



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA



ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

# BIOCOMBUSTÍVEIS: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE MICRODESTILARIAS DE ETANOL NO RIO GRANDE DO SUL

**Manoela Dutra Canova**

**Orientadores: Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler**

**Dra. Luciane Ferreira Trierweiler**

Porto Alegre, Julho de 2011

## **Agradecimentos**

Aos meus pais e ao meu irmão, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim. A eles dedico este trabalho.

A Deus pela graça de poder realizar e concluir o trabalho ao qual me propus e no qual confiei.

Aos meus amigos, pelo companheirismo, compreensão e pelos momentos agradáveis compartilhados.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler e Dra. Luciane Ferreira Trierweiler, pela proposição do tema e pelo auxílio durante a realização desta pesquisa.

À mestranda Sara Masiero pelo apoio à minha pesquisa e auxílio ao longo do estudo.

Aos professores do departamento de Engenharia Química da UFRGS por não medirem esforços para proporcionar uma educação de qualidade a seus estudantes.

## Sumário

Agradecimentos.....	ii
Sumário.....	iii
Lista de Figuras .....	iv
Lista de Tabelas.....	v
Resumo .....	vii
1. Introdução e Objetivos .....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1 Mandioca .....	4
2.2 Batata-doce .....	7
2.3 Sorgo.....	9
3. Metodologia .....	11
3.1 Dados das Culturas .....	11
3.2 Descrição dos Cenários.....	14
3.2.1 Cenário 1.....	14
3.2.1.1 Equipamentos.....	14
3.2.1.2 Infra-estrutura .....	15
3.2.1.3 Matéria-Prima.....	16
3.2.2 Cenários 2 e 3 .....	19
3.2.3 Cenários 4 e 5 .....	24
3.3 Análise de viabilidade econômica .....	27
3.3.1 Fluxo de Caixa .....	28
4. Resultados .....	28
5. Conclusão e Sugestões .....	31
Bibliografia.....	33
Anexo 1: Memorial descritivo da Mini-Usina de Bioetanol USI 1000 .....	36
Anexo 2: Zoneamentos Agrícolas do Rio Grande do Sul .....	38
Anexo 3: Fluxos de Caixa .....	40
Anexo 4: Análise de Sensibilidade .....	52

## Lista de Figuras

Figura 2.1: Fluxograma da produção de etanol a partir de mandioca. ....	6
Figura 2.2: Planta de sorgo sacarino- Fepagro – Taquari – RS. ....	10
Figura 3.1: Comparação entre as culturas das produtividades em etanol (L/ha). ....	13
Figura 3.2: Comparação entre as culturas das produtividades acumuladas em etanol (L/ha). ....	13
Figura 3.3: Balanço de massa para o sorgo sacarino. ....	16
Figura 3.4: Balanço de massa para a cana-de-açúcar. ....	17
Figura 3.5: Fluxograma de produção de etanol a partir de fontes amiláceas e sacarídeas. ....	19
Figura 3.6: Balanço de massa no processamento industrial da mandioca para produção de etanol. ....	21
Figura 6.1: Zoneamento Agrícola da produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. ....	38
Figura 6.2: Zoneamento Agrícola da produção de mandioca no Rio Grande do Sul. ....	38
Figura 6.3: Zoneamento Agrícola da produção de batata-doce no Rio Grande do Sul. ....	39
Figura 6.4 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 1(a) – sorgo sacarino + cana-de-açúcar. ....	52
Figura 6.5 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 1(b) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar. ....	52
Figura 6.6 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 2(a) - sorgo sacarino + mandioca. ....	53
Figura 6.7 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 2(b) - sorgo sacarino + mandioca. ....	53
Figura 6.8 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 3(a) - sorgo sacarino + batata-doce. ....	53
Figura 6.9 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 3(b) - sorgo sacarino + batata-doce. ....	54
Figura 6.10 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 4(a) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca. ....	54
Figura 6.11 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 4(b) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca. ....	54
Figura 6.12 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 5(a) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce. ....	55
Figura 6.13 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 5(b) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce. ....	55

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Comparação dos rendimentos de produção e de etanol e eficiência de conversão.....	4
Tabela 2.2: Comparação de viabilidade entre as culturas de mandioca e cana-de-açúcar. ....	5
Tabela 2.3: Composição química da raiz de mandioca.....	6
Tabela 2.4: Composição química da batata-doce. ....	7
Tabela 2.5: Comparação entre sorgo sacarino e cana-de-açúcar para produção de etanol.....	10
Tabela 3.1: Dados das culturas cana-de-açúcar, sorgo sacarino, mandioca e batata-doce.....	11
Tabela 3.2: Períodos de Plantio e Colheita das culturas analisadas.....	11
Tabela 3.3: Produtividade por ano do projeto (Ton/ha). ....	12
Tabela 3.4: Períodos de colheita dos cenários escolhidos por cultura, segundo legenda da Tabela 3.2.....	13
Tabela 3.5: Custo por tonelada produzida, produtividade e custo por ano do projeto.....	14
Tabela 3.6: Custos dos equipamentos da microdestilaria.....	15
Tabela 3.7: Dados resumidos do balanço de massa da cana-de-açúcar e do sorgo sacarino.....	16
Tabela 3.8: Custos detalhados de produção por atividade envolvida no processo (I).....	17
Tabela 3.9: Custos detalhados de produção por atividade envolvida no processo (II).....	18
Tabela 3.10: Custos totais de Produção no Cenário 1(Sorgo + cana).....	18
Tabela 3.11: Receitas Totais do Cenário 1 (Sorgo + cana).....	19
Tabela 3.12: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida para o Cenário 2. ....	20
Tabela 3.13: Detalhamento dos Custos Operacionais da cultura da mandioca.....	20
Tabela 3.14: Dados resumidos do balanço de massa da mandioca e do sorgo sacarino.....	22
Tabela 3.15: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida do Cenário 3. ....	22
Tabela 3.16: Custos totais de produção para o cenário 2 (Sorgo + mandioca).....	23
Tabela 3.17 : Custos totais de produção para o cenário 3 (Sorgo + batata-doce). ....	23
Tabela 3.18: Total de Receitas para o Cenário 2 (Sorgo + mandioca).....	23
Tabela 3.19: Total de Receitas para o Cenário 3 (Sorgo + batata-doce). ....	24
Tabela 3.20: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida do Cenário 4. ....	24
Tabela 3.21: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida do Cenário 5. ....	25

Tabela 3.22: Custos totais de produção para o cenário 4 (Sorgo+cana+mandioca).....	26
Tabela 3.23 : Custos totais de produção para o cenário 5 (Sorgo + cana+ batata-doce).....	26
Tabela 3.24: Total de Receitas para o Cenário 4 (Sorgo+cana+mandioca).....	26
Tabela 3.25: Total de Receitas para o Cenário 5 (Sorgo+cana+batata-doce).....	26
Tabela 4.1 Análise de sensibilidade do VPL, TIR e <i>Payback</i> para o cenário de produção apenas com cana-de-açúcar.....	29
Tabela 4.2: Indicadores econômicos dos Cenários.....	30
Tabela 6.1 Fluxo de Caixa do Cenário 1 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.....	40
Tabela 6.2 Fluxo de Caixa do Cenário 1 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.....	41
Tabela 6.3 Fluxo de Caixa do Cenário 2 de produção (sorgo sacarino + mandioca) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.....	42
Tabela 6.4 Fluxo de Caixa do Cenário 2 de produção (sorgo sacarino + mandioca) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.....	43
Tabela 6.5 Fluxo de Caixa do Cenário 3 de produção (sorgo sacarino + batata-doce) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.....	44
Tabela 6.6 Fluxo de Caixa do Cenário 3 de produção (sorgo sacarino + batata-doce) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.....	45
Tabela 6.7 Fluxo de Caixa do Cenário 4 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.....	46
Tabela 6.8 Fluxo de Caixa do Cenário 4 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.....	47
Tabela 6.9 Fluxo de Caixa do Cenário 5 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.....	48
Tabela 6.10 Fluxo de Caixa do Cenário 5 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.....	49
Tabela 6.11 Fluxo de Caixa do Cenário apenas com cana-de-açúcar com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.....	50
Tabela 6.12 Fluxo de Caixa do Cenário apenas com cana-de-açúcar com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.....	51

## **Resumo**

De acordo com o novo modelo de matriz bioenergética, desde que se implantou a crise mundial de energia, o Brasil é um país que reúne diversas condições favoráveis ao desenvolvimento de ações voltadas para bioenergia. Essa vocação, pioneira no país, pode ser mais bem aproveitada se levarmos em conta que a nossa matriz de bioenergia tem de ser diversificada, pois as condições brasileiras permitem possibilidades bastante variadas de matérias-primas, uma vez que as condições de clima, solo, altitude e fotoperíodo são muito variadas em todo o Brasil.

A busca por novas fontes de matérias-primas para produção de etanol deve ser realizada dentro de um cenário que envolve três vetores fundamentais. O primeiro a ser considerado é o tipo da cultura, seu potencial energético. O segundo diz respeito ao poder de adaptação da cultura escolhida às condições de solo e clima sobre as quais ela será, de fato, utilizada no processo de produção de etanol. Nessa situação, devemos observar, principalmente, os possíveis impactos produzidos no ambiente, desde o plantio até a obtenção do produto final. Outro ponto fundamental dessa questão é a obtenção de uma alta produtividade em condições de solo de baixa a média fertilidade. O terceiro vetor a ser considerado são os resíduos produzidos, ou seja, a qualidade e quantidade desse resíduo, os impactos ambientais e/ou seu destino final.

Com o objetivo de apresentar um estudo da viabilidade econômica da implantação de microdestilarias de etanol produzido através de culturas agrícolas características do Rio Grande do Sul, o presente trabalho apresenta alternativas de cenários de produção agrícola com produtividade desejável e que podem ser executados com sucesso no estado.

Os cenários apresentados envolvem a combinação das culturas de cana-de-açúcar, sorgo sacarino, mandioca e batata-doce para a produção de etanol.

## 1. Introdução e Objetivos

A necessidade de se reduzir as emissões de dióxido de carbono resultante dos combustíveis fósseis, bem como as preocupações referentes à escassez destes combustíveis tem intensificado a busca de novas fontes de energia limpa para combustíveis. No Brasil, a cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a produção do álcool, sendo amplamente utilizada nas últimas décadas. Ainda assim, outras culturas apresentaram-se rentáveis para esta finalidade, dentre estas, a mandioca, que já foi utilizada para este objetivo na década de 1970 (RIZATO, 2009). Para a cultura da mandioca existe ainda muito espaço a ser conquistado em termos de produtividade agrônômica, enquanto que para a cana-de-açúcar, que há anos vem desenvolvendo o seu potencial agrônômico, os incrementos em produtividade têm sido menores e a maiores custos (CABELLO, 2005).

O etanol pode ser obtido de duas formas: por síntese química e por fermentação. Na síntese química, o etanol é produzido a partir de hidrocarbonetos insaturados, como eteno e etino, e de gases de petróleo e hulha. Obviamente, o etanol obtido desta forma não é proveniente de matéria-prima renovável e nem pode ser considerado como combustível alternativo. Assim, a via fermentativa é o método utilizado na obtenção de etanol no Brasil e na maior parte dos países do mundo. Este processo é constituído de três partes: preparo do substrato, fermentação e destilação do fermentado.

Qualquer produto que contenha uma quantidade considerável de carboidratos constitui-se em matéria-prima para obtenção de álcool. Entretanto, para que seja viável economicamente, é preciso que se considere o seu volume de produção, rendimento industrial e o custo de fabricação. De acordo com o tipo de carboidratos presentes nas matérias-primas elas podem ser classificadas em três tipos, descritos a seguir:

- materiais açucarados: contêm açúcares simples, como glicose, frutose e maltose. Os dissacarídeos são fermentados após uma hidrólise ocorrida pela ação da enzima invertase, produzida pelo próprio agente de fermentação. Ex.: cana-de-açúcar, beterraba açucareira, melaços, mel de abelhas e frutas;
- materiais amiláceos: contêm amido que pode ser quebrado em glicose pela hidrólise ácida ou enzimática num processo denominado malteação ou sacarificação. Ex.: grãos amiláceos (milho, sorgo, cevada, trigo), raízes e tubérculos (batata, batata-doce, mandioca);
- materiais celulósicos: são constituídos de celulose, glicose, hemicelulose e lignina. Apesar de estarem disponíveis em grande quantidade, não oferecem, por enquanto, condições econômicas na produção de etanol, pois para tornarem-se fermentescíveis devem passar por um processo complexo de hidrólise ácida. Ex.: palha, madeira, resíduos agrícolas e de fábricas de papel. A levedura *Saccharomyces cerevisiae* não consegue metabolizar pentoses (monômeros que formam a hemicelulose) e para liberar a celulose para a fermentação é necessário primeiro separar a lignina. Este é um processo que demanda muita energia, sendo alvo de muitas pesquisas (PEREIRA Jr. et al, 2008 apud CGEE, 2010).



A produção de etanol por fermentação de substratos amiláceos vem sendo objeto de intensas pesquisas (LIMA, U. de A, 2001 apud CABELLO et al, 2008) que buscam aperfeiçoar a conversão destes materiais de um modo mais rápido e a menores custos. Atualmente, o país já possui uma matriz energética com participação significativa de energias renováveis, tendo acumulado experiência na produção de álcool como combustível. A ampliação da participação da biomassa, a partir de fontes amiláceas, como mandioca, sorgo e batata-doce, poderá pôr em perspectiva os complexos agroindustriais em direção aos pequenos empreendimentos, ampliando as políticas de cunhos social, ambiental e econômico nas comunidades agrícolas e de base familiar. Além de uma nova iniciativa, será também um modo de produzir álcool com menor teor de impurezas, podendo destinar-se à indústria farmacêutica e de bebidas, promovendo o aumento de novos investimentos, empregos, renda e desenvolvimento tecnológico, além de poder atender parte da crescente demanda mundial por combustíveis de reduzido impacto ambiental (CABELLO et al, 2008).

Além da cultura da mandioca citada anteriormente, a batata-doce também se destaca como possível produtora de etanol devido à similaridade com a mandioca em termos de processamento para a produção de álcool.

Dentre os muitos benefícios advindos da produção do álcool a partir de amiláceas, destacam-se:

- No caso da bataticultura e mandiocultura, o aproveitamento de produto não classificado rejeitado na colheita, cujo montante histórico é de 25% a 30% da produção, permite ganhos sem precedentes para o agricultor que subsiste dessas culturas.

- A garantia de compra dos rejeitos do plantio promoverá tranqüilidade financeira a todos que vivem dessas atividades econômicas.

- A geração de empregos, tanto diretos como indiretos, permitindo que mais pessoas ingressem na atividade de plantio, bem como em atividades industriais paralelas para exploração do produto e dos subprodutos oriundos da planta em questão.

- Efeito econômico direto nos cofres do município, pela atividade industrial, melhorando a participação na arrecadação do ICMS e de outros impostos municipais (SBRT).

Dentre as diversas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol, destaque vem sendo dado também ao sorgo sacarino, que é um tipo de sorgo de porte alto, caracterizado, principalmente, por apresentar colmo doce e succulento como o da cana-de-açúcar. O sorgo sacarino já é fonte de produção de etanol em países como Índia, China, Austrália e África do Sul, sendo atualmente uma das apostas americanas para substituir o milho na produção de etanol. No Brasil, o programa de melhoramento de sorgo sacarino da Embrapa foi reativado recentemente com foco para o desenvolvimento de cultivares híbridas com maior teor de açúcares e cultivares insensíveis à temperatura, permitindo elevadas produções de biomassa e o plantio em qualquer época do ano (neste caso já com foco para o etanol de 2ª geração) (EMYGDIO, 2009).

Hoje, no Brasil, se está apostando que a combinação sorgo sacarino e cana-de-açúcar venha a ser a dobradinha de cultura a ser utilizada para aumentar a produção de etanol no país. Estas culturas se complementam perfeitamente. A ideia é produzir o etanol a partir do sorgo sacarino nos meses de janeiro e fevereiro, exatamente na época em que há escassez de etanol no mercado devido à entressafra da cana-de-açúcar. A vantagem do sorgo sacarino, além de ser uma cultura complementar à cana-de-açúcar, é a possibilidade de ser processado com poucas adaptações nas usinas de etanol. Isto permitirá que se reduza a ociosidade dessas plantas em pelo menos 2 meses.

Atender à crescente demanda interna brasileira por etanol será o principal desafio dos produtores daqui para frente. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), o consumo de etanol anidro e hidratado em 2007 foi de 17,3 milhões de litros, pouco abaixo dos 18,6 milhões de litros de gasolina no mesmo período. Entre 2000 e 2007, o consumo de etanol avançou 50% enquanto o da gasolina cresceu 8% e o óleo diesel 17,4%. Segundo estimativas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2017 o consumo de etanol no Brasil irá saltar para 53 milhões de litros anuais e esse volume representará cerca de 80% dos combustíveis líquidos consumidos por veículos leves e de pequeno porte no Brasil. No acumulado de janeiro a setembro de 2008, as vendas de álcool combustível foram 1,6% maiores que as da gasolina (OINEGUE, 2009 apud CAMACHO, 2009).

O Estado do Rio Grande do Sul produz apenas 2% do álcool que consome atualmente e paga um preço alto pela importação de álcool de outros estados. Além disso, a expectativa do aumento médio de 10% da mistura de álcool à gasolina e o aumento da frota de veículos bicombustível devem pressionar a demanda por álcool nos próximos anos (Fonte: Embrapa – Pelotas – RS- 2008). A cana-de-açúcar é vista como uma das culturas capazes de suprir parte dessa demanda. No entanto, considerando sua magnitude, apostar no monocultivo da cana-de-açúcar e na centralização da produção em alguns estados, não parece uma estratégia adequada, pois a cana-de-açúcar apresenta exigências climáticas que restringem seu cultivo em diversas regiões do país e, em especial, no Rio Grande do Sul. Considerando ainda a estrutura fundiária do Estado, a produção de bioenergia numa perspectiva de sustentabilidade, passa, obrigatoriamente, pela diversificação de matérias-primas.

O Rio Grande do Sul, além de concentrar grande número de produtores do segmento da agricultura familiar, apresenta uma diversidade de condições ambientais que permitem, ao explorar matérias-primas renováveis de propósito múltiplo, como a batata-doce, sorgo e mandioca, promover a produção integrada de alimento e energia na pequena propriedade, descentralizando a produção de álcool e aproveitando o potencial de culturas regionais (CASTRO et al, 2008).

O objetivo deste trabalho é a avaliação da viabilidade econômica da produção de etanol no Rio Grande do Sul através da implantação de microdestilarias no estado para a produção do álcool por culturas agrícolas regionais.

O trabalho dissertará sobre cinco cenários de produção escolhidos que combinam as culturas agrícolas da cana-de-açúcar, do sorgo sacarino, da mandioca e da batata-doce. Estes cenários apresentam como variáveis, além da biomassa utilizada, os custos e receitas de produção, o investimento inicial e as percentagens de financiamento.

Em virtude dos resultados obtidos nos cenários de produção, serão apresentadas as alternativas que forneçam melhor produtividade. A análise econômica será apresentada em função dos indicadores econômicos VPL, TIR e *Payback*.

No Capítulo 2 será feita uma breve revisão bibliográfica, no Capítulo 3 será apresentada a metodologia do estudo e serão descritos os cinco cenários estudados, no Capítulo 4 serão apresentados os resultados da análise econômica.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 Mandioca

A mandioca é um produto genuinamente brasileiro. Ela é produzida em todos os estados do país, com custos de produção relativamente baixos em relação às outras culturas agrícolas, além de ser uma cultura com poucos riscos e com baixos investimentos (ABAM, 2007, apud SILVA et al, 2009).

É uma cultura tradicional de pequenas e médias propriedades, bem adaptada às condições de solo e clima do Rio Grande do Sul. Devido a sua grande capacidade de armazenar amido nas raízes, a mandioca pode ser uma alternativa viável para a produção de álcool, favorecendo aos pequenos e médios produtores rurais e incentivando a industrialização. Deste modo, o Rio Grande do Sul pode tornar-se auto-sustentável na produção de álcool combustível e desenvolver tecnologia para uma nova matriz produtiva, uma vez que a mandioca é cultivada em todo o Brasil (SILVEIRA, 2005).

Dados da FAO (2008), citados por Matheus Rizato (2009), apontam que em termos mundiais a mandioca apresenta maior eficiência na conversão de álcool em relação às culturas de beterraba e cana-de-açúcar, como se observa na Tabela 2.1. O rendimento apresentado foi calculado a partir da planta pré-processada, sendo a matéria-prima para o milho e sorgo os seus grãos.

**Tabela 2.1: Comparação dos rendimentos de produção e de etanol e eficiência de conversão.**

Produto	Rendimento (Toneladas/hectare)	Eficiência na Conversão (Litros/tonelada)	Rendimento do Biocombustível (Litros/hectare)
Beterraba	46	110	5060
Cana-de-açúcar	65	70	4550
Mandioca	12	180	2070
Milho	4,9	400	1960
Arroz	4,2	430	1806
Trigo	2,8	340	952
Sorgo	1,3	380	494

Fonte: RIZATO, 2009.

Segundo Cláudio Cabello (2005), o etanol proveniente da mandioca mostrou viabilidade superior com relação às demais principais matérias primas como a cana-de-açúcar no Brasil no que se refere à conversão teórica de álcool, como se observa na Tabela 2.2. Observa-se que a mandioca vem ganhando espaço em produtividade e com potencialidades ainda não esgotadas, enquanto que a produtividade agrícola da cana de açúcar foi tomada pela média, pois o critério de comparação fica muito afetado pela diversidade de produtividade que se apresenta, por exemplo, quando é de 1º ou 2º ou 3º cortes da soqueira, mas todos em solos tratados e de qualidade.

