortrabalhista.adv.br/jornada_de_trabalho.html)>. Acessado em dez. 2010.

RIBEIRO, M. S. **Contabilidade Ambiental**. 1ª edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

ROSADO, J., COELHO, H.M., FEIL, N.F. **Análise da viabilidade econômica da produção de bio-etanol em microdestilarias**. Estudo de viabilidade técnico-econômica independente. 33 pg., 2008.

SILVA, G. H.; ESPERANCINI, M. S. T. **Eficiência econômica e energética de sistemas de produção de mamona nos estados de Minas Gerais e Paraná**. 2008. 129 f. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura). 2008.

SILVA, P. R. S. **Avaliação de impactos e custos ambientais em processos industriais – uma abordagem metodológica**. 2003. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2003.

SILVA, P. R. S.; AMARAL, F. G. Análise de custos ambientais em processos industriais. **Produto & Produção**. Vol.9, n.2, p.91-105, jun. 2008.

SILVA, V. L. **Estudo Econômico das diferentes formas de transporte de vinhaça em fertirrigação na cana-de-açúcar**. 2009. 59 f. Dissertação de mestrado Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. 2009.

SOUZA, S. A .V. Métodos de utilização e aplicações de vinhaça. **Workshop Tecnológico sobre vinhaça**. Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas. Painel 02. 10 out. 2007. Disponível em:< [http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/position\\_paper\\_sessao2\\_veronez.pdf](http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/position_paper_sessao2_veronez.pdf)>. Acesso em abr. 2011.

TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. 4ª edição. São Paulo: editora Atlas, 2006.

TEIXEIRA, C.G.; JARDINE, J. G.; BEISMAN, D.A. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. , **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 17, n.3, p. 221-229, 1997.

TESTEZLAF, R. **Irrigação por aspersão**. Notas de aula da disciplina FA 876 Técnicas de irrigação. Disponível em: <http://webensino.unicamp.br/disciplinas/FA876-055506/apoio/12/aspersao.pdf>. Acessado em 09 de agosto de 2011.

TINOCO, J. E. P.; KRAEMER, M. E. P. **Contabilidade e gestão ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

TONINI, R. S. S. **Custo na gestão da informação**. 1ª edição. Salvador. EDUFBA/Petrobrás: 2006.

USI Biorefinarias: Disponível em:< <http://www.usibiorefinarias.com.br/> > Acesso em 03 de novembro de 2010.

## Anexo A - Questionário de pré-análise

### QUESTIONÁRIO DE PRÉ-ANÁLISE

#### SEÇÃO I - Empresa

1. Qual o setor produtivo da empresa?
2. Qual o porte que a empresa melhor se enquadra?
3. Dentro do contexto da produção, essa empresa opera em que atividade econômica?
4. Há um sistema de Gestão Ambiental na empresa?
5. A empresa possui algum tipo de certificação ambiental?
6. A empresa fornece algum tipo de treinamento para os funcionários no que se refere ao aspecto ambiental?

#### SEÇÃO II - Processos Produtivos

7. Quantas unidades produtivas há na empresa?
8. Há conexões entre as unidades produtivas?
9. Caso a resposta da questão 8 seja positiva, essa conexão ocorre em que nível?
10. Existem padrões de geração de resíduos e perdas nos processos produtivos?
11. Há um monitoramento desses resíduos e perdas?

#### SEÇÃO III - Produtos

12. Todos os produtos utilizam as mesmas matérias-primas, insumos, e apresentam a mesma complexidade produtiva?
13. Algum produto que a empresa fabrica é perigoso ao meio ambiente?

#### SEÇÃO IV - Matérias-primas, utilidades e resíduos

14. As matérias-primas utilizadas na empresa sofrem algum processo de tratamento, antes de entrar no sistema produtivo?
15. Qual a principal matéria-prima do processo?
16. As matérias-primas necessitam de condições de armazenamento especial?
17. A água utilizada nos processos sofre algum tipo de tratamento?
18. Qual a fonte de energia utilizada nos processos produtivos?
19. As demais necessidades utilizadas para o processo (vapor, ar comprimido, ...) são gerados pela empresa?
20. Caso a empresa apresente mais de um processo produtivo, os rejeitos são tratados todos juntos?
21. Há geração de resíduos nos processos produtivos?
22. Quais são estes resíduos?
23. Caso a resposta do item 21 seja afirmativa, algum desses resíduos pertencem a classe I das normas NBR 10.004?
24. Para onde são enviados os resíduos gerados?
25. Há geração de emissões nos processos produtivos?
26. A empresa conhece qual a composição desses gases?
27. A empresa conhece os efeitos dessas emissões ao meio-ambiente?

