



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA



Produção Descentralizada de Etanol visando suprir a Planta de Eteno Verde da Braskem

Autor: Érica Christ Petterle

Orientadores:
Profa. Dra. Luciane Ferreira Trierweiler
Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler

Porto Alegre, julho de 15

Sumário

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Anexos	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas	ix
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Estrutura do TCC	2
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Biorrefinarias	3
2.2 Processo de produção de etanol a partir da batata-doce	4
2.3 Potencial da batata-doce para produção de etanol	6
2.4 Utilização de coprodutos resultantes da produção de etanol da batata-doce	8
2.5 Modelos de Produção de Etanol	10
3 Considerações e Critérios	11
3.1 Cenário de demanda de produção	11
3.2 Plantio de Batata-doce no Rio Grande do Sul	12
3.3 Escoamento da Produção no Rio Grande do Sul	14
3.3.1 Transporte Ferroviário	14
3.3.2 Transporte Rodoviário	15
3.3.3 Transporte Hidroviário	16
3.3.4 Logística de recebimento de Etanol pela Braskem	16
3.4 Carga Tributária no Rio Grande do Sul	17
4 Metodologia	20
4.1 Método de custeio baseado em atividades (Método ABC)	20

4.2	Elaboração do Custo de Produção	21
4.3	Elaboração dos Modelos de Custo e de Consumo Energético	21
4.4	Seleção da localização das usinas	22
4.5	Geração de Cenários	23
4.6	Viabilidade Econômica	24
5	Resultados	27
5.1	Custo de Produção	27
5.2	Custos de Logística e Gasto Energético	27
5.2.1	Área 1	27
5.2.2	Área 2	28
5.2.3	Área 3	29
5.3	Viabilidade Econômica	29
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	34
7	Referências	36
8	Anexos	41
9	Apêndices	- 45 -

Agradecimentos

Agradecimento especial à minha família, no qual me deu suporte e incentivo para chegar até aqui. Em especial aos meus pais e as minhas avós, que sempre me deram condições para alcançar meus objetivos e aos meus irmãos pela cumplicidade de sempre.

Aos meus orientadores Luciane Ferreira Trierweiler e Jorge Otávio Trierweiler, por terem me guiado na elaboração desse trabalho, pelo conhecimento compartilhado e por e sempre se mostraram disponíveis para esclarecer as minhas dúvidas;

À equipe de Engenharia de Processo Braskem por esclarecer as minhas dúvidas, em especial ao Marcos de Souza, Camila Braun e Franciele Cristina Vieira;

À doutoranda Cristiane Schweinberger, pelo apoio e conhecimento compartilhado;

À equipe AFUBRA por esclarecer minhas dúvidas;

Aos meus amigos, que ao longo de todo o curso de graduação estiveram presentes, me incentivando e fazendo essa jornada ser mais prazerosa;

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade econômica da implantação de micro usinas de etanol de batata-doce no Estado do Rio Grande do Sul para suprir a demanda de Etanol Combustível Hidratado da planta de eteno Verde da Braskem.

Ao longo do trabalho, será discutido o conceito de sustentabilidade aplicado às usinas de etanol, envolvendo os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Através da análise de potenciais zonas de plantio de batata-doce no Estado, bem como o estudo da estrutura fundiária do RS, foi possível elencar potenciais zonas da localização das usinas.

Aplicando a metodologia de custeio ABC, foi possível calcular o custo de produção de etanol, custo de produção de batata-doce e custo logístico de distribuição do etanol. Escolhida a zona de implantação das usinas, realizou-se o estudo de viabilidade econômica do projeto, onde foi analisado o impacto do destino da utilização da batata-doce (consumo e produção de etanol) e o impacto da valoração do coproduto na viabilidade do negócio.

Através da análise dos custos dos modais de transporte e de consumo energético para distribuição do etanol, a região do Vale do Rio Pardo foi a que mostrou maior atratividade em receber o negócio. Para o modelo de negócio onde a batata-doce é utilizada somente para a produção de etanol, o negócio se mostrou na maioria dos casos inviável economicamente, sendo a viabilidade do negócio relacionado à valoração do coproduto proveniente do processo de produção de etanol. Já para o negócio onde a batata-doce é utilizada para a produção de etanol e para venda direta no mercado, o negócio mostrou viabilidade econômica.

Lista de Figuras

Figura 1: Processo de produção de etanol a partir de batata-doce.	5
Figura 2: Representação dos modelos centralizados, descentralizados e de dois estágios para a produção de biocombustíveis.	10
Figura 3 : Zoneamento agrícola de batata-doce no RS, média 2009-2011.....	12
Figura 4: Potencial de cultivo agrícola RS.....	13
Figura 5: Alíquotas estaduais de ICMS sobre o etanol hidratado.	19
Figura 6: Diagrama de blocos da produção Etanol Hidratado.	21
Figura 7: Análise de Sensibilidade para do VPL em função do preço de silagem e custo de produção e logística em unidades (a) produtoras de etanol e (b) produtoras de etanol e batata-doce para comercialização.....	33

Lista de Tabelas

Tabela 1: Custos de produção por variável.....	21
Tabela 2: Custos Operacionais de Transporte de Etanol por modal.....	22
Tabela 3: Consumo Específico e Coeficiente Energético.....	22
Tabela 4: Distâncias e Rotas.....	24
Tabela 5: Custos de produção de etanol e agrícola.....	27
Tabela 6: Custos logísticos e energéticos – Área 1.....	28
Tabela 7: Custos logísticos e energéticos – Área 2.....	28
Tabela 8: Custos logísticos e energéticos – Área 3.....	29
Tabela 9: Cenários para avaliação econômica.....	30
Tabela 10: Análise de Sensibilidade para Payback, TIR e VPL para diferentes cenários variando o preço da silagem da batata-doce.....	31
Tabela 11: Análise de Sensibilidade para Payback, TIR e VPL para diferentes cenários variando o preço de venda do etanol – Preço Silagem R\$ 40 t ⁻¹	32
Tabela 12: Análise de Sensibilidade para Payback, TIR e VPL para diferentes cenários variando o preço de venda do etanol – Preço Silagem R\$ 110 t ⁻¹	32

Lista de Anexos

Anexo 1: Malha Ferroviária - Rio Grande do Sul.	41
Anexo 2: Malha Portuária - Rio Grande do Sul.	41
Anexo 3: Número de estabelecimentos agropecuários no RS – 2006.....	42
Anexo 4: Percentual da área das propriedades agropecuárias com tamanho acima de 500ha– 2006.	42
Anexo 5: Custos de implantação da unidade produtiva.	43
Anexo 6: Custos de Produção Agrícola da Batata-Doce.....	44
Anexo 7: Considerações para elaboração do custo de produção de etanol	44

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABC	Activity Based Costing
AFUBRA	Associação dos Fumicultores do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Nacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Payback	Tempo de Retorno de Investimento
PRONAF	Programa Nacional de Agricultura Familiar
RS	Rio Grande do Sul
SCP	Secretaria da Coordenação e Planejamento
SEAPA	Secretaria da Agricultura e Pecuária
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura
SP	São Paulo
TIR	Taxa Interna de Retorno de Investimento
VPL	Valor Presente Líquido
BD	Batata-doce

1 Introdução

A exploração de outras fontes de matéria prima para produção de etanol se faz necessária dada à dimensão do Brasil. A diversificação da matriz bioenergética pode ser uma nova oportunidade de emprego e geração de renda. A busca de novas fontes de matéria prima para produção de etanol deve ser estudada, de forma a oferecer mais opções as diferentes realidades de solo e clima do país (CASTRO *et al.*, 2007).

No Brasil a produção de etanol está concentrada na região Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste do país, sendo a cana-de-açúcar a matéria prima mais utilizada. O Estado do Rio Grande do Sul, ao contrário das regiões citadas acima, tem cerca de 98% do etanol consumido fornecido por outros estados. Isso ocorre porque as condições climáticas da região não são propícias para o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar.

No Rio Grande do Sul, a produção de etanol se dá apenas na destilaria Coopercana, que fica em Porto Xavier, no noroeste do Estado, fronteira com a Argentina, com capacidade para produzir entre seis e oito milhões de litros por ano, menos de 1% do que o RS consome (Nova Cana, 2013).

Os principais destinos do etanol que chega ao Estado são o consumo direto na frota (etanol hidratado), etanol anidro para a incorporação na gasolina e etanol hidratado para a produção de eteno (plástico verde Braskem). Só a Braskem compra cerca de 500 milhões de litros/ano para fazer seu plástico verde no Polo Petroquímico, instalado na cidade gaúcha de Triunfo. A maior parte do produto vem do Paraná e São Paulo, tirando dos cofres gaúchos só em ICMS em torno de R\$ 300 milhões por ano com a operação, chegando até R\$ 1,3 bilhão por ano, se considerado demais operações como frete e custo do etanol (Nova Cana, 2013) (AgroLink, 2015).