O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor mundial de mandioca, produção inferior somente a da Nigéria. Segundo dados da Food and Agriculture Organization – FAO (2009), em 2008 a produção brasileira totalizou 26,5 milhões de toneladas, o equivalente a 11,9% do total produzido no mundo (RIZATO, 2009). O RS deixou de ser um dos principais produtores de mandioca, reduzindo drasticamente a sua área plantada nos últimos 40 anos em cerca de um terço devido à falta de incentivos para a cultura. O baixo nível de industrialização e de investimento em pesquisas fez com que o rendimento atual da cultura situe-se entre os menores do país (SILVEIRA, 2005).

**Tabela 2.2: Comparação de viabilidade entre as culturas de mandioca e cana-de-açúcar.**

<b>Componente</b>	<b>Mandioca</b>	<b>Cana de açúcar</b>
Produtividade agrícola (t / ha.ano)	30,0	80,0
Açúcares Totais (%)	35,0	14,5
Produtividade em açúcares (t / ha.ano)	10,5	11,6
Conversão teórica (m <sup>3</sup> / t açúcares)	0,718	0,681
Produtividade etanol (m <sup>3</sup> / ha.ano)	7,54	7,90
Preço CIF matéria prima (R\$ / t)	110,00	38,70
Custo unitário etanol (R\$/m <sup>3</sup> )	437,66	391,90

Fonte: CABELLO, 2005.

O requerimento de um pré-tratamento como diferença de processo entre matérias-primas amiláceas e sacarídeas ainda é, à primeira vista, uma desvantagem para o amido. Por outro lado, nessas fontes os carboidratos se apresentam em maiores concentrações por unidade de matéria-prima vegetal, o que significa uma vantagem por reduzir consideravelmente a quantidade necessária implicando em aumento de investimentos; custeio do sistema; custos de logística, energia, mão de obra, remoção de resíduos, etc. Como se observa, os amidos são uma importante fonte de carboidratos para processos de fermentação etanólica e as pesquisas, tanto no desenvolvimento da produtividade agrícola quanto para otimização dos sistemas de produção, certamente irão diminuir ainda mais a lacuna existente na sua utilização e trarão uma maior valorização destas matérias primas representadas pelas tuberosas amiláceas (CABELLO, 2005).

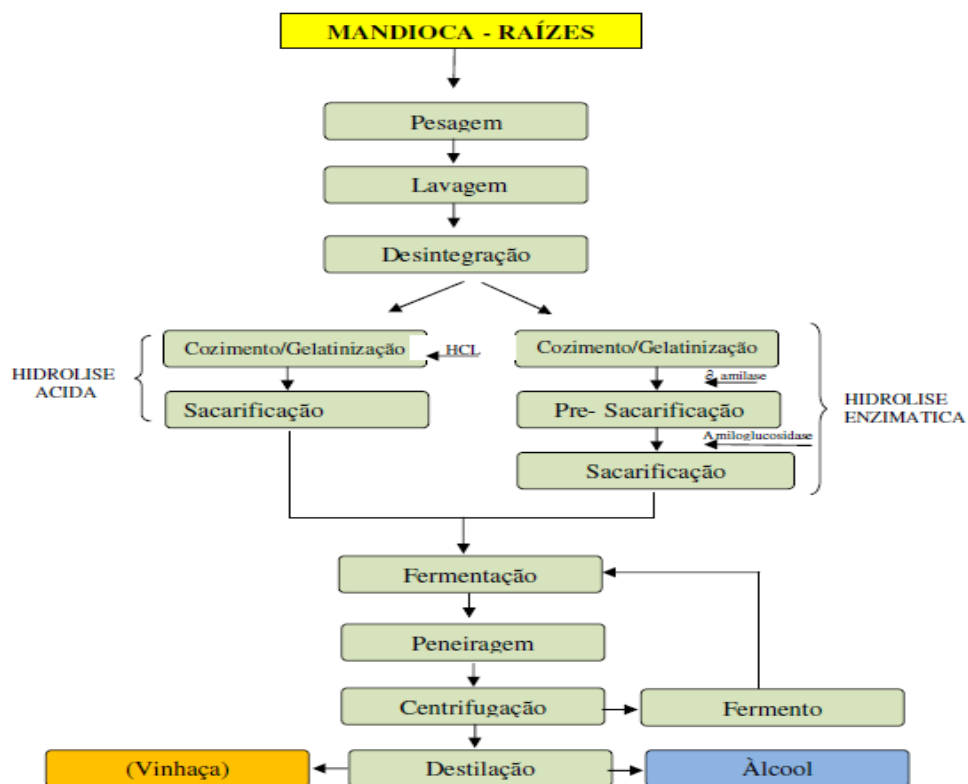
Na Tabela 2.3, apresenta-se a composição química da raiz de mandioca (CEREDA, 2001 apud OSTROWSKI et al, 2006). De modo geral, o amido de mandioca constitui-se do polissacarídeo praticamente puro, contendo aproximadamente 0,34% de proteína, 0,22% de gordura e 0,06% de cinzas.

**Tabela 2.3: Composição química da raiz de mandioca.**

	Composição
Massa seca (%)	40,60
Amido (% Massa úmida)	33,50
<b>% MS</b>	
Amido	82,5
Açúcares redutores	0,20
Fibras	2,70
Proteínas	2,60
Matéria graxa	0,30
Cinzas	2,40

Fonte: CEREDA, 2001.

A produção de etanol a partir de mandioca segue linha industrial semelhante à fabricação do etanol a partir de cereais. Pode-se obter o etanol por hidrólise ácida ou hidrólise enzimática; a diferença entre os processos são algumas etapas, como mostrado no fluxograma da Figura 2.1 (MENEZES, 1980 apud CAMACHO, 2009):



**Figura 2.1: Fluxograma da produção de etanol a partir de mandioca.**

As operações unitárias do fluxograma acima podem ser resumidamente descritas como:

- a) Lavagem: as raízes são lavadas para eliminar impurezas que possam interferir no processamento;
- b) Desintegração: a finalidade dessa operação é aumentar a superfície de contato da matéria-prima, de modo a tornar mais eficientes as operações de hidrolises e fermentação;

- c) Cozimento / Gelatinização: essa operação é feita para liberar os grãos de amido ligados aos compostos lignocelulósicos, facilitando a reação seguinte entre os agentes sacarificantes e o amido;
- d) Sacarificação: o emprego de um agente sacarificante eficiente é fundamental na fabricação de álcool a partir de substâncias amiláceas, porquanto o amido deve ser desdobrado em açúcares fermentescíveis antes de ser utilizado pela levedura;
- e) Fermentação: essa etapa se inicia com o preparo do inóculo para multiplicar a levedura até uma quantidade suficiente para se iniciar a fermentação nas dornas;
- f) Peneiragem: concluída a fermentação, o vinho passa por uma peneira para remoção das partículas sólidas, que poderão prejudicar a destilação;
- g) Destilação: o vinho resultante deverá conter de 7 a 11% de álcool em volume, o qual é separado da mistura hidro-alcoólica por diferença do ponto de ebulição do álcool e da água.

Muitas destas operações utilizadas em nível industrial são ainda segredos comerciais.

## 2.2 Batata-doce

A batata-doce é uma planta de elevado valor econômico e alimentício (Tabela 2.4). Trata-se de uma cultura rústica, adaptada às condições tropicais e subtropicais e com grande potencial para o desenvolvimento tecnológico, sendo originária das regiões tropicais da América Central e do Sul (VALLE et al, 2008).

**Tabela 2.4: Composição química da batata-doce.**

Composição	batata-doce
Umidade (%)	71,1
Energia (kJ 100g <sup>-1</sup> )	438
Proteína (%)	1,43
Amido (%)	20,1
Açúcar (%)	2,38
Fibra (%)	1,64
Vitaminas (mg 100g <sup>-1</sup> )	
Vitamina A (ret. β-caroteno)	0,011
Vitamina C	24

Fonte: Bradbury (1990).

A cultura da batata-doce pode ser plantada em regiões de climas diversos, como o da Cordilheira dos Andes; em regiões de clima tropical, como o da Amazônia; temperado como no Rio Grande do Sul e até desértico, como o da costa do Pacífico (SILVA et al., 2004 apud CASTRO et al, 2008).

Ela está entre as culturas mais importantes do mundo, com produção anual superior a 133 milhões de toneladas, ocupando o quinto lugar entre as culturas com maior peso fresco em países em desenvolvimento, depois do arroz, trigo, milho e mandioca. Cultivada em mais de 100 países em desenvolvimento, essa hortaliça encontra-se entre as cinco principais culturas produzidas em mais de 50 desses países (INTERNATIONAL POTATO CENTER apud SILVEIRA, 2008).

No cenário mundial, os maiores produtores de batata-doce, nos anos de 2000 a 2005, foram: China, Uganda, Nigéria, Indonésia e Vietnã (FAO, 2006). A China destaca-se como o maior produtor, chegando, em 2005, a uma safra de 107 milhões de toneladas (equivalente a 82,8 % da produção mundial). No mesmo ano, o Brasil ocupou o 18º lugar entre os maiores produtores, contribuindo com 538,503 mil toneladas, obtidas em uma área estimada de 48 mil hectares, o que nos dá uma produtividade média nacional de 11,2 t/ha (FAO, 2006) – uma média muito baixa para que seja utilizada de forma competitiva na indústria do etanol. Para este fim, é fundamental que seja desenvolvido um novo sistema de produção para a cultura da batata-doce de forma a permitir a sua competitividade com outras fontes de matéria-prima utilizadas hoje no mundo (cana-de-açúcar, milho, sorgo, mandioca, beterraba etc.) (SILVEIRA, 2008).

A batata-doce privilegia os pequenos produtores rurais por não exigir grandes áreas de plantio e apresenta custo baixo para implantação da lavoura. Em algumas regiões do estado do Rio Grande do Sul, a cultura vem sendo desenvolvida, apresentando melhor rendimento, além da possibilidade de ser produzida em terras menos férteis, ser uma cultura cuja necessidade de investimento é menor do que a cultura da cana-de-açúcar e os resíduos da produção poderem ser usados como ração animal.

A idéia de produção de álcool a partir da batata não é nova. Desde os anos 70, muitos pesquisadores já buscavam desenvolver combustível dessa forma, mas sempre esbarravam na baixa produtividade, o que inviabilizava os projetos (VITAL, 2008). Como fonte alternativa de bioenergia, apresenta uma ótima produção de biomassa para obtenção de álcool combustível, associada à rusticidade do plantio. Resultados preliminares têm demonstrado que um hectare de raiz de batata-doce rende de 30 a 40 toneladas de biomassa, que pode ser transformada em combustível (CASTRO et al, 2008).

Em média, uma tonelada de batata doce rende até 180 litros de álcool e 300 quilogramas de resíduo, utilizado para produção de farinha e de ração animal. A cana-de-açúcar, principal matéria-prima do álcool produzido no Brasil, tem um rendimento médio de 86 litros por tonelada. A batata-doce pode produzir álcool fino, que é um produto de alto valor agregado destinado à fabricação de bebidas, cosméticos, tintas e remédios, utilizados em vários países como a Bélgica e o Japão (DCI, 2008 apud CASTRO et al, 2008).

No Brasil, a Região Sul é a principal produtora de batata-doce, responsável por 50,44% da produção, seguida pelo Nordeste, com 33,60% e pela Região Sudeste, com 15,16%. No Rio Grande do Sul, em 2006 a produção de batata-doce foi de 155.327 toneladas. Segundo a média de produção do triênio 2004 a 2006, o Atlas Sócioeconômico Rio Grande do Sul (IBGE, 2008) salienta que o Estado do RS permanece como maior produtor nacional de batata-doce, com uma produção em torno de 150.000 toneladas que representam 28,35% da produção nacional que é de 523.563 toneladas. Os municípios do RS com maior produção de batata-doce são Mariana Pimentel (6.915 toneladas), São Lourenço do Sul (4.800 toneladas), Vale do Sol (4.373 toneladas), Santa Maria (4.233 toneladas), Camaquã (4.125 toneladas) e Canguçu (4.000 toneladas).

No Rio Grande do Sul, a Embrapa Clima Temperado tem atuado junto aos produtores no resgate ao material genético existente. Diferentes genótipos de batata-doce têm sido coletados em várias regiões do Rio Grande do Sul, envolvendo principalmente alguns municípios da Encosta da Serra do Sudeste (Pelotas, Capão do Leão, Morro Redondo, Canguçu e São Lourenço do Sul), da Região Litorânea (Tapes, Guaíba e Barra do Ribeiro) e da Região da Campanha (São Borja e Quaraí) (CASTRO et al, 2008).

Atualmente, o país conta com uma usina experimental na Fundação Universidade do Tocantins, a Unitins, em Palmas, onde está sendo testado a potencialidade da batata-doce como opção aos derivados de petróleo para os pequenos produtores da região Norte do País. A Cereálcool do interior do Estado de São Paulo é outra possibilidade de usina produtora que pode adaptar rapidamente seus equipamentos para a produção do álcool (CASTRO et al, 2008).

### **2.3 Sorgo**

Agronomicamente, o sorgo é classificado em quatro grupos: granífero, silageiro/sacarino, forrageiro (pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta) e vassoura. O primeiro grupo inclui tipos de porte baixo (híbridos e variedades) adaptados à colheita mecânica. O segundo grupo inclui tipos de porte alto (híbridos e variedades) apropriados para confecção de silagem e/ou produção de açúcar e álcool. O terceiro grupo inclui tipos utilizados principalmente para pastejo, corte verde, fenação ou cobertura morta. O quarto grupo inclui tipos de cujas panículas são confeccionadas as vassouras de palha.

O sorgo sacarino, originário do Sudão, é uma cultura rústica com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta ampla adaptabilidade, tolerância a estresses abióticos e pode ser cultivado em diferentes tipos de solos. Neste trabalho, é proposta a utilização deste tipo de sorgo. Desta forma, no texto, todas as vezes em que for citado o sorgo, será esta variedade.

O sorgo (Figura 2.2) é considerado uma cultura de alta qualidade energética, juntamente com a cana-de-açúcar, adequada à produção de biocombustível de todas as partes da planta (colmos, grãos e parte aérea). As cultivares possuem teor de açúcares no colmo de 12 a 18% graus Brix, manutenção da folhagem verde após a maturação fisiológica do grão, altura de planta de 220 cm a 300 cm e uma produção de grão em torno de 2 a 5 toneladas por hectare. Estes sorgos podem ser cultivados a partir de 15 de setembro no RS, com possibilidade de fazer o primeiro corte para silagem ou biocombustível em final de janeiro e, um segundo corte em fim de abril, com produtividade em torno de 60% do primeiro corte. Esse manejo diminui os custos de produção e os resultados são bem melhores mesmo em condições climáticas de deficiência hídrica (GUADAGNIN et al, 2009).





**Figura 2.2: Planta de sorgo sacarino- Fepagro – Taquari – RS.**

As facilidades de mecanização da cultura, o alto teor de açúcares diretamente fermentescíveis contidos no colmo, a elevada produção de biomassa e a antecipação da colheita com relação à cana-de-açúcar colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria-prima para produção de etanol. Outra vantagem do sorgo em relação à cana-de-açúcar é o fato de apresentar ciclo curto, permitindo que a cultura seja estabelecida e colhida durante a entressafra da cana-de-açúcar, beneficiando a indústria alcooleira, que não ficaria sem matéria-prima para a produção de etanol nesse período. O sorgo ainda apresenta a vantagem de ser propagado via sementes e de ser mais eficiente no uso de insumos e de água que a cana-de-açúcar. Há ainda a possibilidade de aproveitamento dos co-produtos da produção do etanol, grãos e bagaço, respectivamente, para produção de ração animal e uso direto na alimentação animal. Estudos em andamento na Embrapa Clima Temperado avaliam a viabilidade técnica e econômica desses aspectos, como mostra a Tabela 2.5 (EMYGDIO, 2009).

**Tabela 2.5: Comparação entre sorgo sacarino e cana-de-açúcar para produção de etanol.**

Parâmetros	Sorgo sacarino	Cana-de-açúcar
Ciclo da cultura (meses)	4 – 4,5	9 - 18
Demanda de água (m <sup>3</sup> )	9.000	36.000
Produtividade de colmos (t/ha)	35 - 70	75 - 90
Produção de etanol (l/ha)	1.400 – 2.800 2.800 – 5.600 <sup>(a)</sup>	5.600 – 6.500
Abrangência geográfica (latitude)	52° N a 40° S	30° N a 35° S

Fonte: EMYGDIO, 2009. (a): considerando dois cultivos/ano

O sorgo pode ser colhido 3 – 4 meses após o plantio. A produção pode ser completamente mecanizada, sendo possível utilizar o mesmo maquinário da cana-de-açúcar, dependendo apenas de alguns ajustes na usina (SCHAFFERT, 2008).

O sorgo sacarino tem produtividade esperada de 60 a 80 toneladas/hectare, 12% de teor de açúcar e entre 11% e 15% de fibra. Já a cana tem produtividade média de 70 toneladas/hectare, entre 13% e 14% de açúcar e até 12% de fibras. A cana tem como vantagem a produção média de 145 quilogramas de açúcar por tonelada processada, enquanto que o sorgo produz de 110 a 125 quilogramas de açúcar (EMATER-RS).

### 3. Metodologia

#### 3.1 Dados das Culturas

A escolha dos cenários de produção de etanol no estado do Rio Grande do Sul foi baseada no estudo bibliográfico e nas opções apresentadas por iniciativas já realizadas no Rio Grande do Sul.

Uma visita à Estação Experimental da Fepagro - RS (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária), na cidade de Taquari, Rio Grande do Sul, possibilitou uma maior compreensão do cenário regional de cultivo de cana-de-açúcar, sorgo, mandioca e batata-doce visando à produção de etanol.

Os dados relativos às produtividades de cada lavoura individualmente e às suas épocas de plantio e colheita podem ser sumarizados como mostrado na Tabela 3.1 e na Tabela 3.2, segundo informações do IBGE e da Fepagro – RS. O período ou ciclo da cultura compreende o tempo entre o plantio e o início da colheita. Os dados relativos à produtividade em ton/ha e ao rendimento ou produção de etanol em l/ton possuem uma incerteza que varia entre seus valores mínimos, nominais e máximos. Estas incertezas são influenciadas por variáveis como solo, clima, seleção de genótipos, entre outros.

**Tabela 3.1: Dados das culturas cana-de-açúcar, sorgo sacarino, mandioca e batata-doce.**

	<b>Cana-de-açúcar</b>	<b>Sorgo sacarino</b>	<b>Mandioca</b>	<b>Batata-doce</b>
Ciclo da cultura (meses)	de 12 a 18	4	9	4
Produtividade (ton/ha)	35-90	40-80	15-30	12-35
Produção de etanol (l/ton)	70	40-80	200	180
<b>Segundo ciclo</b>	Não há	Rebrote	Novo ciclo	Não há
Produtividade	-	+ até 100% do primeiro ciclo	+ 100% do primeiro ciclo	-
Período da cultura	-	90-95 dias	9-10 meses	-

Fonte: IBGE/PAM.

**Tabela 3.2: Períodos de plantio e colheita das culturas analisadas.**

janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	<b>Plantio</b>
												cana-de-açúcar
												mandioca
												batata-doce
												sorgo
janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	<b>Colheita</b>
												cana-de-açúcar
												mandioca
												batata-doce
												sorgo

Fonte: FGV – EMATER/RS.

Segundo Zeferino Chielle<sup>1</sup>, engenheiro agrônomo da Fepagro – RS, a combinação ou rotação de culturas é essencial para o bom rendimento do cenário agrícola de produção de etanol. Ao usarmos apenas uma cultura por muito tempo, acabam surgindo muitos problemas de solo e pragas. O cultivo contínuo de um mesmo material vegetal favorece o acúmulo de doenças, principalmente bacterioses e viroses. São culturas combinadas que qualificam o meio para a cultura. Uma boa opção é a combinação de uma gramínea, por exemplo sorgo, com uma leguminosa, por exemplo batata-doce ou mandioca. Cana-de-açúcar também pode ter rotação de culturas, no entanto deve-se atentar para o fato de que o seu rodízio é de 5 anos.

Nas Figuras 6.1, 6.2 e 6.3 do Anexo 2, são apresentados os zoneamentos agrícolas das culturas de cana-de-açúcar, batata-doce e mandioca no Rio Grande do Sul, segundo dados do IBGE. A análise desses zoneamentos nos permite observar áreas comuns de cultura de cana-de-açúcar, mandioca e batata-doce que podem ser estudadas com maiores detalhes em um trabalho posterior, mas que já demonstram uma combinação possível em uma mesma região do estado para a produção de etanol como, por exemplo, a região de depressão central, região esta caracterizada pela existência de pequenos produtores.

Nas Figuras 3.1 e 3.2 analisamos a produtividade de etanol por hectare de plantação de cada cultura apresentada anualmente e também acumulada ao longo de 5 anos. Nesta análise foram consideradas as produtividades nominais obtidas nas culturas de cana-de-açúcar, sorgo sacarino, batata-doce e mandioca, sendo os valores apresentados na Tabela 3.3, considerando os rendimentos em etanol apresentados na Tabela 3.1.

Pela análise dos gráficos abaixo verificamos um grande potencial de produção de etanol a partir de mandioca e batata-doce, culturas com forte presença no Rio Grande do Sul a serem aproveitadas.

**Tabela 3.3: Produtividade por ano do projeto (Ton/ha).**

<b>Cultura/ Ano</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Média</b>
Cana-de-açúcar	70	63	56,7	51	46	70	63	56,7	51	46	57,3
Sorgo sacarino	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Batata Doce	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Mandioca	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Em virtude da análise apresentada chegou-se aos seguintes cenários de estudo a serem avaliados:

- Cenário 1 : sorgo sacarino e cana-de-açúcar
- Cenário 2 : sorgo sacarino e mandioca
- Cenário 3 : sorgo sacarino e batata-doce
- Cenário 4 : sorgo sacarino, cana-de-açúcar e mandioca
- Cenário 5 : sorgo sacarino, cana-de-açúcar e batata-doce

<sup>1</sup> A visita à Estação Experimental da Fepagro-RS foi realizada em março de 2011 e fomos recepcionados pelo Engenheiro Agrônomo Zeferino Chielle.