#### SEÇÃO V - Sistema de Custeio

28. A empresa possui um sistema de custeio?
29. Caso afirmativa a resposta da questão 28, qual o sistema de custeio?
30. Os custos ambientais são considerados nesta avaliação?
31. A empresa sabe quanto os custos ambientais representam dos custos de produção?

#### SEÇÃO VI - Sistema de Indicadores Ambientais

32. No setor produtivo que a empresa se insere existem indicadores ambientais específicos?
33. Há um gerenciamento das questões ambientais?

## **Anexo B - Norma NBR 10004/2004**

Segundo Philippi Jr. et al (2009), no ponto de vista ambiental existem três classes diferentes de poluição: a poluição atmosférica, contaminação das águas e os resíduos sólidos.

A Norma NBR 10004/2004 define o resíduo sólido como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição 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 técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT NBR 10004:2004).

Os resíduos sólidos são classificados de acordo com a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, suas propriedades físicas, químicas e infecto-contagiosas, em classes, conforme a versão da NBR 10004:2004.

a) resíduos classe I - Perigosos;

b) resíduos classe II – Não perigosos; (os códigos para alguns resíduos desta classe encontram-se no anexo H da referida NBR.)

– resíduos classe II A – Não inertes. (Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.)

– resíduos classe II B – Inertes. (Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G, da referida NBR.)

## Anexo C – Balanço de massa

### 1. Composição da matéria prima

Com base nas informações apresentadas nas tabelas 4.1 a 4.4 foi determinada a quantidade, em massa, de água, açúcar e fibra presente em 1000 kg(1 tonelada) de matéria prima. Como forma de ilustração tomaremos o balanço de massa para sorgo sacarino. A equação C1 permite a determinação da quantidade de água presente na matéria prima. A aplicação da equação C1 para uma massa de 1000 kg de sorgo sacarino indica que 729,9 kg são de água.

$$Massade\acute{a}gua = 1000kg * \left( \frac{\% colmos}{100} * \frac{\% caldonoscolmos}{100} * \frac{\% \acute{a}guanocaldo}{100} + \frac{\% palha}{100} * \frac{\% \acute{a}guanapalha}{100} \right) \quad \text{Equação C1}$$

$$Massade\acute{a}gua = 1000kg * \left( \frac{71}{100} * \frac{85}{100} * \frac{82,5}{100} + \frac{29}{100} * \frac{20}{100} \right) = 729,9kg$$

A partir da equação C2 é possível determinar a massa de fibras presente em 1000 kg de matéria prima. Aplicando a equação C2 para o sorgo sacarino constata-se que 164,5 kg são representados por fibra.

$$Massadefibras(kg) = 1000kg * \left( \frac{\% colmos}{100} * \frac{\% fibranoscolmos}{100} + \frac{\% palha}{100} * \frac{\% fibranapalha}{100} \right) \quad \text{Equação C2}$$

$$Massadefibras(kg) = 1000kg * \left( \frac{71}{100} * \frac{15}{100} + \frac{29}{100} * \frac{20}{100} \right) = 164,5kg$$

A equação C3 permite determinar a massa de 1000 kg de açúcar presente em 1000 kg de matéria prima. Aplicando a equação C3 para o sorgo sacarino constata-se que 105,6 kg são representados por açúcar.

$$Massadea\acute{c}ucar = 1000kg * \left( \frac{\% colmos}{100} * \frac{\% caldonoscolmos}{100} * \frac{GrauBrix}{100} \right) \quad \text{C3}$$

$$Massadea\acute{c}ucar = 1000kg * \left( \frac{71}{100} * \frac{85}{100} * \frac{17,5}{100} \right) = 105,6kg$$