Nesse cenário, onde no Estado importa etanol dos demais estados da União, uma vez que o RS não tem a possibilidade de cultivo de cana-de-açúcar, surge a oportunidade de explorar novas alternativas de produção de etanol. Nesse sentido, diversas culturas já foram elencadas como substitutivas da cana-de-açúcar, dentre elas, a batata-doce apresentou-se como uma alternativa viável para a produção de etanol no Estado (MASIERO, 2012; RISSO, 2014). No entanto, ainda existem desafios a serem vencidos a fim de tornar a batata-doce uma matéria-prima viável. Dentre esses desafios pode-se elencar a otimização do custo de produção e eficiência energética, maior produtividade dos cultivares e melhor aproveitamento e valoração dos coprodutos.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo elaborar um estudo para um modelo de micro usinas descentralizadas no Rio Grande do Sul com o intuito de atender a demanda da planta de Eteno Verde – Braskem.

Para tanto, será utilizado como base o modelo de produção de etanol elaborado por Masiero (2012) em sua dissertação de mestrado. Em uma primeira etapa, com base nos balanços de massa e de energia já realizados, será revisada a planilha de custos finais incluindo o custo de logística e de distribuição do etanol. Em uma segunda etapa, a partir da análise de demanda de etanol, zonas agrícolas de plantio de batata-doce e análise de escoamento da produção, será definida a localização das usinas de etanol e será realizada a análise de viabilidade econômica desse cenário.

1.2 Estrutura do TCC

O trabalho se encontra dividido em 6 capítulos. No capítulo 1 são apresentados o objetivo deste trabalho e sua contextualização. O capítulo 2 faz uma revisão bibliográfica referente ao conceito de sustentabilidade aplicada à biorrefinarias, modelos de produção de biocombustíveis, processo de produção de etanol a partir da batata-doce e valoração dos coprodutos gerados no processo.

No capítulo 3 são apresentados os critérios e demais considerações que foram utilizadas na elaboração deste trabalho, na qual são analisadas as zonas de plantio de batata-doce no Estado, os modais disponíveis para escoamento de produção e o sistema de tributação do etanol aplicado no Estado.

No capítulo 4, com base na análise realizada no capítulo 3, três potenciais zonas de implantação das usinas foram escolhidas e diferentes cenários de logística de etanol foram elaborados. Ainda, são apresentados os modelos de quantificação de custeio de produto final e os critérios de avaliação econômicos utilizados para comparar os cenários.

No capítulo 5, os resultados de custo logístico e energético são apresentados. Para o melhor cenário, se fez uma análise de viabilidade econômica para a implantação das usinas, avaliando diferentes cenários. O capítulo 6 apresenta as conclusões deste trabalho. Ainda, no final do trabalho, encontram-se os apêndices e anexos contendo detalhes sobre o trabalho realizado.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Biorrefinarias

A forte dependência dos combustíveis fósseis, aliado a diminuição dos recursos não renováveis disponíveis tem trazido preocupações tanto econômicas, como ambientais e políticas. Nesse cenário, novas tecnologias para a produção de biocombustíveis a partir da biomassa tem se desenvolvido nos últimos anos. O uso de biocombustíveis vem se mostrando uma alternativa promissora uma vez que existem diversas fontes de biomassa e a produção e uso de biocombustíveis produzem um impacto ambiental menor que os combustíveis de origem fóssil (CHERUBINI; ULGIATI, 2010), (YUE; YOU; SNYDER, 2014).

Segundo a definição da “Internacional Energy Agency” (IEA) o conceito de biorrefinaria está ligado ao processamento sustentável da biomassa onde se produza produtos comerciáveis e energia. Segundo Bisaria & Kondo (2014), para que as biorrefinarias se tornem competitivas é necessário criar biorrefinarias com zero desperdício, onde estas aceitem uma variedade de matérias-primas locais de baixo valor agregado.

Para Bisaria & Kondo (2014), o uso da terra está centrado na produção de energia, mudanças climáticas e segurança alimentar; e portanto, a otimização do uso da biomassa é crucial no futuro. Nesse sentido, nenhuma fração de biomassa deve ser desperdiçada e o processo de conversão de biomassa deve gerar produtos finais de alto valor agregado.

Segundo a definição de Clark (2012) apud BISARIA & KONDO (2014) as biorrefinarias podem ser classificadas em 3 tipos. As biorrefinarias da Fase 1 produzem um produto principal a partir de uma única matéria prima. Biorrefinarias da Fase 2 produzem diferentes produtos finais a partir de uma única matéria-prima e biorrefinarias da Fase 3 utilizam uma variedade de biomassa para a produção de um diferentes de produtos finais.

Diferentes são as fontes de biomassa disponíveis para as biorrefinarias. A matéria-prima pode vir direto de um cultivar, como por exemplo, do milho. No entanto, por vezes esse tipo de biomassa compete com o fornecimento e disponibilidade de alimentos. Uma forma de contornar essa situação é a utilização dos resíduos das plantações, que são uma fonte rica de material lignocelulósico. A utilização de microalgas tem se mostrado

igualmente promissora na produção de biocombustíveis, uma vez que não compete na disponibilidade de terra e de alimentos e apresenta uma alta eficiência energética comparada a cultivares terrestres (GHATAK, 2011).

O conceito de sustentabilidade aplicado as biorrefinarias além de levar em conta os fatores ambientais, deve considerar igualmente os fatores econômicos e sociais. O fator econômico chama a atenção para o uso dos recursos, onde se tem uma divisão entre a produção de comida e energia. Assim, a ideia de sustentabilidade econômica é promover a utilização dos recursos disponíveis de uma forma que é ao mesmo tempo eficiente e responsável, proporcionando também benefícios a longo prazo. O fator social mais importante na cadeia de produção e logística das biorrefinarias é a criação de empregos regionais, sejam eles diretos ou indiretos, no qual aumentam os níveis de desenvolvimento sociais da região (YUE; YOU; SNYDER, 2014).

2.2 Processo de produção de etanol a partir da batata-doce

O etanol pode ser produzido a partir de várias matérias-primas agrícolas desde que contenham carboidratos passíveis de serem fermentados (açúcares e amido) (SILVA, 2013).

A via de produção do etanol depende da natureza da biomassa utilizada. A biomassa que contém monossacarídeos pode ser fermentada diretamente, enquanto aquelas que contêm polissacarídeos fermentam somente depois de uma hidrólise, onde assim os açúcares são passíveis de fermentação. Caldo de cana e sorgo sacarino são diretamente fermentescíveis, enquanto as amiláceas são de fermentação indireta (SOUZA, 2005).

Com a finalidade de produzir etanol, o amido presente na batata-doce, deve ser convertido primeiramente em glicose, para então ser fermentado por leveduras. Segundo Silva (1980) apud (SCIPIONI, 2011), a produção de hidrolisados fermentados a partir de material amiláceo envolve as etapas de preparo da matéria-prima, cozimento, hidrólise, fermentação e destilação.

As principais operações unitárias para a produção de etanol a partir da batata-doce são descritas por Silveira (2008) através da Figura 1.

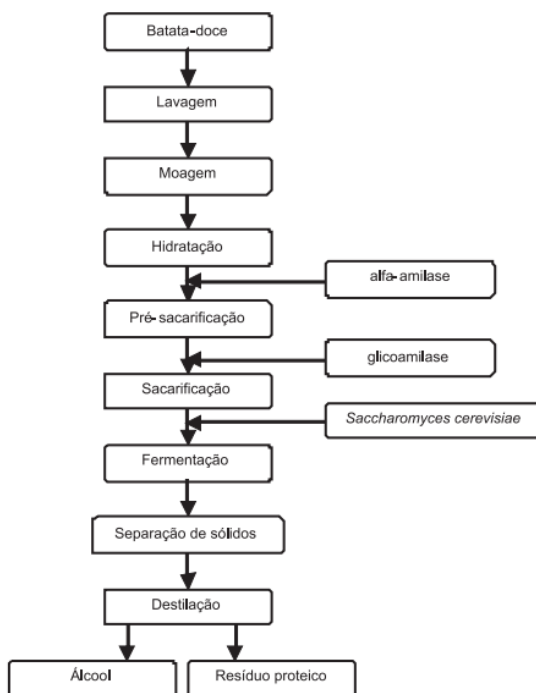


Figura 1: Processo de produção de etanol a partir de batata-doce.

Fonte: ((SILVEIRA, 2008) apud (OLIVEIRA; SERRA; MAGALHÃES, 2012)).

Primeiramente a batata-doce é submetida à lavagem, moagem e é misturada com água. Esse processo de hidratação, conhecido como gelatinização, aumenta o rendimento do processo uma vez que deixa o amido mais exposto à ação das enzimas ((LOPES, 2013) & (MASIERO, 2012)).

Em seguida é feita a pré-hidrólise, que pode ser conduzida de duas formas: adição de ácidos que condiciona o mosto à hidrólise ou adição de enzimas α -amilase e glucoamilase que atua sobre o amido (SCIPIONI, 2011). O hidrolisado resultante constitui o mosto para a fermentação. O microrganismo mais utilizado para a fermentação é o *Saccharomyces cerevisiae*. A fermentação deve ser realizada entre 30-32°C. O vinho segue para a destilação, onde pode ser especificado em etanol anidro ou hidratado. A destilação empregada é similar à aquela empregada ao etanol de cana-de-açúcar (MASIERO, 2012).