A partir da combinação das culturas nos cenários escolhidos chegamos aos seguintes períodos de colheita por cenários, representados na Tabela 3.4.

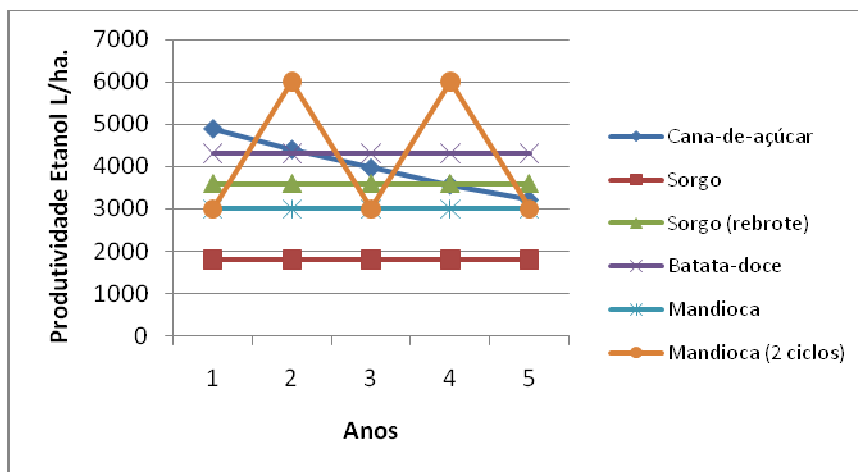


Figura 3.1: Comparação entre as culturas das produtividades em etanol (L/ha).

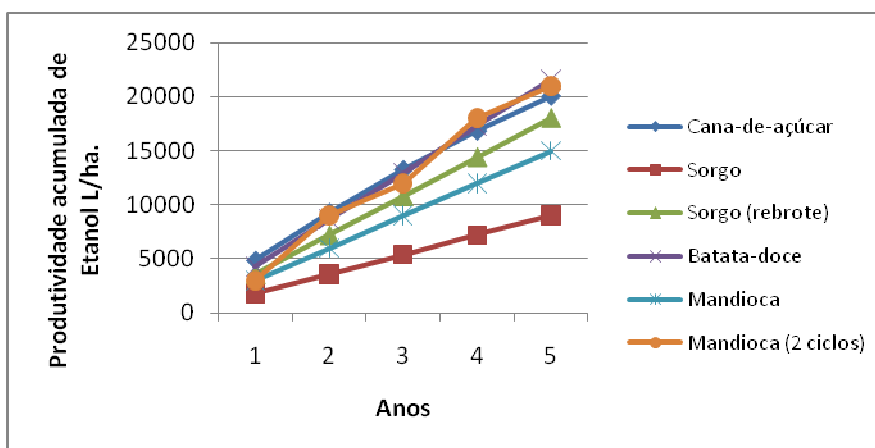


Figura 3.2: Comparação entre as culturas das produtividades acumuladas em etanol (L/ha).

Para os cenários avaliados foram considerados valores otimistas de produtividades das culturas e rendimentos em etanol já apresentados por estudos feitos no estado do Rio Grande do Sul, os quais serão mencionados ao longo do texto.

Tabela 3.4: Períodos de colheita dos cenários escolhidos por cultura, segundo legenda da Tabela 3.2.

	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Cana-de-açúcar+ sorgo sacarino												
Mandioca +sorgo sacarino												
Batata-doce +sorgo sacarino												
Mandioca +sorgo sacarino + cana-de-açúcar												
Batata-doce + sorgo sacarino + cana-de-açúcar												

### 3.2 Descrição dos Cenários

#### 3.2.1 Cenário 1

Neste cenário foi avaliada a produção de etanol a partir de sorgo sacarino e cana-de-açúcar levando em consideração uma produtividade ótima de ambas as culturas obtida experimentalmente em plantas-teste da Fepagro – RS e demais características baseadas na Mini-Usina de produção de etanol USI-1000 que foi projetada para a produção de etanol com concentração, em volume, entre 94°GL e 96°GL. Estas produtividades foram: para o sorgo sacarino de 80 ton/ha e para a cana-de-açúcar de uma média 57,3 ton/ha, conforme a Tabela 3.5 baseada no estudo de Rosado Júnior et al, (2008).

**Tabela 3.5: Custo por tonelada produzida, produtividade e custo por ano do projeto.**

Custo por ano do projeto (R\$)											Média
Cultura/Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cana-de-açúcar	2250	840	840	1050	840	2040	1050	840	840	840	1143
Sorgo Sacarino	1580	1370	1370	1580	1370	1370	1580	1370	1370	1580	1454

Produtividade por ano do projeto (Ton/ha)											
Cana-de-açúcar	70	63	56,7	51	46	70	63	56,7	51	46	57,3
Sorgo sacarino	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Custo por tonelada produzida (R\$/ton)											
Cana-de-açúcar	32,1	13,3	14,8	20,6	18,3	29,1	16,7	14,8	16,5	18,3	19,4
Sorgo sacarino	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	18,2

A partir do quadro acima temos que o custo de produção médio por tonelada para cada uma das culturas empregadas na produção de etanol é de 19,4 R\$/ton para a cana-de-açúcar e de 18,2 R\$/ton para o sorgo sacarino.

O investimento inicial que compreende o gasto total em equipamentos e instalações da microdestilaria foi baseado no cálculo apresentado por Weschenfelder, (2010), como listado na Tabela 3.6. Sendo, em resumo, R\$ 375.900,00 de investimento em equipamentos e R\$ 156.500,00 em instalações.

##### 3.2.1.1 Equipamentos

Quanto ao tipo de produção, os equipamentos podem ser projetados para operar de modo contínuo ou descontínuo (batelada). A operação em batelada é vantajosa quando há uma variação na qualidade da matéria-prima que requeira ajustes no processo. Além disso, os equipamentos podem ser construídos em praticamente qualquer tamanho. Já os equipamentos contínuos em geral, são mais adequados para processamento de matérias-primas homogêneas. Eles podem ser completamente automatizados, mas necessitam de projetos bem mais complexos e construção mais cara, o que só os torna vantajosos em operações em maior escala. Os equipamentos de moagem ou extração do suco variarão significativamente

com diferentes matérias-primas e escalas de produção. Em geral, os próprios fornecedores dos equipamentos podem informar qual o tipo adequado para cada matéria-prima (SBRT).

**Tabela 3.6: Custos dos equipamentos da microdestilaria.**

<b>Equipamento</b>	<b>Classificação</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço Unitário (R\$)</b>	<b>Área ocupada, m<sup>2</sup></b>
Trator de 80 CV	Permanente	1	65.000,00	0
Sistema de corte para silagem	Permanente	1	22.000,00	0
Carreta Ensiladeira	Permanente	1	24.000,00	0
Esteira transportadora	Permanente	2	4.000,00	4
Moenda de 1 Ternos 1 x 14". Capacidade nominal de processamento de 200 kg/hora	Permanente	1	50.000,00	12
Tanque de diluição de 500 litros	Permanente	1	500,00	2
Moto Bomba Centrífuga Alimentadora Vinho	Permanente	1	1.200,00	0
Microdestilaria de Álcool Hidratado 92 a 96° GL, em aço inox 304, Capacidade Nominal 42 litros/hora.	Permanente	1	95.000,00	20
Dornas de Fermentação de 5000 litros	Permanente	7	2.000,00	60
Moto Bomba p/ transferência do álcool	Permanente	1	1.200,00	0
Torre de Resfriamento de Água Vazão: 10 m <sup>3</sup> /hora Motor: ½ cv	Permanente	1	4.500,00	3
Reservatório de Álcool (10 mil litros) polipropileno	Permanente	1	9.000,00	7
Açude com 235 m <sup>3</sup> recoberto com geomembrana para armazenagem da vinhaça	Obra	1	17.000,00	0
Caldeira de 200 kg de vapor/hora	Permanente	1	25.000,00	10
Galpão com 150 m <sup>2</sup> (setor de moagem, fermentação, destilação, caldeira, estocagem)	Obra	150	550,00	150
Enfardadeira para silagem	Permanente	1	35.000,00	25
Maquina seladora	Permanente	1	1.000,00	7
Custos de Licenciamento ambiental (LO, LI, LO outras)	Serv. Terceiros	1	3.500,00	
Montagem da unidade	Custeio	1	36.000,00	
Instalação elétrica e hidráulica	Custeio	1	20.000,00	
Gastos eventuais	Custeio	1	18.000,00	
<b>TOTAL</b>			<b>532.400,00</b>	<b>150</b>

Fonte: Weschenfelder, (2010).

### 3.2.1.2 Infra-estrutura

Terreno e Localidade: terreno com área compatível, preferencialmente com topografia ligeiramente inclinada para uso da gravidade no transporte físico das massas no processo industrial.

Recursos Hídricos: o terreno preferencialmente deverá localizar-se junto a um curso d'água (córrego ou rio) capaz de suprir o volume necessário para a planta industrial. Outros fatores indispensáveis: estradas ou ruas de acesso para transporte da matéria prima e escoamento da produção diária da usina (SBRT).

### 3.2.1.3 Matéria-Prima

O cálculo das quantidades de sorgo sacarino e cana-de-açúcar diárias para produzir 1000 litros de etanol foi baseado nos balanços de massa apresentados nas Figuras 3.3 e 3.4 e na combinação anual destas culturas. Considerou-se o rebrote de sorgo sacarino ao longo de cada ano. Sendo assim, o sorgo sacarino é usado na produção de etanol em 4,5 meses do ano e a cana-de-açúcar em 6,5 meses do ano.

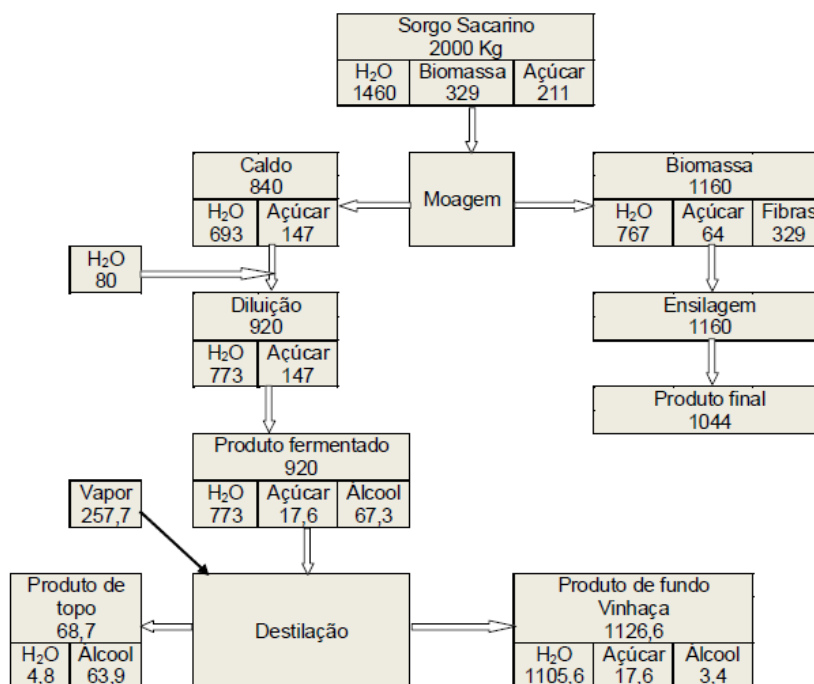
Em virtude dos balanços de massa apresentados acima, para a produção de 1000 litros diários de etanol 94,4° GL serão processadas cerca de 24 toneladas de sorgo sacarino e 24 toneladas de cana-de-açúcar, conforme resumo apresentado na Tabela 3.7. Sendo assim, para o cálculo dos custos variáveis do processo relativos aos insumos de produção temos a Tabela 3.5 anual com o custo por tonelada processada e o total de toneladas processadas anualmente.

**Tabela 3.7: Dados resumidos do balanço de massa da cana-de-açúcar e do sorgo sacarino.**

Massa de matéria prima processada	Litros de etanol 94,4° GL	kg de vinhaça	kg de silagem
2000 kg de sorgo sacarino	85,9*	1126,6	1044
2000 kg de cana-de-açúcar	97,7*	1275	1008
24000 kg de sorgo sacarino	1030,8	13519,2	12528
24000 kg de cana-de-açúcar	1172,4	15300	12096

\*Sendo 0,8 kg/L a massa específica do etanol hidratado 94,4 °GL.

Os cálculos dos demais custos do processamento foram baseados nos estudos de Weschenfelder, (2010), que apresenta na Tabela 3.8 e Tabela 3.9 custos detalhados com mão-de-obra, energia elétrica, depreciação, material de consumo, lenha, óleo diesel e água para o cenário escolhido. A apresentação está dividida em duas tabelas sendo (II) sequência de (I).



**Figura 3.3: Balanço de massa para o sorgo sacarino.**

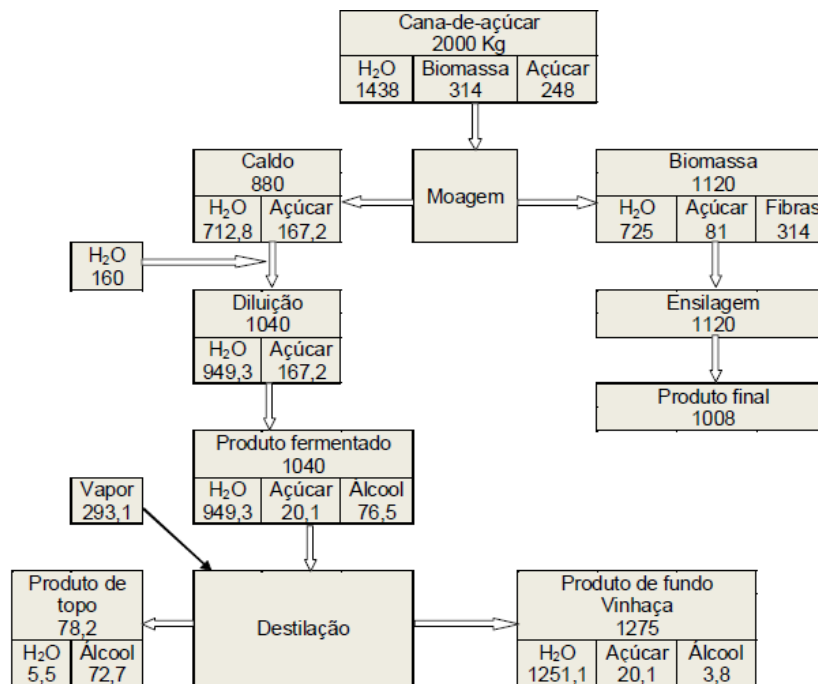


Figura 3.4: Balanço de massa para a cana-de-açúcar.

Tabela 3.8: Custos detalhados de produção por atividade envolvida no processo (I).

	Corte	Transporte	Descarga	Moagem	Completagem e nutrição do mosto	Fermentação	Total
<b>Tempo mão-de-obra nas atividades</b>							
Tempo gasto (min)	12	10	60	60	15	15	
Número operações/dia	12	12	12	12	3	2	
Tempo total (h)	2,4	2	12	12	0,75	0,5	
Tempo empregado por colaborador (h)	2,4	2	3	9	0,75	0,5	17,65
<b>Custos</b>							
<b>Custo mão-de-obra (R\$/dia)</b>	13,90	11,60	17,40	52,10	4,30	2,90	<b>102,20</b>
<b>Custo de energia elétrica (R\$/dia)</b>	0	0	7,20	28,80	0,36	0	<b>36,36</b>
<b>Custo Depreciação por atividade (R\$/dia)</b>	4,90	3,30	5,80	11,10	0,40	0,90	<b>26,40</b>
<b>Custo Depreciação das instalações por atividade (R\$/dia)</b>	0	0	0,26	0,79	0,13	3,95	<b>5,13</b>
<b>Custos dos Insumos diretos (R\$/dia)</b>	2,28	1,65	0,60	2,00	3,65	0	<b>10,18</b>
<b>Outros Custos por Atividade envolvida na produção de etanol e silagem</b>							
Lenha (R\$/dia)	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Óleo Diesel (R\$/dia)	28,80	24,00	0	0	0	0	<b>52,80</b>
Água (R\$/dia)	0	0	0	0	1,00	0	<b>1,00</b>
<b>Total Outros Custos (R\$/dia)</b>	28,8	24,00	0	0	1,00	0	<b>53,80</b>
<b>Custo TOTAL (R\$/dia)</b>	49,88	40,55	31,26	94,79	9,84	7,75	<b>234,07</b>



**Tabela 3.9: Custos detalhados de produção por atividade envolvida no processo (II).**

	Destilação	Geração de vapor	Silagem	Selagem	Armazenagem do vinhoto	Descarte do Vinhoto	Total Geral
<b>Tempo mão-de-obra nas atividades</b>							
Tempo gasto (min)	24	15	4	0,5			
Número operações/dia	contínua	contínua	160	160			
Tempo total (h)	24	24	10,7	1,3	0		
Tempo empregado por colaborador (h)	20,4	3,6	10,7	1,3	0		53,65
<b>Custos</b>							
<b>Custo mão de obra (R\$/dia)</b>	118,00	20,80	61,70	7,70	0		<b>310,40</b>
<b>Custo de energia elétrica (R\$/dia)</b>	13,68	1,08	24,48	0	0		<b>75,60</b>
<b>Custo Depreciação por atividade (R\$/dia)</b>	26,90	5,60	7,80	0,10	3,80		<b>70,60</b>
<b>Custo Depreciação das instalações por atividade (R\$/dia)</b>	1,97	0,66	2,10	0,50	0	0	<b>10,36</b>
<b>Custos dos Insumos diretos (R\$/dia)</b>	0	0	160,00	0	0	0	<b>170,18</b>
<b>Outros Custos por Atividade envolvida na produção de etanol e silagem</b>							
Lenha R\$/dia	0	56,00	0	0	0	0	<b>56,00</b>
Óleo Diesel R\$/dia	0	0	0	0	0	0	<b>52,80</b>
Água R\$/dia	0	3,10	0	0	0	0	<b>4,10</b>
<b>Total Outros Custo (R\$/dia)</b>	0	59,10	0	0	0	0	<b>112,90</b>
<b>Custo TOTAL (R\$/dia)</b>	160,55	87,24	256,08	8,30	3,8	0	<b>750,04</b>
<b>Custo Total produção etanol (R\$/dia)</b>							
							<b>485,66</b>
Custo (%)							
							64,75
<b>Custo Total da silagem (R\$/dia)</b>							
							<b>264,38</b>
Custo (%)							
							35,25

Em resumo, teremos os seguintes valores referentes aos custos totais de produção apresentados na Tabela 3.10, considerando um custo médio de produção anual para cada cultura.

**Tabela 3.10: Custos totais de Produção no Cenário 1(Sorgo + cana).**

Item/ Dispêndio	Diário	Mensal	Anual
Mao de obra	R\$ 310,40	R\$ 9.312,00	R\$ 111.744,00
Energia elétrica	R\$ 75,60	R\$ 2.268,00	R\$ 27.216,00
Depreciação instalações	R\$ 70,60	R\$ 2.118,00	R\$ 25.416,00
Depreciação equipamentos	R\$ 10,36	R\$ 310,80	R\$ 3.729,60
Material consumo	R\$ 170,24	R\$ 5.107,23	R\$ 61.286,76
Lenha	R\$ 56,00	R\$ 1.680,00	R\$ 20.160,00
Óleo diesel	R\$ 52,80	R\$ 1.584,00	R\$ 19.008,00
Água	R\$ 4,10	R\$ 123,00	R\$ 1.476,00
Total custos de processamento			<b>R\$ 270.036,36</b>
Matéria prima - sorgo sacarino		-	R\$ 58.968,00
Matéria prima - cana-de-açúcar		-	R\$ 90.792,00
Total custos de matéria prima			<b>R\$ 149.760,00</b>
Total de custos de produção anuais			<b>R\$ 419.796,36</b>

Os cálculos das receitas totais do período foram baseados no valor de comercialização do litro de etanol e da tonelada de silagem de cada matéria-prima. Estes valores foram retirados dos indicadores econômicos relativos a 2010 da Embrapa – RS e da CEPEA/ESALQ-USP sendo apresentados na Tabela 3.11. Ainda para o cálculo do total de silagem obtido do processamento de cada matéria prima, sendo a parte aérea de ambas, utilizaram-se os valores dos balanços de massa das Figuras 3.3 e 3.4 sendo para o sorgo, por exemplo, cada 24 toneladas de matéria-prima gerando 13920 kg/dia de biomassa que após maturação gera 12528 kg de silagem.