### 2. Moagem

Com base no rendimento da moagem foi determinada a massa de caldo e a massa de biomassa residual resultantes do processamento de 1000 kg de sorgo sacarino. A equação C4 permite determinar a massa de caldo e a equação C5 permite determinar a massa de biomassa residual. Aplicando as equações C4 e C5 para a matéria prima sorgo sacarino resulta que a corrente líquida (caldo) é de 420 kg, com um grau Brix de 17,5, e a corrente sólida (biomassa residual) é de 580 kg.

$$Massadecaldo(kg) = 1000kg * \frac{Re\ n\ dim\ entode\ extra\c{c}o}{100} \quad \text{C4}$$

$$Massadebiomasaresidual(kg) = 1000kg * \left( 1 - \frac{Re\ n\ dim\ entode\ extra\c{c}o}{100} \right) \quad \text{C5}$$

$$Massadecaldo(kg) = 1000kg * \frac{42}{100} = 420kg$$

$$Massadebiomasaresidual(kg) = 1000kg * \left( 1 - \frac{42}{100} \right) = 580kg$$

### 3. Análise do caldo

O caldo extraído foi analisado quanto seu teor de açúcar, utilizando refratômetro digital, resultando em um valor de 17,5. Isto significa que em cada 100 kg de caldo 17,5 são de açúcares. A partir desta informação é possível determinar a massa de açúcar e de água presente no caldo extraído da matéria prima sorgo sacarino, representada pelas equações C6 e C7, respectivamente.

$$\text{Massadeaçúcarcaldo}(kg) = \text{massadecaldo} * \left( \frac{\text{GrauBrixdocaldo}}{100} \right) \quad \text{C6}$$

$$\text{Massadeaçúcarcaldo}(kg) = 420kg * \left( \frac{17,5}{100} \right) = 73,5kg$$

$$\text{Massa}_{\text{água}}_{\text{caldo}}(kg) = \text{massadecaldo} * \left( 1 - \frac{\text{GrauBrixdocaldo}}{100} \right) \quad \text{C7}$$

$$\text{Massadeáguaocaldo}(kg) = 420kg * \left( 1 - \frac{17,5}{100} \right) = 346,5kg$$

### 4. Composição da biomassa residual

A biomassa residual, resultante do processo de moagem, por ser a corrente sólida contem toda a fibra presente na biomassa “in natura” e parcela do caldo, contendo água e açúcar. A quantidade de fibras é a mesma determinada pela equação C2, que é de 164,5 kg. A quantidade de açúcar pode ser determinada pela diferença entre a quantidade de açúcar presente na biomassa “in natura” e a quantidade de açúcar presente no caldo extraído (equação C8). A quantidade de água presente na biomassa residual pode ser determinada pela equação C9. Aplicando as equações C8 e C9 resulta que a biomassa residual contem 32 kg de açúcar, que representa 30,4 % do açúcar total, e 383,5 kg de água.

$$\text{Massadeaçúcarbiomassaresidual}(kg) = \text{Massadeaçúcar}(kg) - \text{massadeaçúcarcaldo}(kg) \quad \text{C8}$$

$$\text{Massadeaçúcarbiomassaresidual}(kg) = 105,6kg - 73,5kg = 32,1kg$$

$$\text{Massadeáguaibiomassaresidual}(kg) = \text{Massadebiomassaresidual} - \text{massadeaçúcarbiomassaresidual} - \text{massadefibra} \quad \text{C9}$$

$$\text{Massadeáguaibiomassaresidual}(kg) = 580kg - 32,1kg - 164,5kg = 383,4kg$$

### 5. Diluição do caldo

Para que o processo de fermentação seja relativamente rápido torna-se necessária a diluição do caldo ou mosto para que o teor de açúcar fique na ordem de 16 Graus Brix. Para determinar a quantidade de água a ser acrescentada ao mosto utiliza-se a equação C10. Aplicando a equação C10 determinou-se que é necessária a adição de 39 kg de água ao caldo original para que o teor de açúcar fique em 16 Graus Brix.

$$\text{Massadeáguaadediluição}(kg) = \frac{\text{Massadeaçúcarcaldo} - \frac{\text{GrauBrixdesejado}}{100} * \text{Massadecaldo}}{\frac{\text{GrauBrixdesejado}}{100}} \quad \text{C10}$$

$$\text{Massa de água de diluição (kg)} = \frac{73,5\text{kg} - \frac{16}{100} * 420\text{kg}}{\frac{16}{100}} = 39\text{kg}$$

A massa total de água no mosto de fermentação é de 385,5 kg (equação C11), resultado da soma da quantidade de água presente no caldo (equação C7) e massa de água de diluição (equação C10).