A vinhaça resultante passa por um conjunto de centrífugas, onde a vinhaça fina separada dos resíduos sólidos volta para o processo na etapa de sacarificação ou pode ser concentrada em evaporadores, formando um xarope que se combinado aos resíduos sólidos formam um suplemento proteico para ração animal. Esse suplemento quando seco pode ser utilizado como ração animal. A parte sólida, da mesma forma, pode ser usada diretamente como ração animal (MASIERO, 2012).

2.3 Potencial da batata-doce para produção de etanol

Durante o Proálcool, fontes de matéria-prima como a mandioca e a batata-doce, entre outras, foram cogitadas para a produção de etanol. Contudo, os projetos nessas áreas pouco avançaram muito provavelmente em razão de algumas limitações agronômicas, dentre as quais a produtividade e a incidência de pragas e doenças (SILVEIRA, 2008). Assim, atualmente a produção de etanol no Brasil tem se restringido basicamente a cana-de-açúcar.

No Rio Grande do Sul, devido a condições climáticas desfavoráveis, torna-se inviável a produção de etanol de cana-de-açúcar, uma vez que esta matéria-prima apresenta baixa produtividade no Estado - 51 t.ha⁻¹ contra 75 t.ha⁻¹ da média nacional (CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014). Nesse sentido, buscam-se outras fontes de carboidratos para a produção de etanol no Estado. Nos estudos apresentados por Masiero (2012) e Risso (2014) a batata-doce é apresentada como uma alternativa viável economicamente para a produção de álcool no Estado.

A batata-doce é uma das culturas mais eficientes, quando se trata de aproveitar a energia solar e convertê-la em energia química. Ela é rústica e pode ser cultivada em solos onde outras culturas mais exigentes não poderiam ser cultivadas, a exemplo da cana-de-açúcar e do milho, que respondem atualmente pela quase totalidade da produção de etanol no mundo (CASTRO *et al.*, 2007).

A batata-doce é explorada em todas as regiões brasileiras e a baixa produtividade da cultura deve-se ao baixo investimento em tecnologia, o que está relacionado ao fato de a batata-doce apresentar fácil cultivo. Sua baixa produtividade está relacionada também ao alto índice de enfermidades que atinge a cultura e a inexistência de cultivares adaptadas às regiões de cultivo (RÓS, 2014; CASTRO *et al.*, 2011). Atualmente, o maior produtor de batata-doce é a China, onde as safras contabilizam, em média, 118 milhões de toneladas, numa área de 6 mil hectares (DOWN AGROSCIENCES, 2013).

No Brasil, a batata-doce é umas das hortaliças mais cultivadas, sendo produzidas, em 2013, 505.350 toneladas em 38.602 ha, com produtividade média de 13,09 t.ha⁻¹ de raízes. O Rio Grande do Sul é o estado com a maior área plantada, (12.397 ha), com uma produção de 166.354 toneladas e rendimento médio de 13,41 t.ha⁻¹ (IBGE, 2013).

No Rio Grande do Sul, embora a produtividade seja um pouco superior à média nacional, ainda há espaço para melhorar significativamente as condições da lavoura. Uma vez que não existia nenhuma cultivar registrada de batata-doce adaptada às condições do RS, a Embrapa Clima Temperado realizou um trabalho visando disponibilizar novas tecnologias para o cultivo da batata-doce do tipo BRS-Cuia, Amélia e Rubissol. Segundo o trabalho publicado por Castro (2011), foi possível obter uma produtividade média 40 toneladas de batata-doce BRS-Cuia por hectare, podendo chegar a 60 t/ha. Segundo as avaliações químicas, essa batata-doce apresentou grau Brix 12,8%, 29,2% de glicose e 26,8 g de amido por 100 g de batata-doce.

Além da raiz in natura da batata-doce, também a farinha e farelo das raspas, podem ser utilizadas como matérias-primas para produção de hidrolisados. A diferença será refletida na proporção de água necessária para o cozimento, e concentração enzimática, que será maior devido à elevada concentração de amido presente na farinha e no farelo (SILVEIRA, 2008) apud (RODRIGUES; RODRIGUES, 2012)).

Em termos de produção de etanol a partir da batata-doce, na década de 80, a destilaria Santa Maria, em Lençóis Paulista (SP), alcançou um rendimento de 150 litros por tonelada de raiz. Em 1978, os pesquisadores do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Divisão de Açúcar e Fermentações, obtiveram em condições laboratoriais um rendimento médio de 158 litros de álcool por tonelada de raiz (SILVEIRA, 2008).

Em estudos mais recentes foi possível obter rendimentos maiores de produção de etanol. No estudo apresentado por Souza (2005) apud (SILVEIRA, 2008) foi possível obter 159,6 litros por tonelada de raiz com a farinha das raspas de batata-doce. A partir dos resultados apresentados nas últimas pesquisas, tanto em relação à produção da batata-doce, como ao rendimento na produção de etanol por tonelada de batata-doce, é possível afirmar que atualmente a batata-doce já possui potencial para se tornar uma fonte de biomassa viável para a produção de etanol.

Adicionalmente, a batata-doce apresenta um ciclo de relativamente mais curto de produção (6 a 7 meses) se comparado com a da cana (12 a 18 meses), tornando mais evidente seu potencial frente à cana-de-açúcar (SILVA, 2013).

No âmbito social, a batata-doce privilegia os pequenos produtores rurais por não exigir grandes áreas de plantio, apresenta custo baixo para implantação da lavoura e alto rendimento, além da possibilidade de ser produzida em terras menos férteis, ser uma cultura cuja necessidade de investimento é menor do que o da cana-de-açúcar e os resíduos da produção poderem ser usados como alimentação animal (CASTRO *et al.*, 2007). Em termos ambientais, segundo Magalhães (2007), uma vez que 12% da matéria seca da batata-doce incorporada ao solo, servindo como adubo orgânico, existe uma economia na compra de adubos. Além da redução de custos, o impacto ambiental será menor, uma vez que a vinhaça não se caracteriza mais como um resíduo.

2.4 Utilização de coprodutos resultantes da produção de etanol da batata-doce

O potencial da batata-doce como cultura já é bem conhecido e explorado, do ponto de vista econômico e estratégico, a batata-doce apresenta características que imprimem vantagens relativas sobre outras culturas. Pode ser utilizada para o consumo humano, inclusive na forma de farinhas, ou utilizada como componente na ração animal e seus ramos como forragem animal. Destaca-se ainda seu grande poder de cobertura de solo, o que representa uma excelente proteção do solo contra as intempéries (MDA, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2010).

O resíduo obtido, após a fabricação do etanol da batata-doce é considerado um coproduto devido sua qualidade proteica e pelas possibilidades de uso para alimentação animal. A ração extraída da produção do etanol é obtida a custo zero, e cada tonelada de raiz pode-se conseguir 150 kg de massa proteica para a produção de ração. Por essas razões a batata-doce passa a ser uma verdadeira alternativa para agricultura familiar, ao mesmo tempo não excluindo a sua utilização para maiores escalas (SILVEIRA).

Segundo Rodrigues (2012), os resíduos provenientes da produção podem ser classificados de duas formas segundo seu potencial de utilização:

a) Resíduo Úmido: o material que prevalece na forma de um líquido denso, com aparência de um “mingau”, de coloração marrom claro. Esse material é basicamente composto de fibras lignificadas, fibras solúveis, material nitrogenado, sais minerais, diminutas concentrações de etanol. Esse material pode ainda ser utilizado diretamente para alimentação fluida de ruminantes;

b) Resíduo Seco: Possui a mesma composição qualitativa do resíduo úmido, diferenciando-se deste, quantitativamente, apenas em relação aos conteúdos de etanol residual e de umidade. Pode-se observar que o resíduo seco, após triturado, possui aparência de um farelo seco, sendo esta uma importante característica físico-química para quando se pensar nas condições necessárias a formação e armazenamento de ração.

Em um estudo conduzido na cidade de Mariana Pimentel (ZABALETA *et al.*, 2009), município destaque na produção de batata-doce no RS, significativa parcela dos agricultores familiares são dependentes da renda gerada pela batata-doce e pelo fumo. Foi possível elaborar rações nutricionalmente adequadas para aves coloniais, utilizando as batatas-doces, seja na forma de resíduos descartados ou na forma de aproveitamento total das raízes.

Testes preliminares indicaram que o resíduo proveniente do processo de produção de etanol encerra propriedades nutricionais que sustentam sua utilização para ração animal, o que pode vir a constituir uma fonte de renda valiosa para o produtor que, frente ao usineiro, poderia negociar o retorno do resíduo a sua propriedade para o uso na produção animal. Para a usina também poderia ser interessante, pressupondo-se o uso do resíduo como moeda de barganha (SILVEIRA, 2008) apud (RODRIGUES; RODRIGUES, 2012)).

No estudo conduzido por Rodrigues (2012), o resíduo produzido a partir da produção da fermentação da batata doce apresentou uma proporção expressiva de nutrientes orgânicos, sinalizando sua potencialidade de uso na nutrição animal. Conclui-se também, que o resíduo pode ser considerado como uma fonte de alimento concentrado e energético, segundo a caracterização da composição bromatológica.