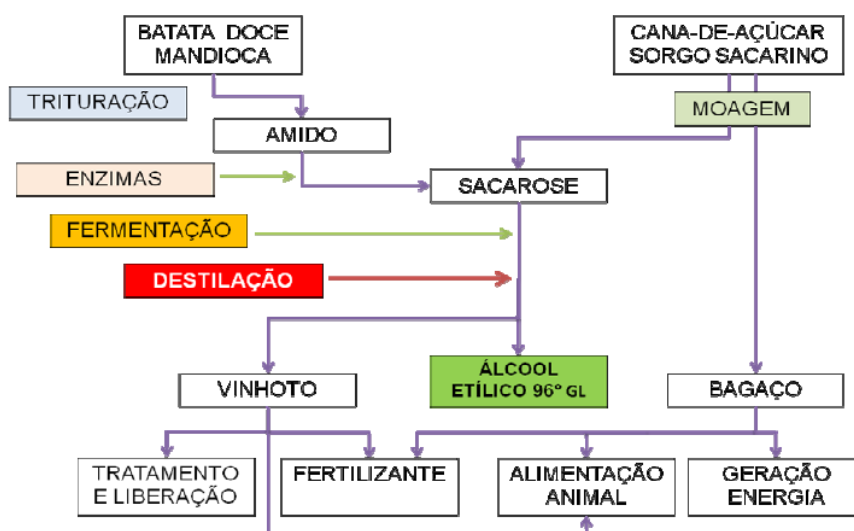
**Tabela 3.11: Receitas Totais do Cenário 1 (Sorgo + cana).**

Produto	Produção diária	Produção mensal	Meses de produção	Produção total	Preço unitário, R\$	Receita anual, R\$
Etanol hidratado combustível	1000 litros	30.000	11	330000 litros	1,04	<b>343.200,00</b>
Silagem de sorgo sacarino	12,5 ton	375	4,5	1687,5 ton	90	<b>151.875,00</b>
Silagem de cana-de-açúcar	12,5 ton	375	6,5	2437,5 ton	70	<b>170.625,00</b>
Total de Receitas Anuais (R\$)						<b>665.700,00</b>

Após análise e compilação de todos os valores apresentados anteriormente então chegamos aos fluxos de caixa no Anexo 3 nas Tabelas 6.1 e 6.2 e indicadores econômicos do cenário 1 que serão apresentados no próximo capítulo .

### 3.2.2 Cenários 2 e 3

Na Figura 3.5, pode ser visto o fluxograma de produção de álcool etílico hidratado a partir de fontes de amido e sacarose, geração de subprodutos e suas possíveis utilidades.



**Figura 3.5: Fluxograma de produção de etanol a partir de fontes amiláceas e sacarídeas.**

No **cenário 2**, foi avaliada a produção de etanol a partir de **sorgo sacarino e mandioca** levando em consideração uma produtividade ótima de ambas as culturas, que foi obtida experimentalmente na

Estação Experimental da Fepagro - RS. Como mostrado na Tabela 3.12 estas produtividades foram de 80 ton/ha para o sorgo sacarino e de 30 ton/ha para a mandioca.

O custo por tonelada produzida de mandioca apresentado na Tabela 3.12 foi baseado nos resultados da Embrapa (2008) apresentado na Tabela 3.13.

**Tabela 3.12: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida para o Cenário 2.**

Cultura /Ano	Produtividade por ano do projeto (Ton/ha)										Média	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Mandioca	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Sorgo sacarino	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Custo por tonelada produzida (R\$/ton)												
Mandioca	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96
Sorgo sacarino	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	19,8	18,2

Fonte: Rosado Júnior, (2008).

**Tabela 3.13: Detalhamento dos Custos Operacionais da cultura da mandioca.**

ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNIDADE(R\$)	VALOR (R\$)
<b>1 . Insumos</b>				
Semente	m <sup>3</sup>	5	15,00	75,00
Uréia*	kg	51	1,93	98,43
Superfosfato simples*	kg	253	1,18	297,78
Cloreto de potássio*	kg	51	2,03	103,73
Formicida	kg	3	4,40	13,20
<b>Subtotal</b>				<b>588,15</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>27,00</b>
<b>2 . Preparo do Solo</b>				
Aração	h/tr	3	35,00	105,00
Gradagem	h/tr	1,5	35,00	52,50
Sulcamento	h/tr	1,5	35,00	52,50
<b>Subtotal</b>				<b>210,00</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>9,64</b>
<b>3 . Adubação</b>				
Aplicação de fertilizantes	D/H	3	18,00	54,00
<b>Subtotal</b>				<b>54,00</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>2,48</b>
<b>4 . Plantio</b>				
Transporte de sementes	D/H	2	18,00	36,00
Seleção e preparo de sementes	D/H	3	18,00	54,00
Plantio em sulcos	D/H	3	18,00	54,00
<b>Subtotal</b>				<b>144,00</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>6,61</b>
<b>5 . Tratos Culturais e Fitossanitários</b>				
Capinas motomecanizadas (02)	h/tr	6	35,00	210,00
Repasses manuais (02)	D/H	8	18,00	144,00
Capinas manuais (02)	D/H	20	18,00	360,00
Aplicação de formicida	D/H	3	18,00	54,00
<b>Subtotal</b>				<b>768,00</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>35,26</b>
<b>6 . Colheita</b>				
Colheita	D/H	23	18,00	414,00
<b>Subtotal</b>				<b>414,00</b>
<b>Participação percentual</b>				<b>19,01</b>

<b>Custo Operacional Efetivo</b>	<b>2178,15</b>
<b>Percentual Total</b>	<b>100,00</b>
<b>Encargos Financeiros</b>	<b>190,59</b>
<b>Custo Operacional Total</b>	<b>2368,73</b>
* Refere-se à recomendação máxima, podendo ser reduzida conforme os resultados da análise do solo.	
<b>Custo Unitário R\$/ton</b>	<b>78,96</b>

A partir dos dados acima temos que o custo de produção médio por tonelada para cada uma das culturas empregadas na produção de etanol é de 78,96 R\$/ton para a mandioca e de 18,2 R\$/ton para o sorgo sacarino.

O cálculo da quantidade de mandioca processada para a produção de 1000 litros de etanol diários foi baseado no balanço de massa ilustrado na Figura 3.6. Considerou-se o rebrote de sorgo sacarino ao longo de cada ano e a mandioca sendo cultivada em dois ciclos. Sendo assim, o sorgo sacarino é usado na produção de etanol em 4,5 meses do ano e a mandioca em 6,5 meses do ano, tendo em comum dois meses de colheita em que ambas as matérias-primas são disponíveis.

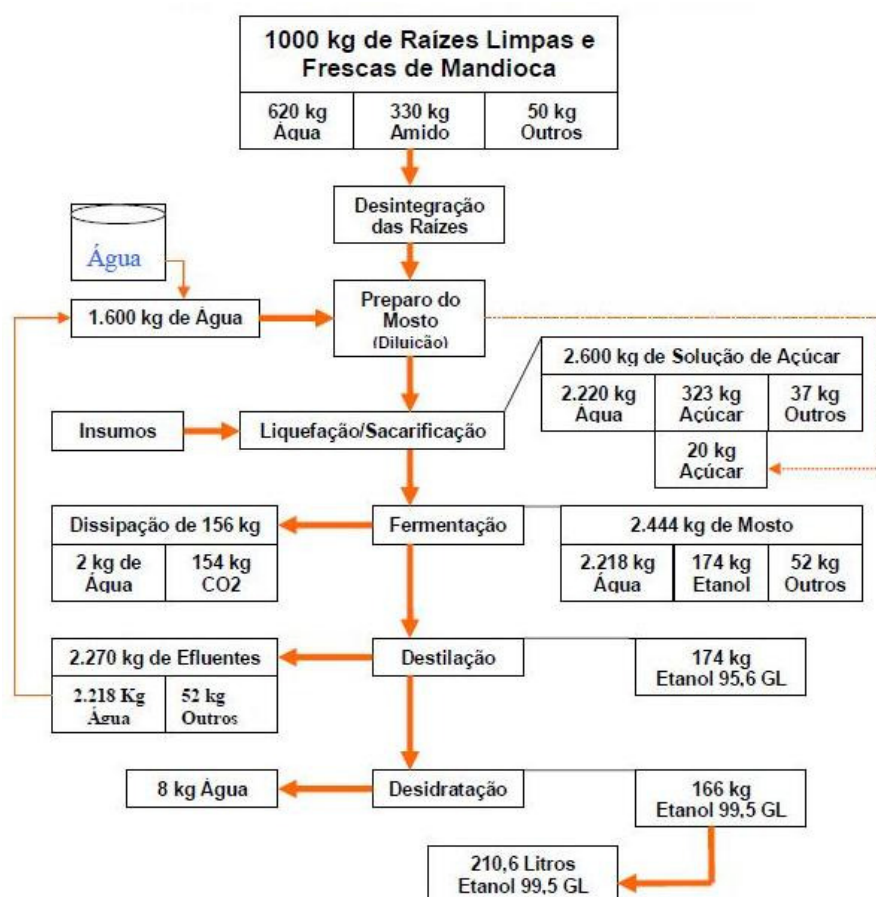


Figura 3.6: Balanço de massa no processamento industrial da mandioca para produção de etanol – Fonte: Cabello, 2008.

Em virtude dos balanços de massa apresentados nas Figura 3.6 e Figura 3.3, para a produção de 1000 litros diários de etanol 94,4° GL serão processadas cerca de 24 toneladas de sorgo sacarino e 4,8 toneladas de mandioca, conforme resumo apresentado na Tabela 3.14. Pois, de acordo com o fluxograma acima, para produzir 174 kg de álcool hidratado 95,6° GL necessita-se de uma tonelada de mandioca, o que corresponde a 172 kg ou 215 litros de álcool 94,4° GL.

No **cenário 3**, foi avaliada a produção de etanol a partir de **sorgo sacarino e batata-doce** levando em consideração uma produtividade ótima de ambas culturas que foi obtida experimentalmente na Estação Experimental da Fepagro - RS. Estas produtividades foram: para o sorgo sacarino de 80 ton/ha e para a batata-doce de 35 ton/ha, conforme Tabela 3.15 com o custo por tonelada processada e o total de toneladas processadas anualmente baseada, para a batata-doce, no estudo de Rosado Júnior, (2008).

**Tabela 3.14: Dados resumidos do balanço de massa da mandioca e do sorgo sacarino.**

<b>Massa de matéria prima processada</b>	<b>Litros de etanol 94,4° GL</b>	<b>kg de silagem</b>
1000 kg de sorgo sacarino	43	522
1000 kg de mandioca	215	300
24000 kg de sorgo sacarino	1030,8	12528
4800 kg de mandioca	1032	1440

**Tabela 3.15: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida do Cenário 3.**

<b>Cultura /Ano</b>	<b>Produtividade por ano do projeto (Ton/ha)</b>										<b>Média</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>		
Batata-doce	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Sorgo sacarino	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Custo por tonelada produzida (R\$/ton)</b>												
Batata-doce	41,43	35,43	35,43	41,43	35,43	35,43	41,43	35,43	35,43	35,43	35,43	37,23
Sorgo sacarino	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	18,2

A partir dos dados acima temos que o custo de produção médio por tonelada para cada uma das culturas empregadas na produção de etanol é de 37,23 R\$/ton para a batata-doce e de 18,2 R\$/ton para o sorgo sacarino.

O cálculo da quantidade de batata-doce processada para a produção de 1000 litros de etanol diários foi baseado no balanço de massa de que cada tonelada de raiz de batata-doce produz 180 litros de etanol 94,4° GL (fonte: Embrapa-RS). Considerou-se o rebrote de sorgo sacarino ao longo de cada ano. Sendo assim, o sorgo sacarino é usado na produção de etanol em 4,5 meses do ano e a batata-doce em 12 meses do ano, tendo em comum 4,5 meses de colheita em que temos ambas as matérias-primas.

Em virtude da quantidade de etanol produzido a partir de batata-doce citado acima e do balanço de massa da Figura 3.3, para a produção de 1000 litros diários de etanol serão processadas cerca de 24 toneladas de sorgo sacarino e 5,8 toneladas de batata-doce.

Para o cálculo do investimento inicial necessário para a produção de etanol nos cenários 2 e 3 considerou-se um maquinário e instalações similares para ambos, sendo o processamento das raízes de mandioca e batata-doce realizados pelo mesmo processo e tendo nos dois cenários também a presença do sorgo sacarino como matéria-prima.

O investimento inicial para os cenários 2 e 3 foi baseado nos estudos de Rosado Júnior, (2008), o qual realizou a análise econômica de uma microdestilaria de sorgo sacarino e batata-doce produzindo anualmente 106.260 litros de etanol 94°GL. Para a produção de 330.000 litros por ano da microdestilaria

dos cenários 2 e 3 de igual potencial e características temos um investimento inicial de R\$ 465.466,00, sendo investimento em instalações R\$ 136.825,00 e em equipamentos R\$ 328.641,00.

O cálculo dos demais custos de produção para os cenários 2 e 3 excetuando os custos com matérias-primas que foram analisados anteriormente também foram baseados nos estudos de Rosado Júnior, (2008). Para uma microdestilaria de etanol produzindo 330.000 litros anuais do álcool a partir de sorgo sacarino e batata-doce ou mandioca obtém-se o valor de custo de produção de R\$ 152.968,10.

Em resumo, teremos os seguintes valores referentes aos custos totais de produção apresentados nas Tabela 3.16 e Tabela 3.17, considerando um custo médio de produção anual para cada cultura.

**Tabela 3.16: Custos totais de produção para o cenário 2 (Sorgo + mandioca).**

Total custos de processamento	R\$	<b>152.968,10</b>
Matéria prima - sorgo sacarino	R\$	45.864,00
Matéria prima - mandioca	R\$	62.536,32
Total custos de matéria prima	R\$	<b>108.400,32</b>
Total de custos de produção anuais	R\$	<b>261.368,42</b>

**Tabela 3.17 : Custos totais de produção para o cenário 3 (Sorgo + batata-doce).**

Total custos de processamento	R\$	<b>152.968,10</b>
Matéria prima - sorgo sacarino	R\$	29.484,00
Matéria prima – batata-doce	R\$	63.160,69
Total custos de matéria prima	R\$	<b>92.644,69</b>
Total de custos de produção anuais	R\$	<b>245.612,79</b>

Nos cenários 2 e 3, os cálculos das receitas totais do período foram baseados no valor de comercialização do litro de etanol e da tonelada de silagem de cada matéria-prima. Estes valores foram retirados dos indicadores econômicos da Embrapa – RS e da CEPEA/ESALQ-USP e são apresentados nas Tabela 3.18 e Tabela 3.19, sendo para o etanol 1,04 R\$/ litro, para a silagem de sorgo sacarino 90 R\$/ton, para a silagem de mandioca 70 R\$/ton e para a silagem de batata-doce 50 R\$/ton.

Ainda para o cálculo do total de silagem obtido do processamento de cada matéria prima, sendo a parte aérea de ambas, utilizaram-se os valores do balanço de massa da Figura 3.3 sendo para o sorgo cada 24 toneladas de matéria-prima gerando 13920 kg/dia de biomassa que após maturação gera 12528 kg de silagem, e o dado de estudos da Embrapa-RS que cada tonelada de mandioca ou batata-doce gera cerca de 300 kg de silagem.

**Tabela 3.18: Total de Receitas para o Cenário 2 (Sorgo + mandioca).**

Produto	Produção diária	Produção mensal	Meses de produção	Produção total	Preço unitário, R\$	Receita anual, R\$
Etanol hidratado combustível	1000 litros	30.000	9	270000 litros	1,04	<b>280.800,00</b>
Silagem de sorgo sacarino	12,5 ton	375	3,5	1312,5 ton	90	<b>118.125,00</b>
Silagem de mandioca	1,44 ton	43,2	5,5	2437,5 ton	70	<b>170.625,00</b>
Total de Receitas Anuais (R\$)						<b>569.550,00</b>

**Tabela 3.19: Total de Receitas para o Cenário 3 (Sorgo + batata-doce).**

Produto	Produção diária	Produção mensal	Meses de produção	Produção total	Preço unitário, R\$	Receita anual, R\$
Etanol hidratado combustível	1000 litros	30.000	12	360000 litros	1,04	<b>374.400,00</b>
Silagem de sorgo sacarino	12,5 ton	375	2,25	843,75 ton	90	<b>75.937,50</b>
Silagem batata-doce	1,74 ton	52,2	9,75	508,95 ton	50	<b>25.447,50</b>
Total de Receitas Anuais (R\$)						<b>475.785,00</b>

Após análise e compilação de todos os valores apresentados anteriormente então chegamos aos fluxos de caixa mostrados no Anexo 3 nas Tabelas 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6 e indicadores econômicos dos Cenários 2 e 3 que serão apresentados no próximo capítulo.

### 3.2.3 Cenários 4 e 5

No **cenário 4**, foi avaliada a produção de etanol a partir de **sorgo sacarino, cana-de-açúcar e mandioca** levando em consideração uma produtividade ótima das três culturas que foi obtida experimentalmente na Estação Experimental da Fepagro – RS. Estas produtividades foram: para o sorgo sacarino de 80 ton/ha, para a cana-de-açúcar média de 57,3 ton/ha e para a mandioca de 30 ton/ha, conforme Tabela 3.20 baseada, para o sorgo sacarino e cana-de-açúcar, no estudo de Weschenfelder, (2010).

**Tabela 3.20: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida do Cenário 4.**

Cultura /Ano	Produtividade por ano do projeto (Ton/ha)										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mandioca	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Cana-de-açúcar	70	63	56,7	51	46	70	63	56,7	51	46	57,3
Sorgo sacarino	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Cultura /Ano	Custo por tonelada produzida (R\$/ton)										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mandioca	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96	78,96
Cana-de-açúcar	32,1	13,3	14,8	20,6	18,3	29,1	16,7	14,8	16,5	18,3	19,4
Sorgo sacarino	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	18,2

O cálculo da quantidade de mandioca processada para a produção de 1000 litros de etanol diários foi baseado no balanço de massa ilustrado na Figura 3.6. Considerou-se o rebrote de sorgo sacarino ao longo de cada ano e a mandioca cultivada em dois ciclos. Sendo assim, o sorgo sacarino é usado na produção de etanol em 4,5 meses do ano, a cana-de-açúcar em 8 meses do ano e a mandioca em 7 meses do ano, sendo 1,5 meses de colheita em que temos todas as matérias-primas, sendo 1 mês de colheita em que obtemos sorgo e mandioca e 4,5 meses de colheita em que obtemos mandioca e cana.

No **cenário 5**, foi avaliada a produção de etanol a partir de **sorgo sacarino, cana-de-açúcar e batata-doce** levando em consideração uma produtividade ótima das três culturas que foi obtida experimentalmente na Estação Experimental da Fepagro – RS. Estas produtividades foram: para o sorgo

sacarino de 80 ton/ha, para a cana-de-açúcar média de 57,3 ton/ha e para a batata-doce de 35 ton/ha, conforme Tabela 3.21 baseada, para o sorgo sacarino e cana-de-açúcar, no estudo de Weschenfelder, 2010 e para a batata-doce em Rosado Júnior, (2008).

**Tabela 3.21: Produtividade por ano do projeto e custo por tonelada produzida do Cenário 5.**

	Produtividade por ano do projeto (Ton/ha)										
Cultura /Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Batata-doce	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Cana-de-açúcar	70	63	56,7	51	46	70	63	56,7	51	46	57,3
Sorgo sacarino	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	Custo por tonelada produzida (R\$/ton)										
Batata-doce	41,43	35,43	35,43	41,43	35,43	35,43	41,43	35,43	35,43	35,43	37,23
Cana-de-açúcar	32,1	13,3	14,8	20,6	18,3	29,1	16,7	14,8	16,5	18,3	19,4
Sorgo sacarino	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	17,1	17,1	19,8	18,2

O cálculo da quantidade de batata-doce processada para a produção de 1000 litros de etanol diários foi calculado como apresentado anteriormente. Considerou-se o rebrote de sorgo sacarino ao longo de cada ano. Sendo assim, o sorgo sacarino é usado na produção de etanol em 4,5 meses do ano, a cana-de-açúcar em 8 meses do ano e a batata-doce em 12 meses do ano, sendo 1,5 meses de colheita em que temos todas as matérias-primas, sendo 3 meses de colheita em que obtemos sorgo e batata-doce e 6,5 meses em que obtemos batata-doce e cana.

Para o cálculo do investimento inicial necessário para a produção de etanol nos cenários 4 e 5 considerou-se maquinário e instalações similares para ambos, sendo o processamento das raízes de mandioca e batata-doce realizados pelo mesmo processo e tendo nos dois cenários também a presença do sorgo sacarino e da cana-de-açúcar como matérias-primas.

O valor de investimento inicial para os cenários 4 e 5 foi baseado nos estudos de Rosado Júnior, (2008) e de Weschenfelder, (2010). A combinação desses estudos resultou em um investimento inicial de R\$ 587.667,00 para a produção de 330.000 litros por ano da microdestilaria dos cenários 4 e 5, sendo investimento em instalações R\$ 172.746,00 e em equipamentos R\$ 414.921,00.

O cálculo dos demais custos de produção para os cenários 4 e 5, excetuando os custos com matérias-primas, que foram analisados anteriormente, também foram baseados nos estudos de Weschenfelder, (2010). Para uma microdestilaria de etanol produzindo 330.000 litros anuais do álcool a partir de sorgo sacarino, cana-de-açúcar e batata-doce ou mandioca obtém-se o valor de custo de produção de R\$ 256.508,29.

Em resumo, teremos os seguintes valores referentes aos custos totais de produção apresentados nas Tabela 3.22 e Tabela 3.23, considerando um custo médio de produção anual para cada cultura.

Nos cenários 4 e 5, os cálculos das receitas totais do período foram baseados no valor de comercialização do litro de etanol e da tonelada de silagem de cada matéria-prima, conforme apresentados nos cenários anteriores. Chegamos aos resultados apresentados nas



Tabela 3.24 e Tabela 3.25.