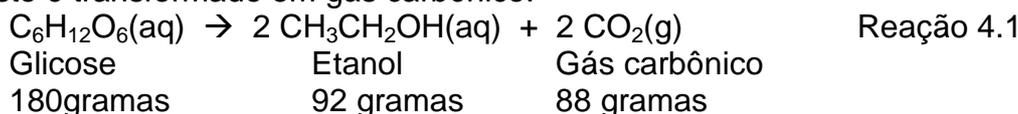
$$\text{Total}_{\text{água}_{\text{mosto}_{\text{fermentação}}} = \text{massa}_{\text{água}_{\text{caldo}}}(\text{kg}) + \text{massa}_{\text{água}_{\text{diluição}}} \quad \text{C11}$$

$$\text{Total}_{\text{água}_{\text{mosto}_{\text{fermentação}}} = 346,5\text{kg} + 39\text{kg} = 385,5\text{kg}$$

A massa total de caldo de diluição fica em 459 kg, dos quais 73,5 kg são de açúcar e 385,5 kg são de água. Este caldo será submetido a fermentação nas dornas de fermentação.

## 6. Fermentação

Na fermentação o açúcar, representado como glicose, presente no caldo ou mosto é transformado em gás carbônico.



Para determinar a massa de etanol anidro formado da fermentação é necessário conhecer o quanto do açúcar presente no meio transforma-se em etanol em base mássica. Esta variável é representada pela equação:  
 $R = \text{kg de álcool formado} / \text{kg de açúcar} = 0,52$

A massa de etanol anidro formado pode ser determinada a partir da equação C12 e a quantidade de dióxido de carbono pela equação C13.

$\text{Massa de álcool anidro formado (kg)} = \text{Massa de açúcar no caldo (kg)} * R * \frac{\text{Rendimento na fermentação}}{100}$	<b>C12</b>
--	------------

$\text{Massa de dióxido de carbono formado (kg)} = \text{Massa de açúcar no caldo (kg)} * (1 - R) * \frac{\text{Rendimento na fermentação}}{100}$	<b>C13</b>
---	------------

Considerando um rendimento na fermentação de 88% a massa de álcool anidro fica na ordem de 33,6 kg e a quantidade de dióxido de carbono em 31,0 kg.

$$\text{Massa de álcool anidro formado (kg)} = 73,5\text{kg} * 0,52 * \frac{88}{100} = 33,6\text{kg}$$

$$\text{Massa de dióxido de carbono formado (kg)} = 73,5\text{kg} * (1 - 0,52) * \frac{88}{100} = 31,0\text{kg}$$

A quantidade de açúcar residual, que não fermentou, pode ser determinado pela diferença da quantidade de açúcar presente no mosto e a quantidade que foi convertida em etanol e dióxido de carbono (Equação C14). Considerando que o rendimento na fermentação foi de 88% a massa de açúcar residual fica na ordem de 8,8 kg.

$\text{Massa de açúcar residual (kg)} = \text{Massa de açúcar no caldo (kg)} * (1 - \text{Rendimento na fermentação} / 100)$	<b>C14</b>
--	------------

$$Massa_{\text{de\acute{a}c\text{w}arresidud}(kg) = 73,5kg * (1 - 88/100) = 8,8kg$$

Considerando que a água não evapora durante o processo de fermentação a quantidade de água que entra é a mesma que sai ( 285,5 kg).

Assim, a massa total ao final do processo de fermentação cai pois o dióxido de carbono formado, por ser um gás, é lançado na atmosfera.