Segundo Zabaleta (2009), diversos são os fatores que fortalecem a utilização dos coprodutos: disponibilidade de resíduos de batata-doce na agricultura familiar; a maior independência de insumos externos o que configura maior autonomia para a agricultura familiar; a melhor utilização de produtos e equipamentos já existentes na propriedade e a diminuição do custo ambiental de produção de ração.

2.5 Modelos de Produção de Etanol

No Brasil, a produção de etanol é centralizada em grandes usinas (120.000 L.dia⁻¹ ou seus múltiplos), as quais na sua maioria são donas das terras que produzem a cana-de-açúcar para o processo. O aumento de escala tende a favorecer a redução de custos, entretanto, essa configuração traz efeitos negativos como a baixa interação com a pecuária e produção de alimentos e o desgaste de recursos ambientais devido à monocultura (ORTEGA; WATANABE; CAVALETT, 2006) apud (MASIERO, 2012)).

No modelo centralizado de produção de etanol, a usina recebe a biomassa proveniente de grandes plantações e monoculturas, a processa e depois a comercializa. Diferentemente do modelo centralizado, aonde a biomassa vai até a usina; no modelo descentralizado, a usina é implantada onde existe a disponibilidade de matéria-prima. Nesse caso, em pequenas e médias propriedades rurais.

A fim de comparar a diferença entre os modelos de produção e logística, You and Wang (2011) apud (YUE; YOU; SNYDER, 2014), estudaram os modelos centralizados e descentralizados de produção de uma usina de biocombustíveis. No modelo centralizado, toda a biomassa da região estudada é processada na mesma usina. No modelo descentralizado, 4 usinas de menor tamanho são dispostas de forma que processam a biomassa dos estabelecimentos adjacentes, conforme Figura 2.



Figura 2: Representação dos modelos centralizados, descentralizados e de dois estágios para a produção de biocombustíveis.

Adaptado de (YUE; YOU; SNYDER, 2014)

Segundo Yue (2014), o modelo descentralizado se torna competitivo frente ao modelo centralizado quando existe uma grande área disponível de biomassa em torno da região de demanda. Isso se explica, uma vez que custo de transporte mais elevado resultante da maior área é compensado pela economia de escala.

Para Borges (2010), as biorrefinarias com estruturas descentralizadas são uma alternativa à centralização de produções em grandes plantas industriais e à monocultura, pois utilizam biomassas disponíveis regionalmente, integram sistemas de produção, potencializando os recursos locais, reduzem custos de logística e impactos ambientais, além de melhorarem a distribuição de renda.

A conveniência de uma biorrefinaria com estrutura descentralizada é que o potencial de biomassa poderá ser integralmente aproveitado, desde que seja alcançada a viabilidade do processamento para obtenção de produtos desejáveis, e que sejam competitivos com os que atualmente já estão no mercado (BORGES, 2010).

Segundo Sachs (1985) apud (ORTEGA; WATANABE; CVALETT, 2006), o planejamento de instalações pequenas integradas em rede de cooperativas poderia gerar um programa de autossuficiência energética rentável ao produtor e ao país, com capacitação da mão-de-obra rural, autossuficiência de alimentos e energia, melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, uso intensivo de técnicas (agrícolas, pecuárias e florestais) mais racionais, diminuição notável da poluição no meio rural, etc. .

3 Considerações e Critérios

Nesse capítulo será apresentado o cenário de demanda de etanol, bem como será discutido o potencial do Rio Grande do Sul de receber o investimento.

3.1 Cenário de demanda de produção

O plano de negócio será elaborado conforme a demanda da planta de Eteno Verde da Braskem. A planta de Eteno Verde se localiza no Polo Petroquímico de Triunfo (Rio Grande do Sul), na Unidade de Insumos Básicos (UNIB).

Na planta de Eteno Verde da Braskem, o etanol da cana-de-açúcar passa por um processo de desidratação e é transformado em eteno verde. O eteno verde então segue para as plantas de polimerização onde é transformado no polietileno verde, o plástico de cana-de-açúcar,

A planta tem capacidade nominal de processamento de 200.000 toneladas de eteno por ano, o que equivale a aproximadamente 480.000 m³ de etanol (BRASKEM). O etanol utilizado na planta é o etanol hidratado combustível 93% em base mássica de etanol.

Uma vez que a planta foi projetada para essa especificação, não se faz necessário tratamento prévio do etanol.

Neste trabalho, a produção de etanol será baseada no modelo estudado por Masiero (2012), no qual foi considerado um rendimento de 185 L.t⁻¹ de etanol utilizando batata-doce BRS-Cuia. Considerando a produtividade da batata-doce apresentada pelo estudo da Embrapa (CASTRO *et al.*, 2011) de 40 t.ha⁻¹, serão necessárias 2.182 unidades produtivas. As unidades produtivas devem possuir 30 ha destinados à produção da batata-doce BRS-Cuia, no caso onde somente se produza etanol; e, 42 ha caso o estabelecimento também venda batata-doce. Nos cenários onde se considera a venda de batata-doce, foi considerado que 30% da batata-doce seja vendida diretamente para consumo e o restante é utilizada para produção de etanol.

3.2 Plantio de Batata-doce no Rio Grande do Sul

O Estado do Rio Grande do Sul é atualmente o maior produtor de batata-doce do país. Em 2013, apresentou uma área plantada de 12.397 ha, com uma produção de 166.354 toneladas e rendimento médio de 13,41 t ha⁻¹ (IBGE, 2013), o que representa 41% da produção nacional.

Segundo o último levantamento realizado pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional (Atlas Socioeconômico do RS), os maiores municípios produtores no período de 2009-2011 são Mariana Pimentel e Vale do Sol com uma produção média de 9.600 e 10.150 toneladas/ano, respectivamente. Pelotas, Camaquã e Barra do Ribeiro seguem-se a estes com produção média no patamar de 4.000 toneladas/ano, conforme apresentado na Figura 3.

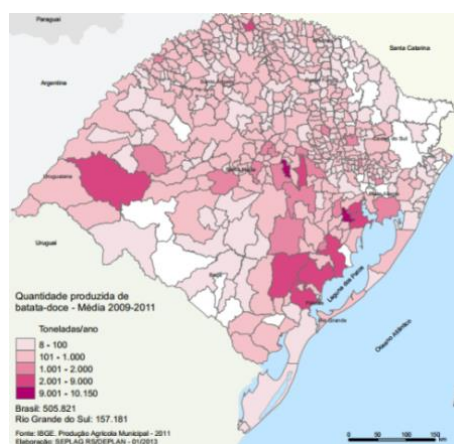


Figura 3 :Zoneamento agrícola de batata-doce no RS, média 2009-2011.

Fonte (SCP).

Segundo o estudo realizado pelo Governo do Estado (SEINFRA, 2012), se somente for considerada a metade sul do RS, cujas características propiciam excelentes condições para o cultivo de matérias-primas amiláceas, há uma disponibilidade de terras agricultáveis por volta de 4 milhões de hectares, entre áreas ociosas e necessidade de rotação de culturas, conforme apresentado na Figura 4. Também se tem em abundância máquinas, equipamentos e empresas do setor para o preparo do solo, plantio- semeadura, tratos culturais e colheita destas matérias-primas, inclusive para a batata-doce, com tecnologias e equipamentos acessíveis aos agricultores.

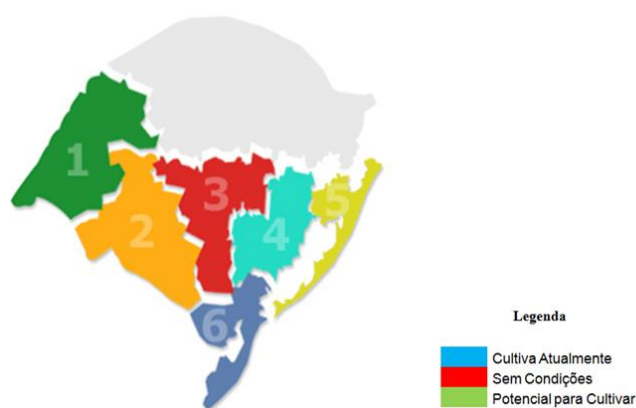


Figura 4:Potencial de cultivo agrícola RS.
Fonte (SEAPA, 2014).

O plantio de batata-doce, nos últimos anos, vem se mostrando uma alternativa ao plantio de fumo na região do Vale do Rio Pardo. Segundo informações coletadas junto à AFUBRA, atualmente as cultivares utilizadas na região são cultivares comuns, mas recentemente a EMBRAPA lançou três variedades que tem origens nestes materiais que os produtores têm na região, são elas BRS Amélia, BRS Cuia e BRS Rubissol. Os estabelecimentos produtores têm em média 17 ha; no entanto, somente $\frac{1}{4}$ desta área é destinada à produção da batata-doce. Segundo AFUBRA, o solo onde foi plantado tabaco não oferece contaminação para a cultura subsequente uma vez que não utiliza uma quantidade expressiva de agrotóxicos. O efeito alelopático do tabaco pode influenciar o desenvolvimento do cultivar (ROSA *et al.*, 2007); no entanto, não oferece toxicidade alimentar ao produto ali cultivado.