**Tabela 3.22: Custos totais de produção para o cenário 4 (Sorgo+cana+mandioca).**

Total custos de processamento	R\$	<b>256.508,29</b>
Matéria prima - sorgo sacarino	R\$	39.312,00
Matéria prima - mandioca	R\$	36.953,28
Matéria prima – cana-de-açúcar	R\$	66.348,00
Total custos de matéria prima	R\$	<b>142.613,28</b>
Total de custos de produção anuais	R\$	<b>399.121,57</b>

**Tabela 3.23 : Custos totais de produção para o cenário 5 (Sorgo + cana+ batata-doce).**

Total custos de processamento	R\$	<b>256.508,29</b>
Matéria prima - sorgo sacarino	R\$	26.208,00
Matéria prima – batata-doce	R\$	40.487,63
Matéria prima – cana-de-açúcar	R\$	52.380,00
Total custos de matéria prima	R\$	<b>119.075,63</b>
Total de custos de produção anuais	R\$	<b>375.583,92</b>

**Tabela 3.24: Total de Receitas para o Cenário 4 (Sorgo+cana+mandioca).**

Produto	Produção diária	Produção mensal	Meses de produção	Produção total	Preço unitário, R\$	Receita anual, R\$
Etanol hidratado combustível	1000 litros	30.000	11	330000 litros	1,04	<b>343.200,00</b>
Silagem de sorgo sacarino	12,5 ton	375	3	1125 ton	90	<b>101.250,00</b>
Silagem de cana-de-açúcar	12,5 ton	375	4,75	1781,25 ton	70	<b>124.687,50</b>
Silagem de mandioca	1,44 ton	43,2	3,25	140,4ton	70	<b>9.828,00</b>
Total de Receitas Anuais (R\$)						<b>579.145,50</b>

**Tabela 3.25: Total de Receitas para o Cenário 5 (Sorgo+cana+batata-doce).**

Produto	Produção diária	Produção mensal	Meses de produção	Produção total	Preço unitário, R\$	Receita anual, R\$
Etanol hidratado combustível	1000 litros	30.000	12	360000 litros	1,04	<b>374.400,00</b>
Silagem de sorgo sacarino	12,5 ton	375	2	750 ton	90	<b>67.500,00</b>
Silagem de cana-de-açúcar	12,5 ton	375	3,75	1406,25 ton	70	<b>98.437,50</b>
Silagem batata-doce	1,74 ton	52,2	6,25	326,25 ton	50	<b>16.312,50</b>
Total de Receitas Anuais (R\$)						<b>556.650,00</b>

Após análise e compilação de todos os valores apresentados anteriormente calculam-se os fluxos de caixa apresentados no Anexo 3 nas Tabelas 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10 e indicadores econômicos dos cenários 4 e 5 que serão apresentados no próximo capítulo.

### 3.3 Análise de viabilidade econômica

No processo de avaliação de um projeto de investimento elabora-se uma análise financeira fazendo o cálculo do volume de investimentos necessários para a instalação mediante a entrada das receitas e das despesas que ocorrem ao longo de um determinado tempo. Espera-se verificar a existência de retorno atrativo para viabilizar a sua implantação.

O estudo de viabilidade econômica da produção de etanol nos diferentes cenários foi baseado nos seguintes indicadores econômicos listados e exemplificados abaixo.

a) Valor Presente Líquido (VPL) - Índice que permite avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de um projeto no longo prazo, ou seja, pode ser entendido como o excesso de ganho que o projeto apresenta diante da melhor oportunidade de investimento e é calculado conforme a equação 3.1 abaixo.

$$VPL = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{(Cf)}{(1+j)^n} \quad [3.1]$$

Onde:

VPL = Soma algébrica de todos os valores líquidos descontados para o momento presente;

-  $I_0$  = Fluxos de saída inicial ou investimento inicial;

$Cf$  = Fluxos de caixa líquidos do projeto/ investimento;

$j$  = Taxa de desconto (juros) considerada para atualizar o fluxo de caixa também conhecida como TMA (Taxa Mínima de Atratividade)

$n$  = Número de períodos ou horizonte do investimento

b) Taxa Interna de Retorno (TIR) - Definida como a taxa de juros que anula o valor presente das receitas líquidas resultantes do projeto, quando comparados com o valor presente dos desembolsos.

Um projeto de investimento convencional apresenta desembolsos, na fase inicial, e recebimentos, nos períodos futuros. Claro que para haver retorno sobre o investimento, será necessário que o total das entradas de caixa supere o das saídas. Dessa forma, admitida uma taxa de juros mínima aceitável pelo investidor, denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o projeto de investimento terá condições de ser aceito se o Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa não for negativo.

Considerando como negativos os valores referentes às saídas de caixa e como positivos aqueles referentes às entradas, a condição de VPL não negativo ( $VPL \geq 0$ ) indica que a soma dos recebimentos descontados (a uma TMA) para a data inicial do projeto, supera ou iguala os desembolsos, igualmente descontados, (a mesma taxa), o que tornaria o projeto aceitável para o investidor.

O cálculo, baseado nas mesmas variáveis definidas anteriormente, é dado pela equação 3.2.

$$TIR = j \text{ se } I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{(Cf)}{(1+j)^n} = 0 \quad [3.2]$$

c) Período de Recuperação Econômica de Capital (Payback) - entendido como o tempo necessário para o investimento recuperar o capital investido.

### **3.3.1 Fluxo de Caixa**

Para a construção dos fluxos de caixa de cada cenário e posterior análise de viabilidade econômica foram avaliados os seguintes parâmetros para cada sistema de produção de etanol:

- a) Investimento inicial;
- b) Total de Receitas do período;
- c) Total de Custos do período.

Podemos ainda relacionar cada item acima em parâmetros específicos conforme o cenário:

- a) Foram avaliados cenários diferentes percentagens de investimento próprio e financiamento.
- b) As receitas do período compreendem o total de receitas com venda de etanol, o total de receitas com venda de silagem para ração animal de sorgo sacarino e/ou cana-de-açúcar e/ou mandioca e/ou batata-doce.
- c) Os custos do período compreendem os custos de produção, as parcelas e juros do financiamento e/ou o retorno de investimento próprio. A determinação dos custos de produção compreende os custos fixos e variáveis do processo.

Em comum a todos os cenários, o fluxo de caixa foi determinado em um período de 10 anos sendo o primeiro ano considerado o ano de construção da microdestilaria de etanol. Ainda todos os financiamentos foram calculados com juros de 5% ao ano, depreciação sobre instalações de 2,5% e sobre equipamentos de 10%, imposto sobre lucro tributável de 30% e imposto de renda de 8% sobre lucro líquido.

Cada cenário de produção baseou-se na implantação de uma microdestilaria de etanol com capacidade de produção de 1000 litros/dia em etanol ou 42 litros/hora sendo em produção contínua de 24 horas/dia.

## **4. Resultados**

Foi realizada a análise econômica apenas com a cana-de-açúcar em cenários de produção de etanol a partir desta cultura durante 6,5 meses do ano. O valor do investimento inicial com equipamentos e instalações assim como os custos de produção da cultura da cana-de-açúcar e o valor de receita do etanol nestes cenários foram os mesmos dos cenários 1(a) e 1(b)<sup>2</sup>. Os fluxos de caixa associados estão representados no Anexo 3 nas Tabela 6.11 e Tabela 6.12.

---

<sup>2</sup> (a) Cenários com 70% de Financiamento e etanol a R\$ 1,04. (b) Cenários com 50% de Financiamento e etanol a R\$ 1,50.

Estes dois cenários apresentaram-se inviáveis economicamente e para melhor avaliação de sua viabilidade econômica foi feita a análise de sensibilidade do VPL, TIR e *Payback* em função da variação percentual do investimento inicial de 0% a -50%, passando pelo cenário em que se considerou que o produtor já possuía as instalações e precisaria apenas do investimento em equipamentos. Também para cada cenário de produção a partir apenas da cana-de-açúcar variou-se as percentagens de financiamento de 100%, 70% e 50%. Os resultados são resumidos na Tabela 4.1, onde se verifica a viabilidade da produção do etanol apenas no cenário de produção com 100% de financiamento, com preço de etanol a R\$ 1,50 e a partir do valor de investimento inicial de R\$ 425.920,00, sendo o cenário em que o produtor investe cerca de -20% do valor de investimento praticado.

**Tabela 4.1 Análise de sensibilidade do VPL, TIR e *Payback* para o cenário de produção apenas com cana-de-açúcar.**

Financiamento de 100% e preço de etanol a R\$ 1,04				Financiamento de 50% e preço de etanol a R\$ 1,50			
Invest. Inicial (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)	Payback (anos)	Invest. Inicial (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)	Payback (anos)
532.400	-341.748,05	<10	>10	532.400	-79.441,06	<10	>10
479.160	-302.310,83	<10	>10	479.160	-25.981,96	<10	>10
425.920	-262.873,62	<10	>10	425.920	26.507,27	15,15	>10
375.900	-225.821,60	<10	>10	375.900	75.234,17	21	>10
372.680	-223.436,41	<10	>10	372.680	78.382,58	21	>10
319.440	-183.999,19	<10	>10	319.440	130.438,92	28	>10
266.200	-144.561,98	<10	>10	266.200	182.495,27	37	7,86

Os cinco cenários do estudo foram avaliados em diferentes condições: variando-se a percentagem de capital próprio do investimento inicial e também considerando-se a receita do etanol como sendo 1,50 R\$/ litro, levando em consideração que cerca de 45% do etanol é usado para auto-consumo no valor de 2 R\$/litro e 55% é vendido a 1,04 R\$/litro. Os fluxos de caixa são apresentados no Anexo 3 nas Tabelas 6.1 a 6.10, sendo as tabelas 6.1, 6.3, 6.5, 6.7 e 6.9 os cenários com financiamento de 70% e preço do etanol a R\$ 1,04 e os demais com financiamento de 50% e preço do etanol a R\$ 1,50.

A partir de cada fluxo de caixa chegamos aos valores de VPL, TIR e *Payback* apresentados na Tabela 4.2. Para o cálculo de VPL a TMA utilizada foi a taxa Selic de 12,25% (Banco Central do Brasil). A taxa de juros SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) é um índice pelo qual as taxas de juros cobradas pelo mercado se balizam no Brasil.

De acordo com os dados da Tabela 4.2, identificamos os cenários 1(b) e 3(b) como os mais rentáveis dentre os apresentados, sendo o cenário 1 de produção composto pelas matérias primas sorgo sacarino e cana-de-açúcar e o cenário 3, sorgo sacarino e batata-doce. Comparando os demais cenários identificamos, entre aqueles com menor investimento de capital próprio (30%), o cenário 3(a) como o mais rentável.

Identifica-se como cenários menos rentáveis o 4(a) e o 5(a), sendo o cenário 4 de produção composto pelas matérias primas sorgo sacarino, cana-de-açúcar e mandioca e o cenário 5, sorgo sacarino,

cana-de-açúcar e batata-doce. Esta rentabilidade menor se justifica pelos maiores custos de produção ao se combinar três culturas na produção de etanol ao longo do ano, mas apresenta considerável aumento nos cenários correspondentes a preço de venda superior do etanol.

**Tabela 4.2: Indicadores econômicos dos Cenários.**

<b>Cenário</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>Payback (anos)</b>
<b>1 (a)</b> Sorgo sacarino+ Cana-de-açúcar	561.806,10	73	1,96
<b>1 (b)</b> Sorgo sacarino+ Cana-de-açúcar	1.014.793,30	81	1,59
<b>2 (a)</b> Sorgo sacarino + Mandioca	282.555,36	51	3,60
<b>2 (b)</b> Sorgo sacarino + Mandioca	647.590,90	67	1,77
<b>3 (a)</b> Sorgo sacarino+ Batata-doce	554.017,54	84	1,76
<b>3 (b)</b> Sorgo sacarino+ Batata-doce	1.068.498,31	97	1,15
<b>4 (a)</b> Sorgo sacarino+ Cana-de-açúcar + Mandioca	321.574,85	47	4,06
<b>4 (b)</b> Sorgo sacarino+ Cana-de-açúcar + Mandioca	764.411,28	62	2,01
<b>5 (a)</b> Sorgo sacarino + Cana-de-açúcar + Batata-doce	299.915,20	43	4,58
<b>5 (b)</b> Sorgo sacarino + Cana-de-açúcar + Batata-doce	792.456,55	63	1,93

(a) Cenários com 70% de Financiamento e etanol a R\$ 1,04. (b) Cenários com 50% de Financiamento e etanol a R\$ 1,50.

Nos resultados obtidos temos todos os cenários, seja (a) ou (b), apresentando VPL positivo e sendo, portanto, viáveis economicamente. Esta viabilidade econômica também é confirmada pelos valores obtidos de TIR, todos acima de 43% sendo maiores que a taxa Selic utilizada como TMA de 12,25%, e pelos valores de *Payback* obtidos sendo todos menores que 4,58 anos.

Estes valores de resultados obtidos se encaixam especificamente para os valores de receita de etanol e percentagem de financiamento estudado. Visando estudar a influência destes parâmetros na avaliação econômica, foi feita uma análise de sensibilidade do VPL com relação à variação de -30% a +30% das seguintes variáveis:

- a) Custo operacional ou custo de produção total;
- b) Investimento inicial;
- c) Produção de sorgo sacarino;
- d) Produção de cana-de-açúcar;
- e) Produção de mandioca
- f) Produção de batata-doce.

As Figuras 6.4 a 6.13 no Anexo 4 mostram a comparação entre a sensibilidade da variação do custo operacional, do investimento inicial e das produções de matérias-primas sobre o VPL para os diferentes cenários, sendo as figuras pares para os cenários do tipo (a) e as figuras ímpares para os cenários do tipo (b).

Através da análise dos gráficos citados apresentados no Anexo 4, avaliamos que para todos os cenários o VPL é mais sensível à variação do custo operacional do que à variação da percentagem de investimento inicial em capital próprio. Isto se deve ao fato de que a maior parte deste custo é devido aos custos com produção de matéria-prima, que possui alto impacto sobre a rentabilidade.

Identificamos também que o VPL possui alta sensibilidade à variação de produtividade das lavouras de sorgo sacarino, cana-de-açúcar, mandioca e batata-doce, mas que entre estas quatro a que causa maior impacto é a cultura de sorgo sacarino devido a sua maior participação na receita referente à venda do etanol, já que a planta apresenta alto rendimento em álcool.

Nos cenários 2, 3, 4 e 5 identificamos o comportamento inverso da variação na produtividade de mandioca e batata-doce com relação a variação de produtividade do sorgo sacarino e cana-de-açúcar. Isto se deve ao fato de que a participação nos custos de produção destas duas culturas é superior à participação na receita referente à venda de etanol, já que estas apresentam um custo de produção alto por tonelada da cultura.

## **5. Conclusão e Sugestões**

A análise econômica e de sensibilidade realizada para a produção de etanol a partir apenas da cana-de-açúcar mostrou a inviabilidade desta cultura sozinha no estado sob as mesmas condições de custos, investimentos e receitas dos demais cenários estudados. A mesma análise foi feita para cenário de produção de etanol a partir apenas de sorgo sacarino, apresentando inviabilidade econômica. Estes resultados reforçam a importância da presença do sorgo sacarino para o sucesso econômico da microdestilaria, mas mais que isso reforçam a motivação da combinação das culturas no estudo de produção de etanol apresentado pela importância de manter a unidade em operação por um período maior do ano.

Pode-se dizer que todos os cenários estudados de 1 a 5 mostraram-se viáveis economicamente apresentando VPL positivo e valores de TIR acima da TMA utilizada de 12,25%. Dentre os mais rentáveis houve destaque para os cenários 1(b) e 3(b) e os menos rentáveis foram 4(a) e 5(a), sendo o cenário 1 de produção composto pelas matérias primas sorgo sacarino e cana-de-açúcar, o cenário 3, sorgo sacarino e batata-doce, o cenário 4, sorgo sacarino, cana-de-açúcar e mandioca e o cenário 5, sorgo sacarino, cana-de-açúcar e batata-doce. A partir da análise de sensibilidade do VPL nos cenários de produção verificou-se que variações e/ou incertezas no custo operacional apresentam maior influência nos indicadores econômicos avaliados, em comparação com variações do investimento inicial. Adicionalmente, oscilações nas produtividades das culturas de mandioca e batata-doce apresentaram maior impacto negativo no VPL.

Embora a mandioca seja, entre as culturas analisadas, a que apresenta maior rendimento em etanol por tonelada, verificou-se que o seu alto custo de produção impacta de forma negativa na viabilidade dos cenários que a contêm, mas este fato pode ser revertido se este custo de produção for melhorado.

De modo geral, os resultados apresentados sinalizam que o sorgo sacarino, a mandioca e a batata-doce deixaram de ser um recurso promissor na produção de etanol e se candidataram a ser efetivamente utilizados na produção de energia limpa ou de reduzido impacto ambiental.

No Brasil, a matriz produtiva para o álcool combustível está centrada na cultura da cana-de-açúcar. O desenvolvimento tecnológico para a produção de álcool combustível a partir de amiláceas deverá gerar impacto tecnológico nas diferentes etapas da cadeia produtiva, tanto para a cultura no campo, quanto para a indústria do álcool. Esta tecnologia servirá também, como uma alternativa para regiões do país como o Rio Grande do Sul, onde as amiláceas podem ser cultivadas e apresentam alta produtividade. A elaboração de recomendações técnicas atualizadas e adaptadas às novas variedades e às condições do nosso estado, derivadas de resultados de seleção de genótipos eficientes e de outras tecnologias de manejo da cultura, serão ferramentas cruciais para incentivar a expansão da cultura. Assim, este projeto atenderá as demandas de uma nova cadeia produtiva, centrada na produção de álcool combustível, dando suporte aos esforços das empresas, cooperativas e produtores interessados na produção de etanol combustível.

O incentivo a novas alternativas energéticas também pode não só contribuir com as preocupações no que diz respeito à oferta de combustíveis fósseis no mundo, como a diminuição da poluição atmosférica que os mesmos representam.

Apesar deste quadro positivo, ainda se faz necessário estudos sobre custos e a viabilidade da produção de álcool em regiões específicas do estado. Os estudos devem se atentar no que diz respeito à diminuição do custo e aumento da tecnologia para a transformação da matéria-prima em etanol e o quanto este novo combustível deve custar ao consumidor final na região estudada. Somado a isso, há a necessidade de analisar o custo de investimento para a criação de unidades refinadoras para a produção do álcool na região, o tempo e a taxa de retorno desse tipo de investimento e também o quanto que a produção afetará o preço do produto nos postos da região.

Dentre os desafios a serem superados a curto e longo prazo pode-se citar os seguintes: aumento do número de pesquisadores trabalhando com projetos ligados ao assunto em universidades e órgãos de pesquisa, adequação de tecnologias para a produção em larga escala, análise do balanço energético da cultura visando produção de etanol, melhoramento e seleção de genótipos para alta produtividade. A adoção de cultivares de alto teor de matéria seca e com elevada produtividade de raízes e ajustes nos processos fermentativos, como o uso de enzimas mais eficientes ou modificadas geneticamente, podem permitir melhores resultados econômicos, como os apresentados em plantas-teste pela Fepagro e Embrapa do Rio Grande do Sul. Porém, é de fundamental importância a agregação de valor aos subprodutos do processo fermentativo, os quais podem ser destinados à alimentação animal, por exemplo.

Dentre as sugestões específicas de trabalhos futuros podemos citar estudos sobre: custo das leveduras que serão usadas no processamento; uso dos subprodutos da produção da batata-doce; possibilidade da batata-doce ter manejo similar ao da mandioca; possibilidade de utilização da beterraba na combinação da produção de etanol; qual dessas culturas seria a melhor para produção de outros compostos como, por exemplo, o butanol; a destilação utilizada; se deverá ser de forma contínua ou em batelada; a viabilidade econômica da utilização da vinhaça para produção de micro-algas.

## Bibliografia

- ABAM, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. *Produção brasileira de fécula de mandioca*. Disponível em <[www.abam.com.br](http://www.abam.com.br)> consultado em abril 2011.
- ALMEIDA, J., FILHO, J.R.F. *Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal*. Bahia Agrícola, v.7, n.1, set. 2005.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>> consultado em abril 2011.
- BRADBURY, J.H. *Chemical composition of tropical roots crops and its implication for nutrition*. In: Eighth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Bangkok, 1990. p.159-170
- CABELLO, C. *Produção de álcool da mandioca*. Botucatu, 2005. 3p.
- CABELLO, C. *Matérias-primas amiláceas para fins energéticos*. In: V WORKSHOP SOBRE TECNOLOGIAS EM AGROINDÚSTRIAS DE TUBEROSAS TROPICAIS. Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT). Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2007.
- CABELLO, C., SALLA, D. A. *Balances de Massa do Etanol, Água, CO<sub>2</sub> e Efluentes no Processamento Industrial da Mandioca para Produção de Etanol*. Botucatu, 2008. 4p.
- CABELLO, C. *Produção de etanol de raízes de mandioca em usinas de pequeno porte*. Palestra do 4º Congresso Internacional de Bioenergia, Curitiba – PR, 2009.
- CAMACHO, I.A.O. *Caracterização dos Resíduos do Processamento de Mandioca para Produção de Bio-Etanol e sua Utilização na Alimentação de Aves*. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009.
- CASTRO, L.A.S; EMYGDIO, B.M.; ABRANTES, V.L.; ROCHA, N.E.M. *Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado, com potencial de produção de biocombustível*. Publicação da Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS. 2008.
- CEPEA ESALQ. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. USP. Disponível em <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> consultado em maio 2011.
- CEREDA, M. P., *Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Vol. 3 – Tecnologia, uso e potencialidade de tuberosas amiláceas latino americanas*, Fundação Cargill, 2001, São Paulo.
- CGEE. *Química verde no Brasil: 2010-2030* - Brasília, DF : Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. p. 37-42.
- CHIELLE, Z. *Avaliação de Cultivares e Seleções de Mandioca (Manihot esculenta Crantz), no Município de Rio Pardo, RIO GRANDE DO SUL, 2008-2009*. Publicação da Fepagro, Taquari- RS, 2009.
- COOPERBIO. Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis do Brasil. Disponível em <<http://www.cooperbio.com.br>> consultado em março 2011.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>> consultado em maio 2011.