## 7. Destilação

No processo de destilação são geradas duas correntes. A corrente de topo, onde sai o álcool concentrado que será utilizado como combustível e a corrente de fundo onde sai a vinhaça contendo água, açúcar não fermentado e pequena parcela de etanol não removido.

Para realizar o balanço de massa nesta etapa do processo foram realizadas as seguintes considerações: a) teor alcoólico da corrente de topo: 92,6 % em massa; b) Rendimento na extração do etanol: 95%; c) para cada kg de álcool produzido são necessários 3 kg de vapor.

Com base nas informações acima foi calculada a composição da corrente de topo e corrente de fundo. As quantidades de etanol que saem pelo topo e base da coluna foram determinados pelas equações C15 e C16.

$Massa_{\text{etanol\_topo\_coluna}}(kg) = Massa_{\text{\acute{a}lcool\_anidro\_formado}}(kg) * Rendimento_{\text{destilação}}$	C15
---	-----

$$Massa_{\text{etanol\_topo\_coluna}}(kg) = 33,6kg * 95 / 100 = 32,0kg$$

$Massa_{\text{etanol\_base\_coluna}}(kg) = Massa_{\text{\acute{a}lcool\_anidro\_formado}}(kg) * (1 - Rendimento_{\text{destilação}})$	C16
---	-----

$$Massa_{\text{etanol\_base\_coluna}}(kg) = 33,6kg * (1 - 95/100) = 1,6kg$$

A quantidade de massa que sai pelo topo da coluna e foi determinado utilizando a equação C17. Considerando que o etanol tenha um teor alcoólico de 92,6% em massa a quantidade de água que sai pelo topo é a diferença entre a massa total e a massa de etanol: 34,55 – 32 – 2,5 Kg de água.

$Massa_{\text{Total\_topo\_coluna}}(kg) = \frac{Massa_{\text{\acute{a}lcool\_anidro\_formado}}(kg)}{Teor_{\text{\acute{a}lcool\_topo}/100}}$	C17
--	-----

$$Massa_{\text{Total\_topo\_coluna}}(kg) = \frac{32,0kg}{92,6/100} = 34,5kg$$

Na destilação utiliza-se vapor direto para realizar o aquecimento do sistema. A quantidade de vapor consumida esta relacionada com o volume de etanol que sai no topo da coluna. Neste trabalho foi tomado como base que para cada litro de etanol formado são consumidos 3 kg de vapor.

O volume de etanol pode ser determinado pela equação C18. Considerando que a densidade do etanol anidro é de 0,8kg/litro o volume de etanol formado do processamento de 1000 kg de sorgo sacarino é de 43,1 litros.

$$Volume_{\text{etanol\_formado}} = \frac{Massa_{\text{etanol\_topo\_coluna}}(kg) + Massa_{\text{\acute{a}gua\_topo\_coluna}}(kg)}{\text{densidade}} \quad C18$$

$$Volume_{\text{etanol\_formado}} = \frac{32kg + 1,6kg}{0,8kg/litro} = 43,1litros$$

A quantidade de vapor formado foi determinado pela equação C19. Assim, para formar 43,1 litros de etanol são consumidos 129,4 kg de vapor.

$Massa_{\text{vapor\_injetado\_coluna}}(kg) = Volume_{\text{etanol\_formado}}(litros) * kg_{\text{vapor\_consumido\_litro\_etanol}}$	C19
--	-----

$$\text{Massa\_vapor\_injetado\_coluna(kg)} = 43,1 \text{ litros\_e tanol} * 3 \text{ kgvapor / litro\_e tanol} = 129,4 \text{ kg}$$

A massa final de água que sai pela base da coluna é composta de parte da água proveniente do vinho de fermentação e da água proveniente da condensação do vapor, e pode ser determinada pela equação C20.

$$\text{Massa\_agua\_base\_coluna} = \text{Total\_água\_mosto\_fermentação} + \text{Massa\_vapor\_injetado\_coluna} - \text{Massa\_água\_topo\_coluna}$$

$$\text{Massa\_agua\_base\_coluna} = 385,5 \text{ kg} + 129,4 \text{ kg} - 2,5 \text{ kg} = 512,4 \text{ kg}$$