Segundo o último Censo Agropecuário publicado (IBGE), no Rio Grande do Sul existem 6.083 estabelecimentos produtores de batata-doce. No Brasil, 91,8% (36.266 estabelecimentos) da batata-doce foi cultivada em propriedades de pequeno porte, considerando os estabelecimentos de médio porte (entre 50 e 500 ha) esse número

umenta para 97%. Considerando ainda a estrutura fundiária do RS, na qual 25% das terras ocupadas são por estabelecimentos de pequeno porte e 58% de pequeno e médio, pode-se dizer que o modelo descentralizado de etanol utilizando a batata-doce é apropriado ao Estado.

3.3 Escoamento da Produção no Rio Grande do Sul

Um grande diferencial de competitividade econômica é o sistema de logística disponibilizado às empresas, que deve envolver o planejamento, a execução e o controle de todos os fluxos de atividades, desde a pré-produção de bens até a pós-venda, incluindo os sistemas de decisões, de informações gerenciais e mercadológicas (oferta e procura de bens e serviços na economia) (COLLAZIOL, 2003). Desta forma, o plano de escoamento de produção se torna uma peça chave para o sucesso do negócio.

Nesta seção, serão discutidos os principais meios de transporte disponíveis para o escoamento da produção no Rio Grande do Sul. Serão abordados os transportes rodoviário, ferroviário e hidroviário. Os transportes aéreos e dutoviário não foram incluídos na análise; o aéreo apresenta custo demasiadamente alto e o por dutos é limitado a produtos bem específicos, no caso do Rio Grande do Sul está ligado principalmente ao transporte de petróleo cru e seus derivados.

As redes modais constituem juntamente com os seus elos formados pelos terminais ferroviários, rodoviários, portos e aeroportos, os principais elementos da infraestrutura física dos sistemas logísticos. A rede modal do Rio Grande do Sul para transporte de carga é composta por: rodoviária (85,3%), ferroviária (8,80%), hidroviária (3,6%), dutoviária (2,10%) e aeroviária (0,20%) (SEINFRA, 2012).

3.3.1 Transporte Ferroviário

A malha ferroviária gaúcha é atualmente controlada pela América Latina Logística do Brasil S.A. - ALL Logística. Esta operadora possui contrato até 2027 e é responsável pela operação da malha ferroviária das regiões Sul e Sudeste. Segundo o levantamento realizado pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional (SCP), o Rio Grande do Sul possui hoje uma malha de 3.259 km de linhas e ramais ferroviários, utilizada somente para o transporte de cargas. A maior parte apresenta bitola de 1 metro,

sendo que apenas 5 km apresentam bitola mista (1,435 m), com objetivo de realizar a integração com as malhas argentinas e uruguaias.

Atualmente alguns trechos das ferrovias estão sem operação regular e os terminais ferroviários que apresentam maior concentração de cargas localizam-se nas proximidades da Região Metropolitana de Porto Alegre e em Passo Fundo, Cruz Alta e Uruguaiana. O terminal de Cacequi possui uma estrutura logística de integração rodoferroviário onde os principais produtos transportados são combustíveis, adubos e soja (SCP). O mapa rodoviário do Estado se encontra no Anexo 1.

Apesar das deficiências conhecidas do transporte ferroviário no RS ainda existem boas possibilidades para o uso de ferrovias, pois 80% da atividade industrial gaúcha e 52% da atividade agropecuária em termos de valor agregado estão localizadas a menos de 1 hora de viagem por rodovia de um terminal ferroviário. Praticamente toda atividade industrial e 93% da atividade agropecuária estão a menos de 2 horas de um terminal ferroviário (SEINFRA, 2012).

3.3.2 Transporte Rodoviário

No Estado do Rio Grande do Sul, predomina a modalidade rodoviária de transporte, devido ao fato do transporte ferroviário ser muito antigo e ter uma capacidade de utilização deficitária a ponto de não suportar a expansão que ocorreu, nos últimos anos, na produtividade das lavouras. Em relação à malha rodoviária, atualmente o Estado possui, segundo o Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem (2014) 7.667,13 km de rodovias pavimentadas e 3.693,64km de não pavimentadas, representando um total de 11.360,77 km de rodovias (ALVES *et al.*, 2012) (DAER-RS)).

Mas, embora a rede rodoviária do estado cubra quase a totalidade do território do estado, as sedes de alguns municípios ainda não possuem acesso pavimentado, pois a distribuição não é homogênea. A região Sul, a Fronteira Oeste e a Campanha possuem densidades rodoviárias significativamente menores que o resto do estado. Apesar disso, como nessas regiões, a população é predominantemente urbana, as condições de acessibilidade são boas (SEINFRA, 2012).

3.3.3 Transporte Hidroviário

A principal hidrovia do estado é a Bacia Sudeste formada pela Laguna dos Patos, o Lago Guaíba e os rios Jacuí e Taquari. No passado essa hidrovia foi a principal forma de acesso às cidades como Pelotas, Porto Alegre, Rio Pardo e Estrela, localizadas ao longo de suas margens. Os portos fluviais da Bacia Sudeste do Estado tem acesso ao Porto de Rio Grande e ao mar através da Laguna dos Patos (SEINFRA, 2012).

A hidrovia entre Porto Alegre e Rio Grande apresenta um calado de 5,2 metros. As cargas mais significativas transportadas em direção ao Porto de Rio Grande são os produtos petroquímicos, farelo e óleo de soja e celulose. Em direção ao Porto de Porto Alegre destacam-se os fertilizantes, sal, clínquer e bobinas de papel (SCP).

O Porto de Rio Grande conta com um calado de 40 pés e um cais público chamado de Porto Novo com 31 pés e 2 km de extensão que oferece excelente disponibilidade de atracação. Rio Grande está consolidado como o segundo maior porto brasileiro em movimentação de contêineres e o terceiro em movimentação de cargas, com volume geral que, em 2013, chegou a 33,2 milhões de toneladas. A soja em grão é o principal produto embarcado em toneladas, atingindo 24% do total da movimentação do Porto (SCP).

Atualmente os portos fluviais estão sendo utilizados principalmente para transporte de granéis em terminais privados ou de cargas industriais de grandes dimensões. Embora o calado da hidrovia impeça a operação de grandes navios oceânicos, existe um potencial de utilização desses portos principalmente para transporte de produtos industrializados, pois cerca de 70% da atividade industrial gaúcha se encontra a menos de 60 minutos desses portos (SEINFRA, 2012). O mapa hidroviário se encontra disponível no Anexo 2.

3.3.4 Logística de recebimento de Etanol pela Braskem

O etanol utilizado para a produção de eteno pela Braskem é fornecido majoritariamente pela região Sudeste do Brasil, com destaque o Estado de São Paulo. Para tanto, podem ser utilizados como forma de transporte, os modais hidroviário, ferroviário e rodoviário.

O transporte hidroviário pode ser realizado através do Terminal Santa Clara. Esse terminal fluvial localizado em área própria da Braskem, no Polo Petroquímico de Triunfo,

é situado às margens de canal artificial que liga o terminal ao Rio Jacuí, ocupando área total de 201.800m². O terminal Santa Clara é parte integrante de um canal artificial com 7,5 km de extensão, por 90 metros de largura na lâmina d'água e 50 metros no fundo. Devido a passagem sob o vão móvel da ponte Getúlio Vargas no rio Guaíba, navios com comprimento total superior a 152 metros, altura (calado aéreo) acima de 35 metros e largura superior a 40 metros, não podem cruzá-la (BRASKEM, 2003).

Para o recebimento de etanol, o píer IV foi adaptado para tal finalidade. Originalmente este foi construído com a finalidade de escoar as resinas produzidas pelas empresas de Segunda geração localizadas no Polo Petroquímico (BRASKEM, 2003). O acesso rodoviário ao polo se faz pelas rodovias: BR-386 (Tabaí-Canoas), RS-124 e TF-010, e o acesso ferroviário pelo ramal da ALL.

Na concepção do projeto, previu-se que 40 % do álcool utilizado pela Braskem seria trazido por trens da ALL, a hidrovía responderia por 50% da logística do álcool e a rodovia, por 10% (JORNAL DO COMÉRCIO, 2010).

No entanto, o recebimento de contêineres entre o píer IV do terminal Santa Clara e o Rio Grande foi encerrado em 2 de fevereiro de 2009. A Braskem investiu cerca de R\$ 20 milhões em modificações no píer IV com objetivo de viabilizar a logística de recebimento de etanol. Porém, não está vindo álcool pela hidrovía até Triunfo, uma vez que se observou um custo muito elevado para esse procedimento (JORNAL DO COMÉRCIO, 2014).

A maior parte do álcool que vem de São Paulo para atender à demanda da Braskem chega hoje ao polo petroquímico através do modal ferroviário. A rota ferroviária é realizada pela ALL, ligando o Polo Petroquímico de Triunfo ao terminal de Tatuí (SP) (ODEBRECHT).