- DCI. *Bioex mira exportar álcool de batata-doce em até dois anos*. Disponível em: <<http://www.dci.com.br/noticia>> consultado em: abril. 2011.
- EMATER. Empresa Brasileira de Extensão Rural. Disponível em <<http://www.emater.tche.br>> consultado em abril 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <<http://www.cpamn.embrapa.br/agrobioenergia>> consultado em março 2011.
- EMYGDIO, B.M. *Produção de etanol a partir de sorgo sacarino*. 2009. Artigo disponível em <[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_4/sorgo/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm)>. consultado em maio 2011.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Statistical databases*. Disponível em: <<http://www.fao.org>> consultado em: abril 2011.
- FEPAGRO. Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias. Disponível em <<http://www.fepagro.rs.gov.br>> consultado em março 2011.
- GUADAGNIN, J.P, RODRIGUES, L.R., PORTO, M.P. *Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul - SAFRAS 2009/2010 E 2010/2011*. 54ª Reunião Técnica Anual do Milho e 37ª Reunião Técnica Anual do Sorgo. Publicação da Fepagro – Taquari, RS, 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Economia e Estatística. *Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul*, 2008. Disponível em: <<http://www.scp.rs.br/ATLAS/atlas>> consultado em: abril. 2011.
- INTERNATIONAL POTATO CENTER. *CIP sweetpotato facts*. Disponível em: <[www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)>. consultado em: abril 2011.
- IPEADATA. Base de Dados do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. Dados Agropecuários. Disponível em <<http://www.ipeadata.gov.br>> consultado em maio 2011.
- LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. (Coord). *Biotechnologia Industrial – Processos fermentativos e enzimáticos*. São Paulo: EDGARD BLUCHER LTDA, 2001, 593p.
- MENEZES, T. J. B. *Etanol o combustível do Brasil*. São Paulo, Ed.Agronômica Ceres. 229 p. 1980.
- OINEGUE, F. *O mundo do etanol depois da euforia*. Anuário 2009, São Paulo. P 57-59.
- OSTROWSKI, A.P., VARGAS, F., PIZZINATTO, L.E., ARAUJO, J.H.B. *Obtenção de Álcool Etilico a partir de Amido de Mandioca*. Mostra de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar – I MICTI - Camboriú, 2006.
- PEREIRA Jr., N.; COUTO, M.A.P.G.; SANTA ANNA, L.M.M. (2008). *Biomass of lignocellulosic composition for fuel ethanol production and the context of biorefinery*. In Series on Biotechnology, Ed. Amiga Digital UFRJ, Rio de Janeiro, v.2, 45 p.
- RECEITA DA FAZENDA. Indicadores taxa Selic. Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/pagamentos/jrselic.htm>> consultado em maio 2011.
- RICHETTI, A.; SAGRILO, E. *Custo de produção de mandioca industrial, Safra 2007*. Dourados, 2008. 4p.
- RIZATO, M. *Potencial Econômico da Produção de Álcool de Mandioca no Norte do Brasil*. Artigo apresentado no XIII Congresso Brasileiro da Mandioca, 2009.

- RODRIGUES, W.; BERALDO, K.A.; SILVEIRA, M.A. *Análise Econômica da Sustentabilidade da Cadeia Produtiva de Etanol de Batata-doce no Estado do Tocantins*. Artigo Apresentado no 47º Congresso SOBER (Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural) – 2009.
- ROSADO JUNIOR, A. G., COELHO, H. M., FEIL, N. F. *Análise da viabilidade econômica da produção de bio-etanol em microdestilarias*. Dissertação de Pós Graduação – UFRGS – RS, 2008.
- SAA. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio. Disponível em <<http://www.agricultura.rs.gov.br>> consultado em maio 2011.
- SBRT. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em <<http://www.respostatecnica.org.br>> consultado em maio 2011.
- SCHAFFERT, R.E. *Potencial do Sorgo na Produção de Etanol no Brasil*. Palestra do Simpósio Estadual de Agroenergia – Porto Alegre, RS, 2008.
- SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. *Cultura da Batata-doce (Ipomoea batatas L.)*, Brasília, DF: EMBRAPACNPH, 2004. (Embrapa Hortaliças, Sistema de produção, 6). Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce>> consultado em maio 2011.
- SILVA, J.R., HOPPE, S.; ASSIS SHIKIDA, P. F. *Análise Econômico-Financeira da Implantação de uma Destilaria para Produção de Álcool Carburante a partir da Mandioca*. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol. 1, núm. 2, julho-dezembro, 2009, p.245-257.
- SILVEIRA, J.R.P. *Ações de Pesquisa para a Produção de Álcool a partir da mandioca*. Projeto apresentado pela Fepagro – RS, 2005.
- SILVEIRA, M.A. *Batata-doce – Uma nova alternativa para a produção de etanol*. Universidade Federal do Tocantins – UFT, 2008. 14p.
- SSEA. Sweet Sorghum Ethanol Association. Disponível em <<http://www.sseassociation.org>> consultado em abril 2011.
- USI Biorefinarias. Usinas Sociais Inteligentes. Disponível em <<http://usibiorefinarias.com>> consultado em março 2011.
- VALLE, T.L.; FELTRAN, J.C. *Batata-doce – Matéria-prima alternativa para a produção de etanol*. 2008. Artigo disponível em <<http://www.apta.sp.gov.br>> consultado em março 2011.
- VITAL, N. *Batatalcool*. Revista Dinheiro Rural, n. 38, fev. 2008. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/revistadinheiro rural/edicoes/38/artigo73088>> consultado em: março. 2011.
- WESCHENFELDER, S. C. *Análise da viabilidade econômica da produção de bio-etanol em microdestilarias*. Dissertação Pós-Graduação – UFSM – RS, 2010.

## **Anexo 1: Memorial descritivo da Mini-Usina de Bioetanol USI 1000**

Mini-Usina para produção de Bioetanol 95°GL a 20°C (produção média de 40lt/h) em sistema contínuo, a partir do amido de batata-doce/mandioca e sacarose de cana-de-açúcar/sorgo sacarino, com utilização de sistema inédito "USI": processos de hidrolização, sacarificação e fermentação ocorrendo simultaneamente com utilização de enzimas amiláceas à frio/levedura (de 28°C à 32°C). Necessita, aproximadamente, 100 hectares de matéria prima agrícola energética para operação anual contínua.

### **DESCRIÇÃO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA MINI-USINA DE BIOETANOL**

#### **Item A**

##### **-01 COLUNA "a" (Destilação)**

-01(uma) Torre "A" de destilação em aço inox 304 que apresenta na região interna um conjunto de placas dispostas alinhadas longitudinalmente e justapostas às paredes internas e, na superfície externa, duas unidades de controle temperatura (termômetros)

##### **-01 COLUNA "B" (Esgotamento e Retificação)**

-01(uma) Torre "B" de esgotamento e retificação em aço inox 304, composta de um conjunto de placas dispostas alinhadas longitudinalmente e justapostas às paredes internas e, na superfície externa, duas unidades de controle temperatura (termômetro), registros, visores e 03 (três) condensadores.

- 01 Quadro de comando - digital, para controle da temperatura das colunas, e ativação das motobombas.

- 03 Motobombas de 0,5 cv, monofásicas, em aço inox, motor antiexplosivo com selo de viton.

- 01 Válvula auto-operada, para controle de entrada de vapor.

- 01 Base de Sustentação das Colunas, quadro de comando e motobombas, com 2,00 metros de comprimento e 0,60 metros de largura, em aço inox 304.

#### **Item B - CALDEIRA (de conformidade com ABNT)**

-01 Caldeira mista fogo tubular para geração de vapor

1 - Característica técnicas:

Modelo: - Tipo: Vertical - Produção de vapor; 200kg/h - MPTA: 8,0 kgf/cm<sup>2</sup>

Combustível: Lenha- Tiragem: Natural

#### **Item C - INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE**

-01 Sacarímetro - teor de sacarose

-01 Alcoômetro - % GL°

-01 Phmetro - PH

-01 Termômetro - temperatura

-01 Refratometro - teor de Brix

#### Item D - DORNA DE DILUIÇÃO com Tela - Peneira

-01 Dorna de Diluição - Capacidade: 500lt - Material: Fibra

- Características - Reforços: - área central e borda superior

#### Item E - DORNAS (H / S / F): AMIDO / SACAROSE

- Capacidade: 08 Dornas c/5.000lt /cada (fundo plano com conexões) - Material: Fibra

- Características: Cintas de reforços: -intermediárias -borda superior c/ferragem protegida

#### Item F - TANQUES DE ARMAZENAMENTO

Etanol: capacidade 10.000L, tanques horizontal de polipropileno.

Coprodutos: - capacidade: 15.000lt - Material: Fibra/ Polipropileno

- Características: Reforços: área central e borda superior

#### Item G - TORRE DE RESFRIAMENTO

-01 Mini Torre de Resfriamento de Água. Operar por sistema de fluxo cruzado de ar

#### Item H - DESINTEGRADOR / ENSILADEIRA

Desintegrador e moagem fina, com tela, ensilador, para bagaço de Mandioca, batata-doce e outros.

-01 Desintegrador

#### Item I - MOENDA (engenho)

-01 Moenda / Prensa de cana-de-açúcar/sorgo sacarino

#### Observações:

- As dimensões dos tanques poderão, de comum acordo, serem alterados para melhor aproveitamento operacional.

- O treinamento de operacionalização e montagem da miniusina, a ser realizado na sede de nossa empresa em São Vicente do Sul-RS.

Capacidade laboral do módulo em relação à matéria prima/dornas

- Material amiláceo (teor de amido entre 25% e 30%): de 70 a 90 horas

- Material sacarídeo (teor de sacarose entre 18% e 20%): aproximadamente 24 horas

(Fonte USI –Usinas Sociais Inteligentes)

OBS: A coluna da USI não possui refeedor, logo eles utilizam injeção de vapor no fundo da coluna para aumentar a temperatura. Com isto a destilação apresenta uma maior quantidade de resíduo (vinhaça), adicionalmente está aumentando a diluição do álcool, fazendo com que tenha que gastar mais energia para atingir a especificação. Trabalhos futuros poderiam apresentar melhorias desta coluna de destilação sugerindo um processo em batelada, por exemplo.

## Anexo 2: Zoneamentos Agrícolas do Rio Grande do Sul

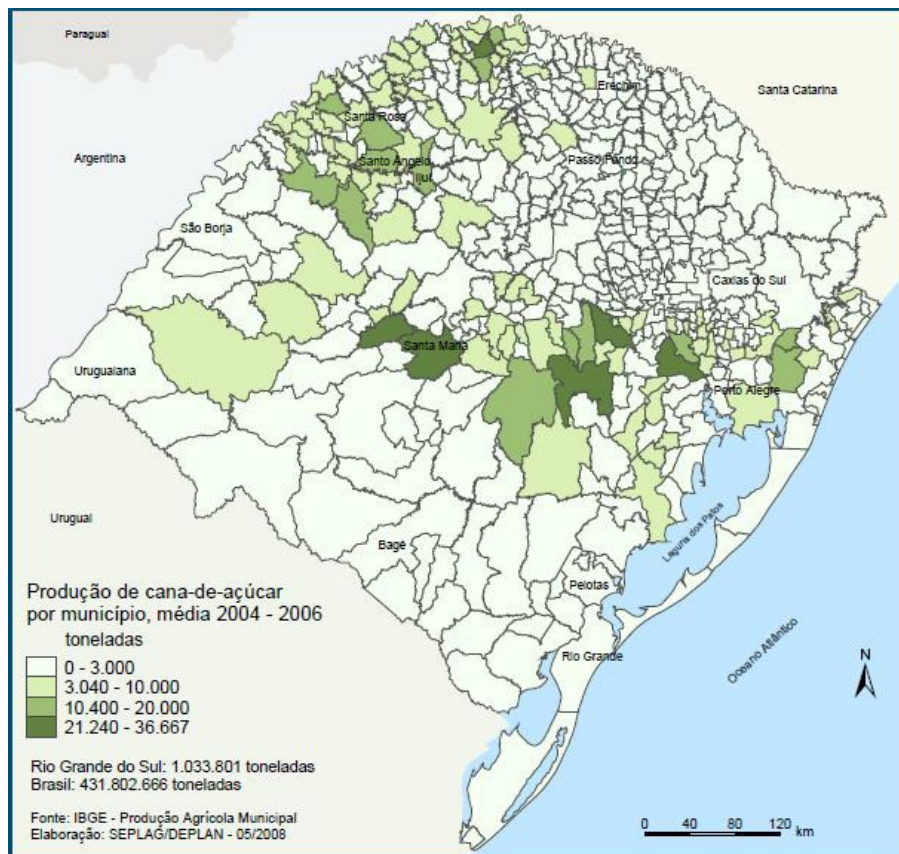


Figura 6.1: Zoneamento Agrícola da produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.

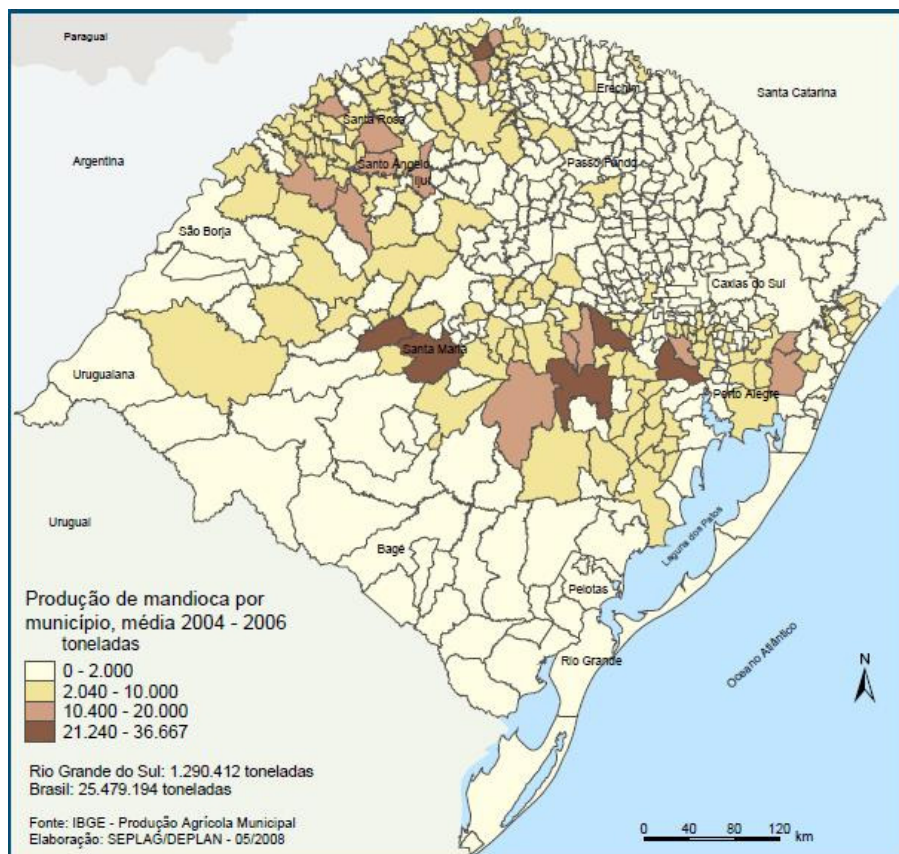


Figura 6.2: Zoneamento Agrícola da produção de mandioca no Rio Grande do Sul.

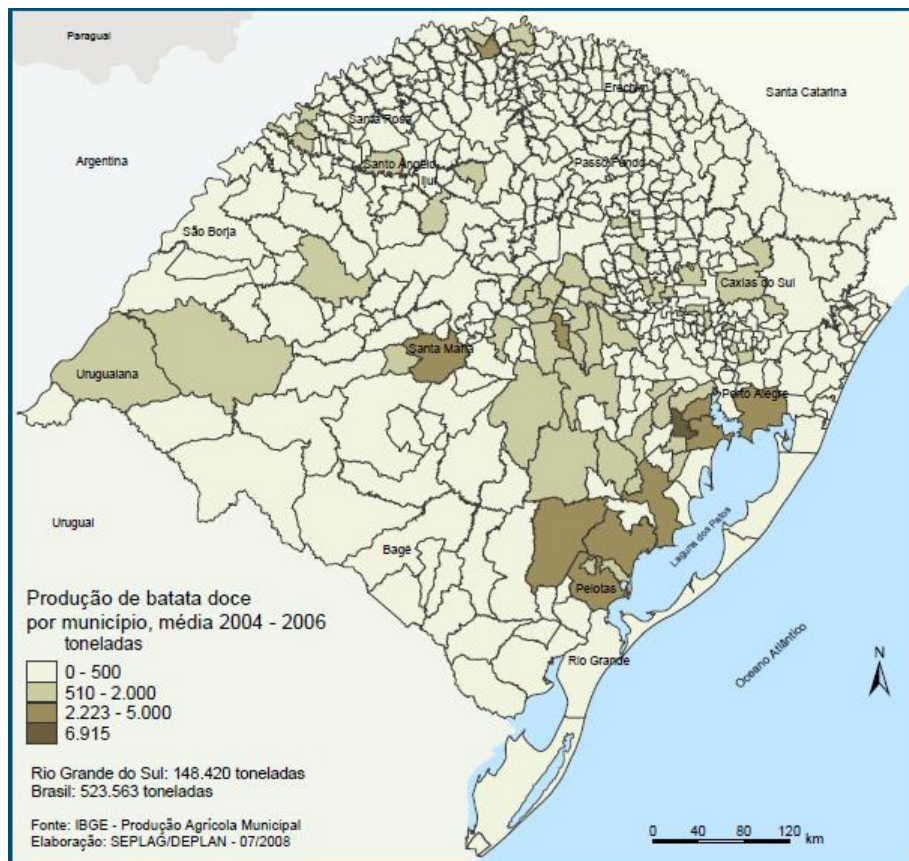


Figura 6.3: Zoneamento Agrícola da produção de batata-doce no Rio Grande do Sul.

### Anexo 3: Fluxos de Caixa

Tabela 6.1 Fluxo de Caixa do Cenário 1 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.

% Capital Próprio	30%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	159.720										
<b>Financiamento</b>	<b>372.680</b>										
Venda etanol hidratado		343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200
Venda de silagem de sorgo sacarino		151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875
Venda de silagem de cana-de-açúcar		170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>	<b>665.700</b>
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268
Juros do Financiamento (5% a.a)		18.634	16.70,6	14.907,2	13.043,8	11.180,4	9.317	7.453,6	5.590,2	3.726,8	3.726,8
Devolução do capital próprio		15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972
Custos de produção		484.416,4	387.684,4	394.704,4	430.596,4	411.084,4	461.628,4	412.344,4	394.704,4	402.660,4	419.832,4
Instalações	156.500										
Equipamentos	375.900										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	<b>556.290</b>	<b>457.695</b>	<b>462.852</b>	<b>496.880</b>	<b>475.505</b>	<b>524.185</b>	<b>473.038</b>	<b>453.535</b>	<b>459.627</b>	<b>476.799</b>
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	181.284	278.016	270.996	235.104	254.616	204.072	253.356	270.996	263.040	245.868
Depreciação		41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503
Lucro Tributável	0	67.907	166.503	161.346	127.317	148.693	100.012	151.160	170.663	164.570	147.398
Impostos (30%)		20.372	49.951	48.404	38.195	44.608	30.004	45.348	51.199	49.371	44.220
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	<b>47.535</b>	<b>116.552</b>	<b>112.942</b>	<b>89.122</b>	<b>104.085</b>	<b>70.008</b>	<b>105.812</b>	<b>119.464</b>	<b>115.199</b>	<b>103.179</b>
Impostos (8%)		3.803	9.324	9.035	7.130	8.327	5.601	8.465	9.557	9.216	8.254
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-159.720</b>	<b>85.235</b>	<b>148.730</b>	<b>145.409</b>	<b>123.495</b>	<b>137.261</b>	<b>105.910</b>	<b>138.849</b>	<b>151.409</b>	<b>147.486</b>	<b>136.427</b>
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-159.720</b>	<b>-74.485</b>	<b>74.245</b>	<b>219.654</b>	<b>343.149</b>	<b>480.410</b>	<b>586.320</b>	<b>725.169</b>	<b>876.579</b>	<b>1.024.064</b>	<b>1.160.491</b>



**Tabela 6.2 Fluxo de Caixa do Cenário 1 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.**

% Capital Próprio	50%										
	Ano										
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	266.200										
Financiamento	266.200										
Venda etanol hidratado		495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000
Venda de silagem de sorgo sacarino		151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875	151.875
Venda de silagem de cana-de-açúcar		170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	817.500	817.500	817.500	817.500	817.500	817.500	817.500	817.500	817.500	817.500
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620
Juros do Financiamento (5% a.a)		13.310	11.979	10.648	9.317	7.986	6.655	5.324	3.993	2.662	1.331
Devolução do Capital Próprio		26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620
Custos de produção		484.416,4	387.684,4	394.704,4	430.596,4	411.084,4	461.628,4	412.344,4	394.704,4	402.660,4	419.832,4
Instalações	156.500										
Equipamentos	375.900										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	550.966	452.903	458.592	493.153	472.310	521.523	470.908	451.937	458.562	474.403
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	333.084	429.816	422.796	386.904	406.416	355.872	405.156	422.796	414.840	397.668
Depreciação		41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503
Lucro Tributável	0	225.031	323.094	317.405	282.844	303.687	254.474	305.089	324.060	317.435	301.594
Impostos (30%)		67.509	96.928	95.222	84.853	91.106	76.342	91.527	97.218	95.231	90.478
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	157.522	226.166	222.184	197.991	212.581	178.132	213.562	226.842	222.205	211.116
Impostos (8%)		12.602	18.093	17.775	15.839	17.006	14.251	17.085	18.147	17.776	16.889
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-266.200</b>	186.423	249.575	245.911	223.654	237.077	205.384	237.980	250.197	245.931	235.729
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-266.200</b>	-79.777	169.798	415.709	639.363	876.440	1.081.824	1.319.804	1.570.001	1.815.932	2.051.661



**Tabela 6.3 Fluxo de Caixa do Cenário 2 de produção (sorgo sacarino + mandioca) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.**

% Capital Próprio	30%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	139.639,7										
Financiamento	325.826										
Venda etanol hidratado		280.800	280.800	280.800	280.800	280.800	280.800	280.800	280.800	280.800	280.800
Venda de silagem de sorgo sacarino		118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125
Venda de silagem de mandioca		16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>465.466</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>	<b>415.557</b>
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		32.583	32.583	32.583	32.583	32.583	32.583	32.583	32.583	32.583	32.583
Juros do Financiamento (5% a.a)		162.91,3	146.62,17	130.33,04	114.03,91	9.774,78	8.145,65	65.16,52	4.887,39	3.258,26	1.629,13
Devolução do Capital Próprio		139.63,97	139.63,97	139.63,97	139.63,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97
Custos de produção		265.400,4	258.596,4	258.596,4	265.400,4	258.596,4	258.596,4	265.400,4	258.596,4	258.596,4	265.400,4
Instalações	136.825										
Equipamentos	328.641										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>465.466</b>	<b>328.238</b>	<b>319.805</b>	<b>318.176</b>	<b>323.351</b>	<b>314.918</b>	<b>313.289</b>	<b>318.464</b>	<b>310.030</b>	<b>308.401</b>	<b>313.576</b>
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	150.157	156.961	156.961	150.157	156.961	156.961	150.157	156.961	156.961	150.157
Depreciação		36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285
Lucro Tributável	0	51.034	59.467	61.096	55.921	64.354	65.984	60.809	69.242	70.871	65.696
Impostos (30%)		15.310	17.840	18.329	16.776	19.306	19.795	18.243	20.773	21.261	19.709
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	<b>35.724</b>	<b>41.627</b>	<b>42.767</b>	<b>39.145</b>	<b>45.048</b>	<b>46.189</b>	<b>42.566</b>	<b>48.469</b>	<b>49.610</b>	<b>45.987</b>
Impostos (8%)		2.858	3.330	3.421	3.132	3.604	3.695	3.405	3.878	3.969	3.679
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-139.640</b>	<b>69.151</b>	<b>74.582</b>	<b>75.631</b>	<b>72.298</b>	<b>77.729</b>	<b>78.778</b>	<b>75.446</b>	<b>80.877</b>	<b>81.926</b>	<b>78.593</b>
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-139.640</b>	<b>-70.489</b>	<b>4.092</b>	<b>79.723</b>	<b>152.021</b>	<b>229.750</b>	<b>308.528</b>	<b>383.974</b>	<b>464.850</b>	<b>546.776</b>	<b>625.369</b>

Tabela 6.4 Fluxo de Caixa do Cenário 2 de produção (sorgo sacarino + mandioca) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.

% Capital Próprio	50%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	232.732,9										
Financiamento	232.732,9										
Venda etanol hidratado		405.000	405.000	405.000	405.000	405.000	405.000	405.000	405.000	405.000	405.000
Venda de silagem de sorgo sacarino		118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125	118.125
Venda de silagem de mandioca		16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632	16.632
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>465.465,8</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>	<b>539.757</b>
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29
Juros do Financiamento (5% a.a)		11.637	10.473	9.309	8.146	6.982	5.818	4.655	3.491	2.327	1.164
Devolução do Capital Próprio		23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29
Custos de produção		265.400,4	258.596,4	258.596,4	265.400,4	258.596,4	258.596,4	265.400,4	258.596,4	258.596,4	265.400,4
Instalações	136.824,6										
Equipamentos	328.641										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>465.466</b>	<b>323.584</b>	<b>315.616</b>	<b>314.452,3</b>	<b>320.092,7</b>	<b>312.125</b>	<b>310.961,3</b>	<b>316.601,7</b>	<b>308.634</b>	<b>307.470,3</b>	<b>313.110,7</b>
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	274.356,6	281.160,6	281.160,6	274.356,6	281.160,6	281.160,6	274.356,6	281.160,6	281.160,6	274.356,6
Depreciação		36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285
Lucro Tributável	0	179.889	187.856	189.020	183.380	191.347	192.511	186.871	194.838	196.002	190.362
Impostos (30%)		53.967	56.357	56.706	55.014	57.404	57.753	56.061	58.451	58.801	57.108
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	<b>125.922</b>	<b>131.499</b>	<b>132.314</b>	<b>128.366</b>	<b>133.943</b>	<b>134.758</b>	<b>130.809</b>	<b>136.387</b>	<b>137.201</b>	<b>133.253</b>
Impostos (8%)		10.074	10.520	10.585	10.269	10.715	10.781	10.465	10.911	10.976	10.660
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-232.733</b>	<b>152.133</b>	<b>157.264</b>	<b>158.014</b>	<b>154.381</b>	<b>159.512</b>	<b>160.262</b>	<b>156.629</b>	<b>161.761</b>	<b>162.510</b>	<b>158.878</b>
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-232.733</b>	<b>-80.600</b>	<b>76.664</b>	<b>234.678</b>	<b>389.059</b>	<b>548.571</b>	<b>708.833</b>	<b>865.463</b>	<b>1.027.223</b>	<b>1.189.733</b>	<b>1.348.611</b>

Tabela 6.5 Fluxo de Caixa do Cenário 3 de produção (sorgo sacarino + batata-doce) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.

% Capital Próprio	30%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	139.639,7										
Financiamento	325.826,1										
Venda etanol hidratado		374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400
Venda de silagem de sorgo sacarino		75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5
Venda de silagem de batata-doce		25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>465.465,8</b>	475.785	475.785	475.785	475.785	475.785	475.785	475.785	475.785	475.785	475.785
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		32.582,61	32.582,61	32.582,61	32.582,61	32.582,61	32.582,61	32.582,61	32.582,61	32.582,61	32.582,61
Juros do Financiamento (5% a.a)		16.291	14.662	13.033	11.404	9.775	8.146	6.517	4.887	3.258	3.258
Devolução do capital próprio		13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	13.963,97	139.63,97
Custos de produção		255.330,1	240.777,1	240.777,1	255.330,1	240.777,1	240.777,1	255.330,1	240.777,1	240.777,1	245.151,1
Instalações	136.824,6										
Equipamentos	328.641										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>465.466</b>	304.204	288.021,9	286.392,7	299.316,6	283.134,5	281.505,4	294.429,2	278.247,1	276.618	280.992
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	220.454,9	235.007,9	235.007,9	220.454,9	235.007,9	235.007,9	220.454,9	235.007,9	235.007,9	230.633,9
Depreciação		36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285
Lucro Tributável	0	121.332	137.514	139.144	126.220	142.402	144.031	131.107	147.289	148.918	144.544
Impostos (30%)		36.400	41.254	41.743	37.866	42.721	43.209	39.332	44.187	44.675	43.363
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	84.933	96.260	97.400	88.354	99.681	100.822	91.775	103.102	104.243	101.181
Impostos (8%)		6.795	7.701	7.792	7.068	7.975	8.066	7.342	8.248	8.339	8.094
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-139.640</b>	114.423	124.844	125.893	117.570	127.992	129.041	120.718	131.139	132.188	129.371
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-139.640</b>	-25.217	99.627	225.520	343.090	471.082	600.123	720.840	851.979	984.167	1.113.539

Tabela 6.6 Fluxo de Caixa do Cenário 3 de produção (sorgo sacarino + batata-doce) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.

% Capital Próprio	50%										
	Ano										
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	232.732,9										
Financiamento	232.732,9										
Venda etanol hidratado		540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000
Venda de silagem de sorgo sacarino		75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5	75.937,5
Venda de silagem de batata-doce		25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5	25.447,5
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>465.465,8</b>	641.385	641.385	641.385	641.385	641.385	641.385	641.385	641.385	641.385	641.385
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29
Juros do Financiamento (5% a.a)		11.637	10.473	9.309	8.146	6.982	5.818	4.655	3.491	2.327	1.164
Devolução Capital Próprio		23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29	23.273,29
Custos de produção		255.330,1	240.777,1	240.777,1	255.330,1	240.777,1	240.777,1	255.330,1	240.777,1	240.777,1	245.151,1
Instalações	136.824,6										
Equipamentos	328.641										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>465.466</b>	313.513	297.796,7	296.633	310.022,3	294.305,7	293.142	306.531,3	290.814,7	289.651	292.861,3
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	386.054,9	400.607,9	400.607,9	386.054,9	400.607,9	400.607,9	386.054,9	400.607,9	400.607,9	396.233,9
Depreciação		36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285	36.285
Lucro Tributável	0	291.587	307.304	308.467	295.078	310.795	311.958	298.569	314.286	315.449	312.239
Impostos (30%)		87.476	92.191	92.540	88.523	93.238	93.587	89.571	94.286	94.635	93.672
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	204.111	215.113	215.927	206.555	217.556	218.371	208.998	220.000	220.814	218.567
Impostos (8%)		16.329	17.209	17.274	16.524	17.404	17.470	16.720	17.600	17.665	17.485
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-232.733</b>	224.067	234.188	234.938	226.315	236.436	237.186	228.563	238.685	239.434	237.367
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-232.733</b>	-8.666	225.522	460.460	686.775	923.211	1.160.397	1.388.960	1.627.645	1.867.079	2.104.445

Tabela 6.7 Fluxo de Caixa do Cenário 4 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.

% Capital Próprio	30%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	176.300,1										
Financiamento	411.367										
Venda etanol hidratado		343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200	343.200
Venda de silagem de sorgo sacarino		101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250
Venda de silagem de cana-de-açúcar		124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5
Venda de silagem de mandioca		9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>587.667</b>	578.966	578.966	578.966	578.966	578.966	578.966	578.966	578.966	578.966	578.966
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		41.137	41.137	41.137	41.137	41.137	41.137	41.137	41.137	41.137	41.137
Juros do Financiamento (5% a.a)		20.568,35	18.511,51	16.454,68	14.397,84	12.341,01	10.284,17	8.227,34	6.170,50	4.113,67	2.056,83
Devolução Capital Próprio		17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01
Custos de produção		438.620,9	368.492,9	373.622,9	399.290,9	385.592,9	422.528,9	385.952,9	373.622,9	379.436,9	391.424,9
Instalações	172.746										
Equipamentos	414.921										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>587.667</b>	517.956	445.771	448.844	472.455	456.701	491.580	452.947	438.560	442.317	452.248
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	140.345	210.473	205.343	179.675	193.373	156.437	193.013	205.343	199.529	187.541
Depreciação		45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811
Lucro Tributável	0	15.199	87.384	84.311	60.699	76.454	41.575	80.208	94.595	90.838	80.906
Impostos (30%)		4.560	26.215	25.293	18.210	22.936	12.473	24.062	28.378	27.251	24.272
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	10.639	61.169	59.017	42.490	53.518	29.103	56.145	66.216	63.586	56.634
Impostos (8%)		851	4.893	4.721	3.399	4.281	2.328	4.492	5.297	5.087	4.531
<b>Fluxo de Caixa (R\$)</b>	<b>-176.300</b>	55.599	102.086	100.107	84.901	95.047	72.585	97.465	106.730	104.310	97.914
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-176.300</b>	-120.701	-18.616	81.491	166.392	261.439	334.024	431.489	538.219	642.529	740.443

Tabela 6.8 Fluxo de Caixa do Cenário 4 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.

% Capital Próprio	50%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	293.833,5										
Financiamento	293.834										
Venda etanol hidratado		495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000	495.000
Venda de silagem de sorgo sacarino		101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250	101.250
Venda de silagem de cana-de-açúcar		124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5	124.687,5
Venda de silagem de mandioca		9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828	9.828
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>587.667</b>	730.766	730.766	730.766	730.766	730.766	730.766	730.766	730.766	730.766	730.766
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		29.383	29.383	29.383	29.383	29.383	29.383	29.383	29.383	29.383	29.383
Juros do Financiamento (5% a.a)		14.691,68	13.222,51	11.753,34	10.284,17	8.815,01	7.345,84	5.876,67	4.407,5	2.938,34	1.469,17
Devolução Capital Próprio		29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35
Custos de produção		438.620,9	368.492,9	373.622,9	399.290,9	385.592,9	422.528,9	385.952,9	373.622,9	379.436,9	391.424,9
Instalações	172.746										
Equipamentos	414.921										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>587.667</b>	512.079	440.482	444.143	468.342	453.175	488.641	450.596	436.797	441.142	451.661
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	292.145	362.273	357.143	331.475	345.173	308.237	344.813	357.143	351.329	339.341
Depreciação		45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811
Lucro Tributável	0	172.876	244.473	240.812	216.613	231.780	196.313	234.359	248.158	243.813	233.294
Impostos (30%)		51.863	73.342	72.244	64.984	69.534	58.894	70.308	74.447	73.144	69.988
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	121.013	171.131	168.568	151.629	162.246	137.419	164.051	173.710	170.669	163.306
Impostos (8%)		9.681	13.690	13.485	12.130	12.980	10.994	13.124	13.897	13.654	13.064
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-293.834</b>	157.143	203.251	200.894	185.309	195.077	172.236	196.738	205.624	202.826	196.052
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-293.834</b>	-136.691	66.560,14	267.453,7	452.763,1	647.840,3	820.076,8	1.016.814	1.222.439	1.425.265	1.621.317

Tabela 6.9 Fluxo de Caixa do Cenário 5 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce) com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.

% Capital Próprio	30%										
	Ano										
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	176.300,1										
Financiamento	411.367										
Venda etanol hidratado		374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400	374.400
Venda de silagem de sorgo sacarino		67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500
Venda de silagem de cana-de-açúcar		98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5
Venda de silagem de batata-doce		16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>587.667</b>	556.650	556.650	556.650	556.650	556.650	556.650	556.650	556.650	556.650	556.650
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		41.136,69	41.136,69	41.136,69	41.136,69	41.136,69	41.136,69	41.136,69	41.136,69	41.136,69	41.136,69
Juros do Financiamento (5% a.a)		20.568,35	18.511,51	16.454,68	14.397,84	12.341,01	10.284,17	8.227,34	6.170,5	4.113,67	2.056,84
Devolução Capital Próprio		17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01	17.630,01
Custos de produção		416.745,4	355.572,4	359.622,4	385.695,4	369.072,4	398.232,4	375.165,4	359.622,4	364.212,4	372.960,4
Instalações	172.746										
Equipamentos	414.921										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>587.667,2</b>	478.450,5	415.220,6	417.213,8	441.229,9	422.550,1	449.653,3	424.529,4	406.929,6	409.462,8	416.153,9
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	139.905	201.078	197.028	170.955	187.578	158.418	181.485	197.028	192.438	183.690
Depreciação		45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811
Lucro Tributável	0	14.759	77.989	75.996	51.979	70.659	43.556	68.680	86.280	83.747	77.055
Impostos (30%)		4.428	23.397	22.799	15.594	21.198	13.067	20.604	25.884	25.124	23.117
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	10.331	54.592	53.197	36.386	49.461	30.489	48.076	60.396	58.623	53.939
Impostos (8%)		826	4.367	4.256	2.911	3.957	2.439	3.846	4.832	4.690	4.315
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-176.300</b>	55.315	96.035	94.752	79.285	91.315	73.861	90.041	101.375	99.743	95.434
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-176.300</b>	-120.985	-24.949,3	69.802,51	149.087,9	240.403,1	314.263,9	404.304,4	505.679,2	605.422,7	700.857

**Tabela 6.10 Fluxo de Caixa do Cenário 5 de produção (sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce) com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.**

% Capital Próprio	50%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	293.833,5										
Financiamento	293.834										
Venda etanol hidratado		540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000	540.000
Venda de silagem de sorgo sacarino		67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500	67.500
Venda de silagem de cana-de-açúcar		98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5	98.437,5
Venda de silagem de batata-doce		16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313	16.313
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>587.667</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>	<b>722.250</b>
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35
Juros do Financiamento (5% a.a)		14.691,68	13.222,51	11.753,34	10.284,17	8.815,01	7.345,84	5.876,67	4.407,5	2.938,34	1.469,17
Devolução de capital Próprio		29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35	29.383,35
Custos de produção		416.745,4	355.572,4	359.622,4	385.695,4	369.072,4	398.232,4	375.165,4	35.9622,4	364.212,4	372.960,4
Instalações	172.746										
Equipamentos	414.921										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>587.667,2</b>	<b>490.203,8</b>	<b>427.561,6</b>	<b>430.142,5</b>	<b>454.746,3</b>	<b>436.654,1</b>	<b>464.345</b>	<b>439.808,8</b>	<b>422.796,6</b>	<b>425.917,5</b>	<b>433.196,3</b>
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	305.505	366.678	362.628	336.555	353.178	324.018	347.085	362.628	358.038	349.290
Depreciação		45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811	45.811
Lucro Tributável	0	186.236	248.878	246.297	221.693	239.785	212.094	236.631	253.643	250.522	243.243
Impostos (30%)		55.871	74.663	73.889	66.508	71.936	63.628	70.989	76.093	75.157	72.973
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	<b>130.365</b>	<b>174.214</b>	<b>172.408</b>	<b>155.185</b>	<b>167.850</b>	<b>148.466</b>	<b>165.641</b>	<b>177.550</b>	<b>175.365</b>	<b>170.270</b>
Impostos (8%)		10.429	13.937	13.793	12.415	13.428	11.877	13.251	14.204	14.029	13.622
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-293.834</b>	<b>165.746</b>	<b>206.088</b>	<b>204.426</b>	<b>188.581</b>	<b>200.232</b>	<b>182.399</b>	<b>198.201</b>	<b>209.157</b>	<b>207.147</b>	<b>202.459</b>
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-293.834</b>	<b>-128.087</b>	<b>78.000,79</b>	<b>282.426,7</b>	<b>471.007,7</b>	<b>671.240</b>	<b>853.639,5</b>	<b>1.051.840</b>	<b>1.260.997</b>	<b>1.468.144</b>	<b>1.670.603</b>



Tabela 6.11 Fluxo de Caixa do Cenário apenas com cana-de-açúcar com 70% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,04.

% Capital Próprio	30% Ano										
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	159.720										
<b>Financiamento</b>	<b>372.680</b>										
Venda etanol hidratado		202.800	202.800	202.800	202.800	202.800	202.800	202.800	202.800	202.800	202.800
Venda de silagem de cana-de-açúcar		170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>	<b>373.425</b>
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268	37.268
Juros do Financiamento (5% a.a)		18.634	16.770,6	14.907,2	13.043,8	11.180,4	9.317	7.453,6	5.590,2	3.726,8	3.726,8
Devolução do capital próprio		15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972	15.972
Custos de produção		420.264,4	332.280,4	339.300,4	366.444,4	355.680,4	406.224,4	348.192,4	339.300,4	347.256,4	355.680,4
Instalações	156.500										
Equipamentos	375.900										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	<b>492.138</b>	<b>402.291</b>	<b>407.448</b>	<b>432.728</b>	<b>420.101</b>	<b>468.781</b>	<b>408.886</b>	<b>398.131</b>	<b>404.223</b>	<b>412.647</b>
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	-46.839	41.145	34.125	6.981	17.745	-32.799	25.233	34.125	26.169	17.745
Depreciação		41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503
Lucro Tributável	0	-160.216	-70.368	-75.525	-100.806	-88.178	-136.859	-76.963	-66.208	-72.301	-80.725
Impostos (30%)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	<b>-160.216</b>	<b>-70.368</b>	<b>-75.525</b>	<b>-100.806</b>	<b>-88.178</b>	<b>-136.859</b>	<b>-76.963</b>	<b>-66.208</b>	<b>-72.301</b>	<b>-80.725</b>
Impostos (8%)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-159.720</b>	<b>-118.713</b>	<b>-28.866</b>	<b>-34.023</b>	<b>-59.303</b>	<b>-46.676</b>	<b>-95.356</b>	<b>-35.461</b>	<b>-24.706</b>	<b>-30.798</b>	<b>-39.222</b>
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-159.720</b>	<b>-278.433</b>	<b>-307.299</b>	<b>-341.322</b>	<b>-400.625</b>	<b>-447.301</b>	<b>-542.657</b>	<b>-578.118</b>	<b>-602.824</b>	<b>-633.622</b>	<b>-672.844</b>

Tabela 6.12 Fluxo de Caixa do Cenário apenas com cana-de-açúcar com 50% de financiamento e com preço do etanol de R\$1,50.

% Capital Próprio	50%										
Descrição	Ano										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ENTRADAS (R\$)</b>											
Capital Próprio	266.200										
Financiamento	266.200										
Venda etanol hidratado		292.500	292.500	292.500	292.500	292.500	292.500	292.500	292.500	292.500	292.500
Venda de silagem de cana-de-açúcar		170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625	170.625
<b>Total das entradas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	463.125	463.125	463.125	463.125	463.125	463.125	463.125	463.125	463.125	463.125
<b>SAÍDAS (R\$)</b>											
Parcela do financiamento		26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620
Juros do Financiamento (5% a.a)		13.310	11.979	10.648	9.317	7.986	6.655	5.324	3.993	2.662	1.331
Devolução do Capital Próprio		26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620	26.620
Custos de produção		420.264,4	332.280,4	339.300,4	366.444,4	355.680,4	406.224,4	348.192,4	339.300,4	347.256,4	355.680,4
Instalações	156.500										
Equipamentos	375.900										
<b>Total das saídas (R\$)</b>	<b>532.400</b>	486.814	397.499	403.188	429.001	416.906	466.119	406.756	396.533	403.158	410.251
<b>LUCRO (R\$)</b>											
Lucro bruto	0	42.861	130.845	123.825	96.681	107.445	56.901	114.933	123.825	115.869	107.445
Depreciação		41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503
Lucro Tributável	0	-65.192	24.123	18.434	-7.379	4.716	-44.497	14.866	25.089	18.464	11.371
Impostos (30%)		0	7.237	5.530	0	1.415	0	4.460	7.527	5.539	3.411
<b>Lucro líquido (R\$)</b>	<b>0</b>	-65.192	16.886	12.904	-7.379	3.301	-44.497	10.406	17.562	12.925	7.960
Impostos (8%)		0	1.351	1.032	0	264	0	833	1.405	1.034	637
<b>Fluxo de caixa (R\$)</b>	<b>-266.200</b>	-23.689	57.038	53.374	34.124	44.540	-2.994	51.076	57.660	53.393	48.826
<b>Fluxo de Caixa acumulado (R\$)</b>	<b>-266.200</b>	-289.889	-232.852	-179.477	-145.354	-100.814	-103.808	-52.732	4.928	58.321	107.147

## Anexo 4: Análise de Sensibilidade

(a) Cenários com 70% de Financiamento e etanol a R\$ 1,04.