3.4 Carga Tributária no Rio Grande do Sul

Segundo o levantamento realizado por Demczuk (2012), os tributos atualmente incidentes sobre as operações envolvendo as vendas de etanol hidratado combustível no Brasil são:

- Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviço de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (ICMS);

- Contribuição para o programa de integração social do trabalhador e de formação do patrimônio do servido público (PIS/PASEP);
- Contribuição social para o financiamento da seguridade social (CONFINS);

As contribuições para o Programa de Integração Social (PIS) e a CONFINS são contribuições sociais de competência de União, previstas na Constituição Federal (arts. 239 e 195, I, “b”, respectivamente). De modo geral, a base de cálculo em ambos os casos é o faturamento. No caso do álcool, a incidência do PIS e CONFINS ocorre sobre o produtor e o importador, os quais se submetem às alíquotas de 1,5% e 6,9%, como sobre o distribuidor – 3,75% e 17,25%. A cadeia produtiva de álcool também usufrui da incidência alternativa sob a alíquota específica, estabelecida atualmente pelo Decreto 6.573/08 nos seguintes valores: R\$ 8,57 e R\$ 39,43 por metro cúbico de álcool (produtor e importador); e R\$ 21,43 e R\$ 98,57 (distribuidor). As alíquotas de ambas as contribuições incidentes são reduzidas a zero para receitas auferidas pelos comerciantes varejistas de álcool anidro adicionado à gasolina efetuado pelos distribuidores (MACIEL, 2011).

No entanto, no caso de formação de cooperativa para a produção de etanol, os impostos federais não incidirão sobre o valor de comercialização do álcool, fato somente possível nos casos que toda a matéria prima utilizada nas usinas for proveniente pelos sócios da cooperativa (JÚNIOR, 2009).

O ICMS é um imposto de competência estadual e distrital e tem como características essenciais a não cumulatividade e o fato de que o montante do tributo integra a sua base de cálculo (MACIEL, 2011). As alíquotas do ICMS são estabelecidas no âmbito do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz). As diferentes alíquotas de ICMS entre os estados são uma das principais fontes de distorção entre os preços do etanol hidratado em diferentes regiões do país (DEMCZUK, 2012). Conforme apresentado pela Figura 5, é possível observar que o Rio Grande do Sul está entre os estados com as maiores alíquotas de ICMS sobre o etanol – 25%.

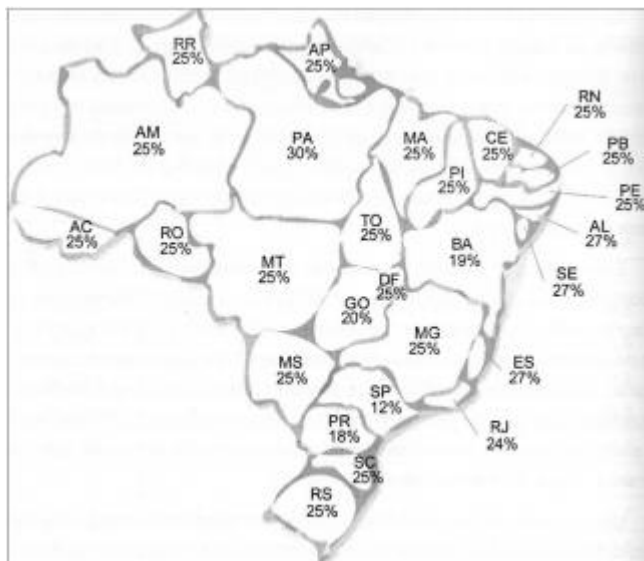


Figura 5: Alíquotas estaduais de ICMS sobre o etanol hidratado.
Fonte (MAISTRO, 2011)apud (DEMCZUK, 2012)

Nas operações interestaduais de venda ao consumidor final de combustíveis não derivados de petróleo, como no caso no etanol, os estados de origem e de destino repartem o imposto arrecadado. O estado destino fica com o produto do diferencial entre a alíquota interna e interestadual (MACIEL, 2011). No Rio Grande do Sul, segundo a Secretaria da Fazenda (SEFAZ RS, SECRETARIA DA FAZENDA RS), em relação às operações e prestações interestaduais, entre contribuintes do ICMS, as alíquotas são definidas por resolução do Senado Federal. A resolução nº 22/89 estabeleceu:

- Alíquota de 7%: nas operações com destino a contribuintes das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste e o Estado do Espírito Santo;
- Alíquota de 12%: para as operações com destino a contribuintes das Regiões Sul e Sudeste (exceto ES).

Sendo assim, do etanol importado de São Paulo, dos 25 % de ICMS arrecadados, 12% ficam com o estado de origem e 13% com o estado do Rio Grande do Sul.

4 Metodologia

Nesse capítulo é descrito o método proposto para avaliar os ganhos econômicos e energéticos nas possíveis alternativas de instalação das micro usinas de etanol. Os estudos e os resultados são organizados da seguinte forma:

- Apresentação do método quantitativo de custeio do produto final;
- Elaboração do custo de produção;
- Elaboração dos modelos de custo e consumo energético;
- Geração de Cenários;
- Viabilidade Econômica.

4.1 Método de custeio baseado em atividades (Método ABC)

A metodologia ABC associa os custos às atividades desempenhadas pela empresa, considerando a premissa de que os produtos e outros objetos de custeio consomem atividades e estas, por sua vez, consomem os recursos (PEDROZA *et al.*, 2013). Assim, a técnica ABC busca identificar a relação entre os produtos existentes e as atividades; e as atividades e os recursos.

Para Martins (2003), para se utilizar o ABC, é necessária a definição das atividades relevantes dentro dos departamentos, bem como dos direcionadores de custos de recursos que irão alocar os diversos custos incorridos às atividades. Assim, Martins propôs as seguintes etapas para a implantação do sistema de custeio ABC:

1. Identificação das atividades relevantes;
2. Atribuição dos custos às atividades;
3. Identificação dos direcionadores de custos;
4. Atribuição dos custos das atividades aos produtos.

A partir da metodologia ABC, Fabrício (2011) determinou o custo final de produção de etanol de mandioca para a região de Santa Maria; para tanto o autor dividiu a análise ABC em duas fases: análise do cultivo da mandioca e de processamento do etanol. Da mesma forma, Weschenfelder (2011) determinou o custo de produção de etanol a partir de sorgo sacarino para micro usinas.

4.2 Elaboração do Custo de Produção

O processo produtivo de etanol hidratado será baseado no processo apresentado na dissertação de mestrado de Masiero (2012) e na revisão do processo realizada por Schweinberger (2014), conforme diagrama de blocos simplificado representado na Figura 6. A unidade produtiva foi baseada no estudo realizado por Weschenfelder (2011) e os valores de equipamentos específicos foram baseados no trabalho realizado por Fabrício (2011), sendo que a tabela de valores está disponível no Anexo 5 deste TCC.

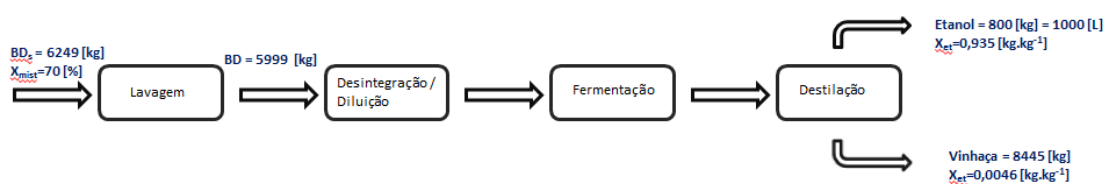


Figura 6: Diagrama de blocos da produção Etanol Hidratado.

Os custos de produção agrícola (Anexo 6) foram baseados no estudo apresentado por Masiero (2012). Considerou-se que o produtor rural já possui o maquinário para a produção agrícola. Os custos de produção estão ilustrados na Tabela 1, no qual foram baseados na revisão realizada por Schweinberger (2014). Demais considerações para a elaboração do custo de produção se encontram no Anexo 7.

Tabela 1: Custos de produção por variável.

Variável	Custos
Trabalhadores	66,74 R\$.trabalhador ⁻¹ .dia ⁻¹
Estoque	0,0622 R\$.kg ⁻¹
H ₂ O _{lavagem}	0,00528 R\$.kg ⁻¹
H ₂ O _{diluição}	0,00528 R\$.kg ⁻¹
Enzima para hidrólise	29,68 R\$.L ⁻¹
Enzima para redução de viscosidade	158,3 R\$.L ⁻¹
Levedura	32,75 R\$.kg ⁻¹
Antibióticos	10000 R\$.kg ⁻¹
Eletricidade *	0,06863 e 0,07686 R\$.MJ ⁻¹
Lenha	0,006995 R\$.MJ ⁻¹

*Custo de energia elétrica varia com o consumo.

Fonte: (SCHWEINBERGER *et al.*, 2014)

4.3 Elaboração dos Modelos de Custo e de Consumo Energético

Para a avaliação do custo de distribuição do etanol, consideraram-se os modais rodoviário, hidroviário e rodoviário.

Para os custos operacionais de cada modal, foram utilizados os valores apresentados no estudo realizado pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Laboratório de Transportes e Logística (2013), conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Custos Operacionais de Transporte de Etanol por modal.

Modal	Rodoviário	Ferrovário	Hidroviário
Frete (R\$/km.t)*	0,083 – 0,23	0,042 – 0,096	0,116
Transbordo (R\$/t)		1,5	20,1 **

Fonte (ANTAQ; LABTRANS, 2013)

* Valores Referentes a o Grupo 2 (Gra nel Líquido) – Valores variam conforme a distância de transporte.

**Custo de descarga e carga nos Terminais de Rio Grande e Terminal Santa Clara baseados conforme portaria ANP 251 da Braskem (2003).

O cálculo de consumo energético na distribuição do etanol foi realizado conforme o método simplificado utilizado por Nicola (2014), onde é utilizado óleo diesel e tem como variáveis para cada modal a distância percorrida, consumo médio de combustível e o coeficiente energético do combustível, ou seja,

$$CE = D * C * Ce \quad [1]$$

Sendo nessa expressão CE=consumo energético; D=distância percorrida (km), C=consumo específico (L.km⁻¹); Ce=coeficiente energético (MJ.L⁻¹).

Tabela 3:Consumo Específico e Coeficiente Energético.

Modal	Consumo Específico (L.km ⁻¹)
Rodoviário	0,4
Ferrovário	0,1
Hidroviário	0,06
-	Coeficiente Energético (MJ⁻¹)
Todos	49,6

Fonte (NICOLA, 2014)

O custo de frete de batata-doce para o consumo direto foi fixado em R\$ 0,40 km⁻¹t⁻¹, sendo esse valor baseado no valor médio de frete praticado pela batata segundo o levantamento realizado pela Revista Hortifruti Brasil (2014).

4.4 Seleção da localização das usinas

A localização potencial das usinas será definida conforme a disponibilidade de biomassa e a estrutura fundiária da região. O principal fator para a definição da localização das usinas é a disponibilidade de biomassa, uma vez que o princípio do

modelo descentralizado é a unidade produtora de etanol estar localizada na região onde a biomassa se encontra.

Conforme discutido no capítulo anterior, o Rio Grande do Sul possui uma estrutura fundiária favorável à implantação de usinas de etanol descentralizadas, uma vez que os estabelecimentos agrofamiliares possuem uma boa parcela da divisão de terras. Assim, a seleção das usinas deve atender as condições de disponibilidade de biomassa descritas na seção 3.1.

Ao analisarmos a estrutura fundiária do Estado e a distribuição dos estabelecimentos de agricultura familiar (

Anexo 3 e Anexo 4), procuraram-se regiões onde a predominância de terras fosse de pequeno e médio porte e com um número significativo de estabelecimentos agrofamiliares. Dessa forma, escolheram-se três potenciais regiões para implantação das usinas. A primeira área engloba os municípios já produtores de batata-doce, são eles: Cristal e São Lourenço do Sul. A segunda área engloba municípios em áreas potenciais cultivo de batata-doce, são eles: Mostardas, Tavares e São José do Norte. E, a terceira área engloba os municípios de Santa Cruz do Sul e demais municípios adjacentes produtores de fumo.

4.5 Geração de Cenários

A geração de cenários logístico das usinas será com base nos modais de transporte disponíveis e já praticados no Estado para a distribuição de etanol. Nesse estudo serão investigados os cenários:

- Cenário 1 – Rodoviário: recolhimento do etanol entre as usinas e distribuição somente pelo modal rodoviário. Atualmente é o modal que representa melhor a realidade a distribuição de etanol no Estado.
- Cenário 2 – Rodoferroviário: recolhimento do etanol entre as usinas através do modal rodoviário até o terminal ferroviário de Rio Grande. Trecho Rio Grande – Polo Petroquímico de Triunfo através do modal ferroviário.
- Cenário 3 – Rodo-Hidroviário: recolhimento do etanol entre as usinas através do modal rodoviário até o porto de Rio Grande ou Estrela.

Para obter as distâncias a serem percorridas através do modal rodoviário foi utilizada a ferramenta de cálculo de distância disponibilizada pelo Google Maps. Para as distâncias entre os terminais ferroviários e hidroviários, foram utilizadas as mesmas apresentadas por Cunha (2014).

Tabela 4: Distâncias e Rotas.

Cenário	Modal	Rota	Distância (km)
Área 1: São Lourenço do Sul - Cristal			
1	Rodoviário	São Lourenço do Sul - Cristal - Triunfo	241
2 e 3	Rodoviário	Cristal - São Lourenço - Rio Grande	151
2	Ferrovário*	Rio Grande - Triunfo	911
3	Hidroviário*	Rio Grande - Terminal Santa Clara	321
Área 2: Mostardas - São José do Norte			
1	Rodoviário	São José do Norte - Mostardas - Triunfo	355
2 e 3	Rodoviário	Mostardas - São José do Norte - Rio Grande	208
2	Ferrovário*	Rio Grande - Triunfo	911
3	Hidroviário*	Rio Grande - Terminal Santa Clara	321
Área 3: Santa Cruz do Sul e municípios adjacentes			
1	Rodoviário	Herveiras - Sinimbu - Vale do Sol - Santa Cruz do Sul - Venâncio Aires - Triunfo	221,3
2	Rodoviário	Herveiras - Sinimbu - Vale do Sol - Santa Cruz do Sul - Venâncio Aires - Estrela	163
2	Hidroviário*	Estrela - Terminal Santa Clara	120

Fonte: Elaboração pelo autor - * (CUNHA, 2014)

4.6 Viabilidade Econômica

O fluxo de caixa será elaborado considerando o investimento inicial, total de receitas no período e o total de custos no período. As receitas totais do período envolvem a venda de etanol para a Braskem, a venda de silagem de batata-doce para a produção de ração e a venda de batata-doce para consumo humano. A venda de batata-doce para o estabelecimento comercial será de forma consignada, onde a batata-doce não vendida retorna à usina para o futuro processamento em etanol e o estabelecimento comercial só paga pela quantidade que vender.

O preço de venda do litro de etanol foi estipulado em R\$ 1,28, sendo esse o valor médio mensal pago ao produtor de etanol em São Paulo (UNICA). O preço de venda batata-doce utilizado foi de R\$1,25 kg⁻¹, valor este baseado nos valores fornecidos pelo site do (CEASA). Para investimento inicial em equipamentos e instalações foi considerado o valor de R\$ 532.400,00 (MASIERO,2012).

O fluxo de saída compreende os custos de produção do etanol, custo de logística para entrega de etanol e para entrega e recolhimento de batata-doce no mercado, pagamento do financiamento e o retorno do próprio investimento. Foi considerada ainda uma taxa de depreciação sobre os equipamentos e as instalações de 10% e 2,5%, respectivamente. O financiamento foi calculado com base na linha de financiamento PRONAF ECO, onde a taxa de juros é de 2% a.a. Descontou-se ainda 30% de imposto de renda e 8% sobre o lucro tributável. Foi considerada formação de cooperativa para a produção de etanol, podendo assim ser desconsiderada a contribuição de PIS e CONFINS.

O estudo de viabilidade econômica para a produção de etanol será baseado nos seguintes indicadores:

- a) Valor Presente Líquido (VPL): definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Em outras palavras, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos, e é calculado conforme a seguinte equação:

$$VPL = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{Cf}{(1+j)^n} \quad [2]$$

Onde: VPL= Soma algébrica de todos os valores líquidos descontados para o momento presente; -I₀= Fluxos de saída inicial ou investimento inicial; C_f= Fluxos de caixa líquidos do projeto/investimento; j = Taxa de juros, também conhecida por TMA (Taxa Mínima de Atratividade); n = Número de períodos ou horizonte de investimento.

- b) Taxa Interna de Retorno (TIR): é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa. Para um investimento ser atrativo, a TIR deve ser maior que a TMA, retornando assim um valor positivo de VPL. Quando a TIR e a TMA se igualam, o

investimento está economicamente em uma situação de equilíbrio, e quando a TIR é menor que a TMA, o investimento não é economicamente atrativo. Assim, a TIR é calculada conforme a equação $TIR=j ; quando - I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{Cf}{(1+j)^n} = 0$ [3], onde as variáveis descritas são as mesmas definidas pela equação [2].

$$TIR = j ; quando - I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{Cf}{(1+j)^n} = 0 \quad [3]$$

- c) Tempo de Retorno do Investimento (Payback): cálculo do tempo necessário para que sejam recuperados os recursos investidos em um projeto.

5 Resultados

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos para o custo de produção de etanol e a avaliação de custo logístico e energético para os três cenários potenciais da localização das usinas. A partir do melhor cenário gerado, será feita a avaliação de viabilidade econômica do projeto.

5.1 Custo de Produção

Os custos de produção agrícola e de produção de etanol são apresentados na Tabela 5. Para a produção de etanol, foi calculado o custo de produção sem reciclo de levedura e reciclando a levedura 11 vezes. No custo de produção de etanol, já está contabilizado o custo de produção da batata-doce, considerando uma produtividade de 185L de etanol por tonelada seca da raiz e uma produtividade de 40t de batata-doce por hectare.

Tabela 5: Custos de produção de etanol e agrícola.