(b) Cenários com 50% de Financiamento e etanol a R\$ 1,50.

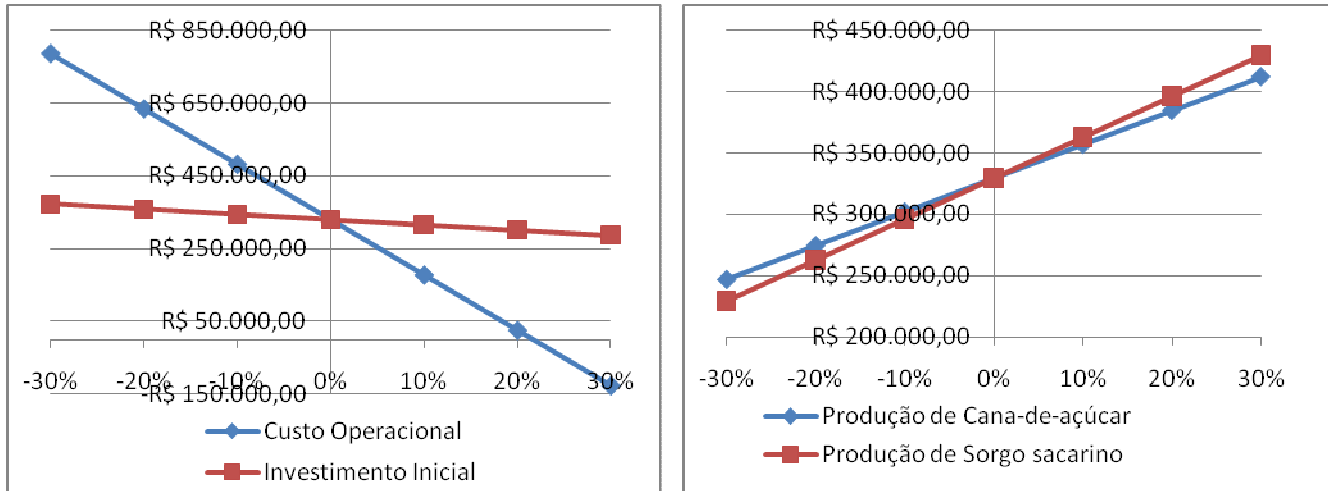


Figura 6.4 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 1(a) – sorgo sacarino + cana-de-açúcar

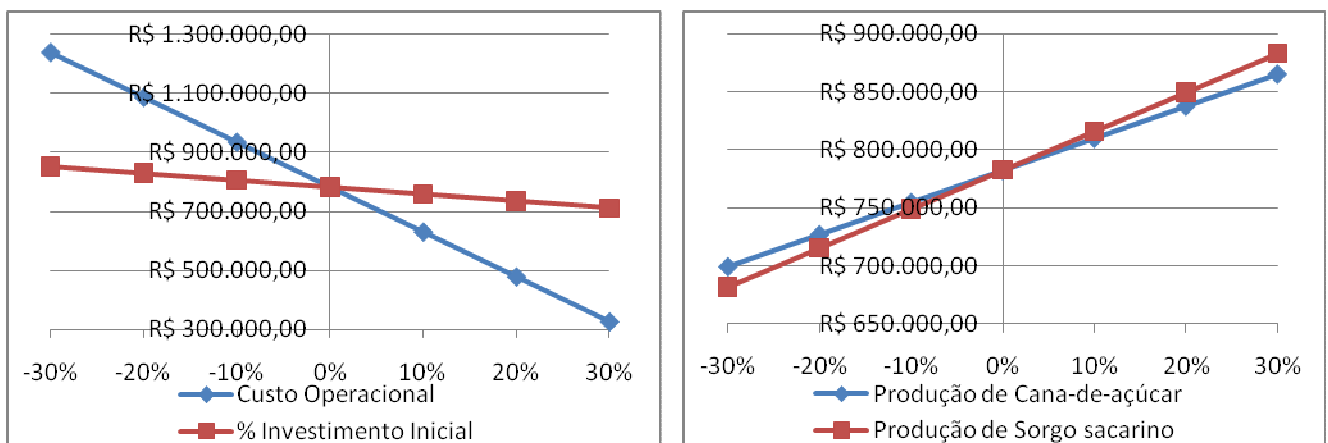


Figura 6.5 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 1(b) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar

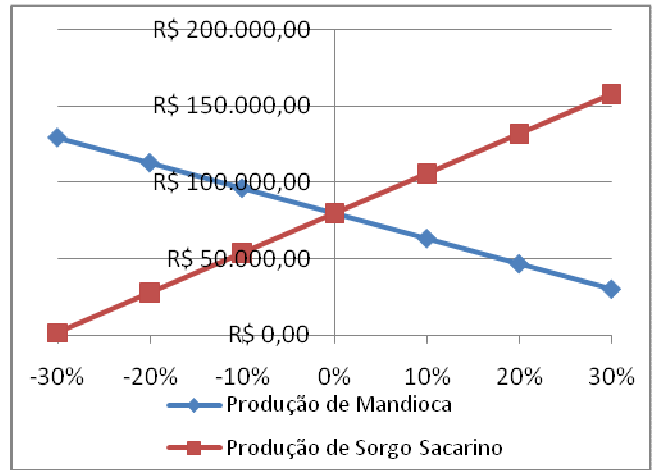
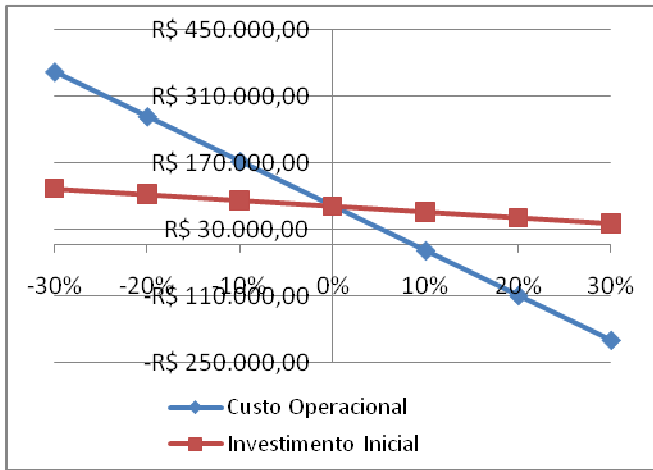


Figura 6.6 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 2(a) - sorgo sacarino + mandioca

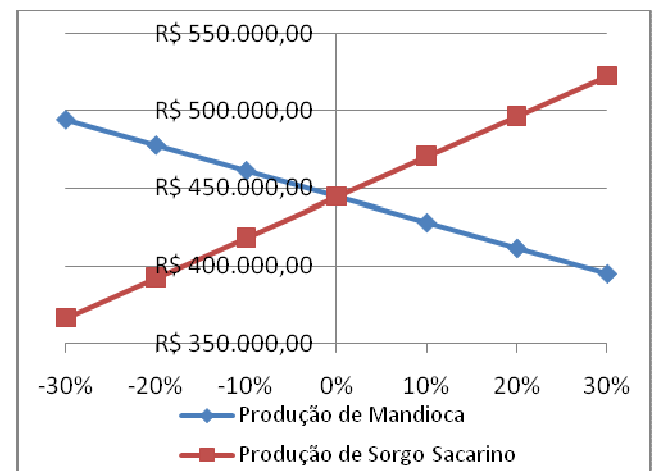
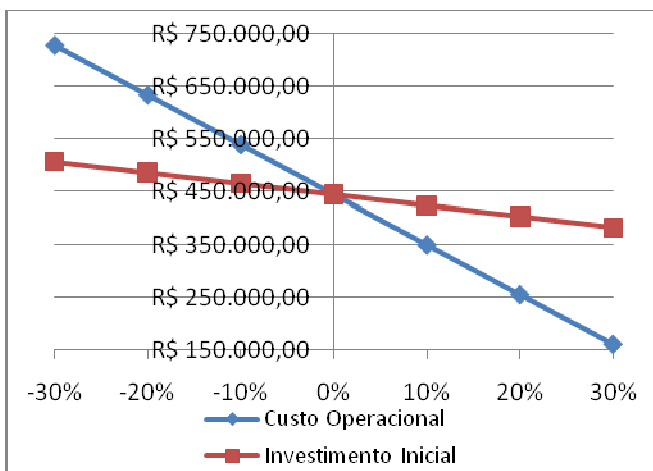


Figura 6.7 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 2(b) - sorgo sacarino + mandioca

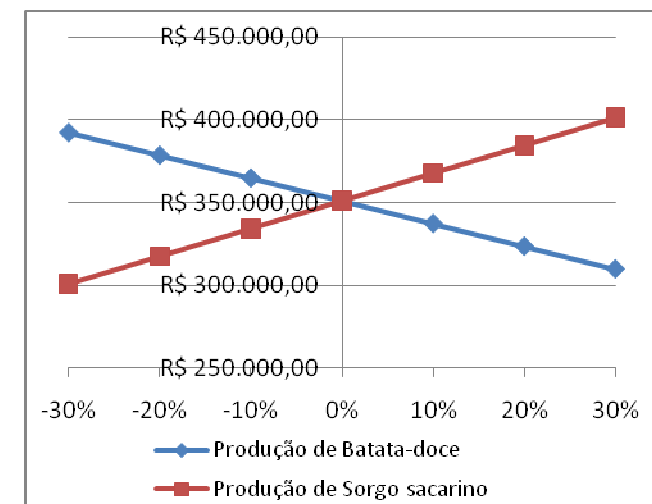
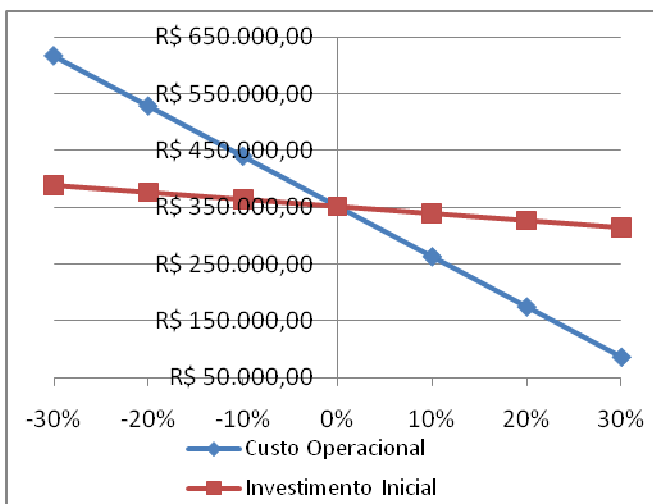


Figura 6.8 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 3(a) - sorgo sacarino + batata-doce

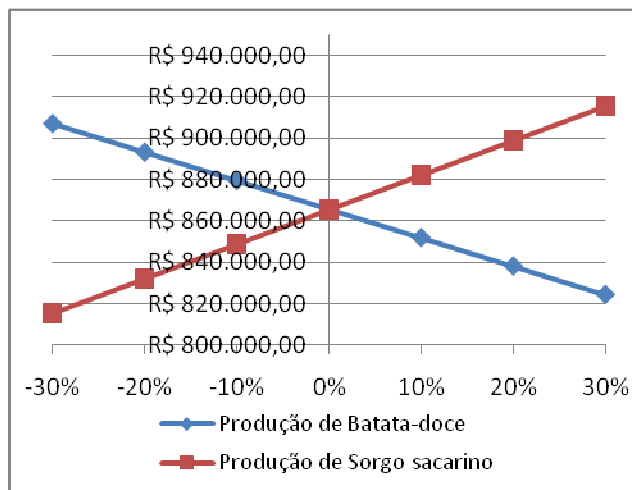
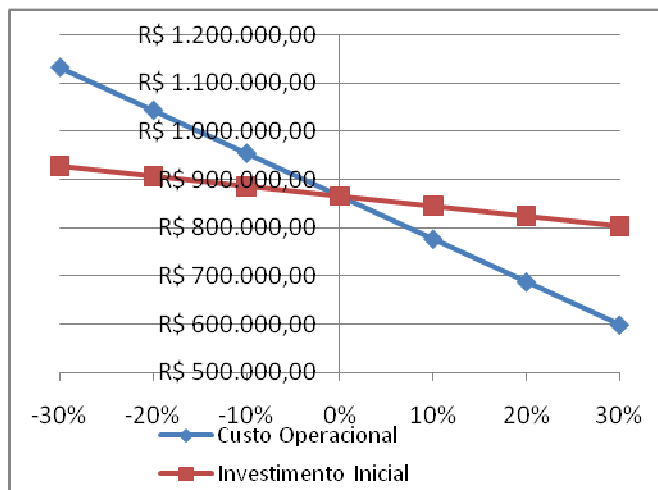


Figura 6.9 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 3(b) - sorgo sacarino + batata-doce

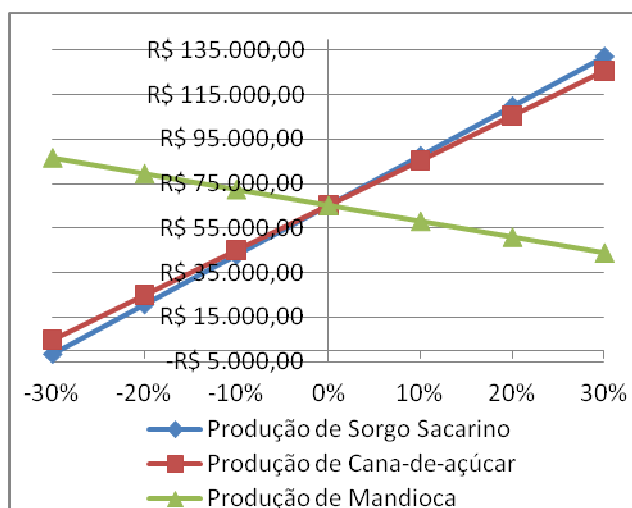
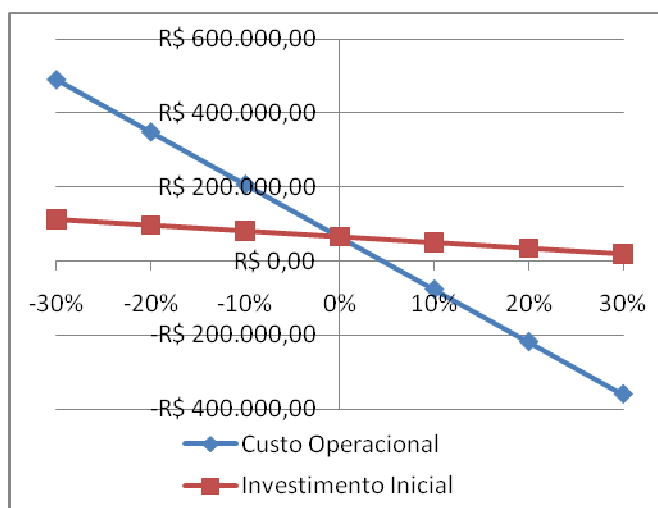


Figura 6.10 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 4(a) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca

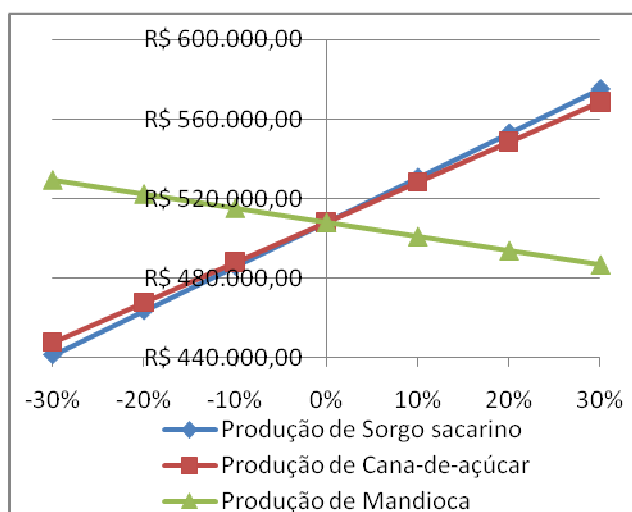
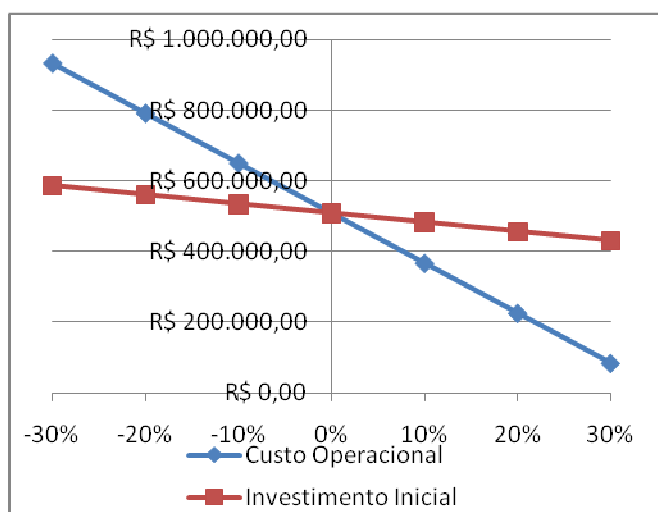


Figura 6.11 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 4(b) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + mandioca

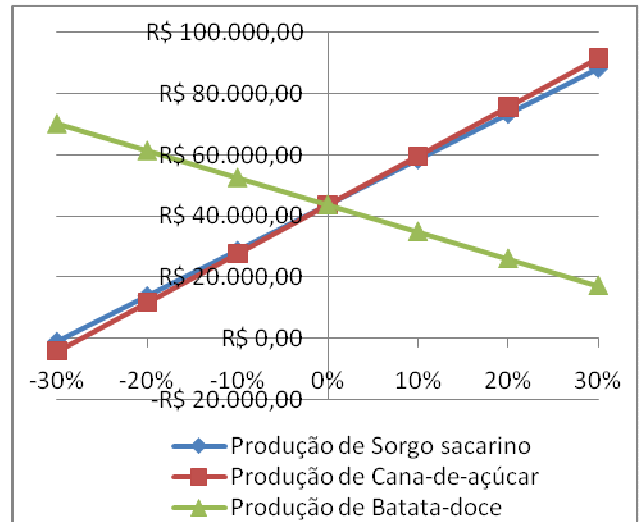
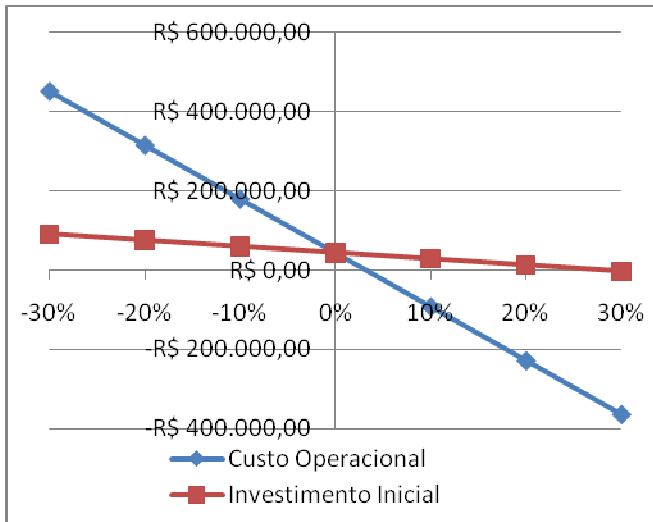


Figura 6.12 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 5(a) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce

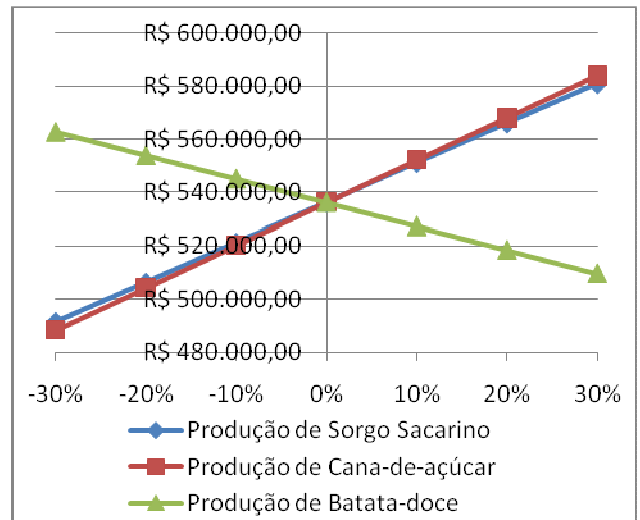
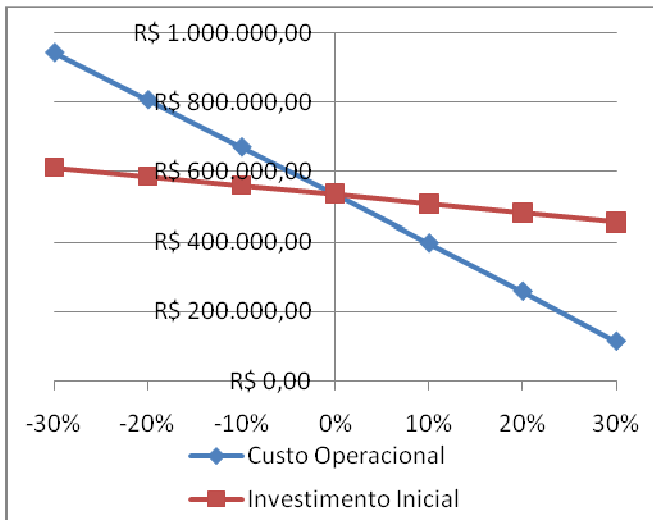


Figura 6.13 Análise de Sensibilidade do VPL no Cenário 5(b) - sorgo sacarino + cana-de-açúcar + batata-doce