Custo Produção Etanol Sem Reciclo de Leveduras* (R\$.L ⁻¹)	1,79
Custo Produção Etanol Com Reciclo de Leveduras* (R\$.L ⁻¹)	1,20
Custo Produção Agrícola (R\$.ha ⁻¹)	2.717,40

Fonte: * (SCHWEINBERGER *et al.*, 2014)

Ainda que no custo de produção de etanol já esteja agregado o custo de produção da batata-doce, é apresentado o custo individual de produção agrícola uma vez que para cenários onde as unidades produzem etanol e batata-doce para comercialização, é necessário incluir no fluxo de caixa o fluxo o custo de produção agrícola adicional referente a batata-doce para comercialização.

5.2 Custos de Logística e Gasto Energético

5.2.1 Área 1

Para o Área1, na qual engloba os municípios de São Lourenço do Sul e Cristal, foram considerados os cenários rodoviários, rodoferroviário e rodo-hidroviário. O transporte através do modal somente rodoviário leva em conta a rota realizada através da rodovia BR-116. O trajeto rodoviário realizado pelo cenário rodo-hidroviário e rodoferroviário leva

em conta a rota através da BR-392 e BR-116. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Custos logísticos e energéticos – Área 1.

Cenário	1		2		3	
	Modal	Rodovia	Rodovia	Ferrovia	Rodovia	Hidrovia
Distância [km]		241	151	911	151	321
Custo por litro [R\$.L⁻¹]		0,029		0,067		0,074
Consumo Energético [MJ]		4.781	2.996	4.519	2.996	955
Consumo Energético Total [MJ]		4.781		7.514		3.951

O modal rodoviário se mostrou mais atrativo economicamente se comparado com os modais rodoferroviários e rodo-hidroviário. Isso se deve ao fato de que as distâncias ferroviária e hidroviária são muito maiores de que a rodoviária. Para o modal ferroviário, o trajeto se torna demasiadamente elevado, uma vez que a ferrovia faz o trajeto Rio Grande – Cacequi – Santa Maria – Triunfo. O modal rodo-hidroviário apresentou o maior custo de logística, valor esse que resulta das altas taxas de transbordo; no entanto, foi o modal que apresentou menor consumo energético.

5.2.2 Área 2

Para a Área 2, na qual engloba os municípios de São José do Norte e Mostardas, foram considerados os cenários rodoviário, rodoferroviário e rodo-hidroviário. O transporte através do modal rodoviário leva em conta a rota realizada através da rodovia BR-101. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Custos logísticos e energéticos – Área 2.

Cenário	1		2		3	
	Modal	Rodovia	Rodovia	Ferrovia	Rodovia	Hidrovia
Distância [km]		355	208	911	208	321
Custo por litro [R\$.L⁻¹]		0,043		0,065		0,071
Consumo Energético [MJ]		7.043	4.127	4.519	4.127	955
Consumo Energético Total [MJ]		7.043		8.645		5.082

O modal rodoviário foi o que apresentou o menor custo de logística entre os modais estudados. Os custos de transporte através dos modais rodoferroviário e rodo-hidroviário, se comparado ao da Área 1, apresentaram um custo menor, mesmo as distâncias rodoviárias sendo maiores. Esse resultado deve-se ao fato de que quanto maior a distância percorrida no modal rodoviário, menor é o custo de transporte por quilômetro

rodado. Em termos energéticos, o modal que apresentou menor consumo energético foi o modal rodo-hidroviário.

5.2.3 Área 3

Para a Área 3, na qual engloba os municípios de Herveiras, Sinimbu, Vale do Sol, Santa Cruz do Sul, Venâncio Aires e Estrela, foram considerados os cenários rodoviário e rodo-hidroviário. O transporte através do modal rodoviário leva em conta a rota realizada através das rodovias BR-471, BR-153, BR-287 e BR-386. Para o cenário rodo-hidroviário considerou-se que existe tancagem disponível para o transbordo no porto de Estrela.

Tabela 8: Custos logísticos e energéticos – Área 3.

Cenário	1		2	
	Modal	Rodovia	Rodovia	Hidrovia
Distância (km)		221	163	120
Custo por litro (R\$.l⁻¹)		0,027		0,057
Consumo Energético (MJ)		4.391	3.234	357
Consumo Energético Total (MJ)		4.391		3.591

Em termos energéticos, o modal rodo-hidroviário apresentou menor custo energético. O modal rodoviário se mostrou mais atrativo do ponto de vista econômico se comparado ao modal rodo-hidroviário. Isso se deve ao fato da pequena distância a ser percorrida não compensar os custos de transbordos provenientes do modal hidroviário.

5.3 Viabilidade Econômica

A análise de viabilidade econômica foi realizada para o cenário onde o conjunto de usinas se encontra na Área 3 (Santa Cruz do Sul e municípios adjacentes) e o modal de transporte utilizado é o rodoviário, uma vez que essa região que se mostrou mais atrativa em relação ao custo de logística e baixo consumo energético comparada às demais opções apresentadas.

A viabilidade econômica foi realizada para 4 cenários diferentes. Os cenários se diferem no modo de produção do etanol, onde se pode realizar o reciclo das leveduras do processo; e, considerando ou não que parte da produção de batata-doce é vendida para estabelecimentos comerciais para consumo humano. Para cenários onde parte da batata-doce é vendida para consumo, a venda é feita de forma consignada. Nessa forma de negócio, o pagamento é feito somente sobre a massa de batata-doce comercializada,

onde o restante não comercializado volta ao produtor; para este cenário, considerou-se que 30% da batata-doce é disponibilizada para venda e se estimou 30% de retorno da batata-doce. Considerou-se uma taxa de retorno de investimento de 15%.

Tabela 9: Cenários para avaliação econômica.

Cenário	Venda de Batata-Doce	Reciclo de Leveduras
1	Não	Sim
2	Não	Não
3	Sim	Sim
4	Sim	Não

Para todos os cenários foi avaliado o impacto do preço da venda de silagem da batata-doce. A silagem consiste na parte aérea seca da batata-doce (ie, a silagem proveniente da lavoura) e foi estipulada em 13,5 t.dia⁻¹, conforme apresentado por Masiero (2012). Nesse estudo foi desconsiderado o resíduo proveniente do processo de destilação (chamado mosto destilado), uma vez que são necessários estudos complementares para tanto. O mosto destilado possui um grande potencial para o uso direto como ração animal, representando outra forma de valoração dos coprodutos gerados no processo e quando considerado representa outra fonte de renda ao produtor.

Uma vez que a batata-doce não é produzida o ano inteiro, para evitar a ociosidade da planta é necessário que a batata-doce seja seca e armazenada a fim de manter a produção o ano inteiro. No entanto, por falta de dados adicionais, foi desconsiderado o custo de secagem e de armazenamento da batata-doce. Estimou-se que o custo de armazenagem e secagem seja equiparado à renda que seria gerada na venda do mosto destilado, assim, minimizando o impacto na avaliação econômica realizada uma vez que as considerações se anulam.

Os resultados da análise de sensibilidade para *Payback*, TIR e VPL em função do preço de venda da silagem da batata-doce estão apresentados na Tabela 10. Para os cenários (1 e 2) onde toda a batata-doce utilizada para a produção de etanol, para valores de silagem por tonelada inferiores a R\$ 40 e R\$ 90, os cenários se mostraram inviável economicamente, independente se existe ou não reciclo de leveduras no processo de fermentação. Para os cenários (3 e 4) onde parte da batata-doce é vendida para consumo, na faixa de valores analisados, independente do preço da silagem, os projetos se mostraram economicamente viáveis.

A partir dos resultados da Tabela 10, é possível observar a viabilidade do negócio relacionada ao uso da batata-doce. Para os cenários onde a batata-doce é utilizada para somente para produção de etanol e não há reciclo de leveduras no processo, o negócio só é viável se o coproduto (silagem) possuir um valor acima de 110 R\$/ton. Enquanto para o caso onde o uso da batata-doce é dividida entre o consumo humano e produção de etanol, o negócio já é viável mesmo para valores baixos de comercialização da silagem(i.e., inferiores a 40 R\$/ton).

Tabela 10: Análise de Sensibilidade para Payback, TIR e VPL para diferentes cenários variando o preço da silagem da batata-doce.

Preço Silagem [R\$ t ⁻¹]	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3			Cenário 4		
	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Pay back [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]
40	>10	-	-268.299	>10	-	-1.053.841	2	86%	1.058.175	3	57%	608.684
70	7	22%	89.971	>10	-	-506.360	2	106%	1.366.724	2	77%	917.233
80	5	30%	192.821	>10	-	-323.867	2	112%	1.469.573	2	84%	1.020.082
90	4	37%	295.670	>10	-	-141.373	1	119%	1.572.423	2	90%	1.122.932
110	3	50%	501.369	8	19%	135.327	1	132%	1.778.122	2	103%	1.328.631
140	2	70%	809.918	4	41%	513.088	1	151%	2.086.671	1	123%	1.637.180
170	2	90%	1.118.467	2	61%	890.850	1	170%	2.395.220	1	142%	1.945.729
210	1	116%	1.529.866	2	88%	1.394.533	1	196%	2.806.619	1	168%	2.357.128
250	1	142%	1.941.264	2	114%	1.898.215	1	222%	3.218.017	1	194%	2.768.526

*Preço de venda de etanol R\$1,28 l⁻¹.

A fim de avaliar o impacto do preço de venda do etanol nos indicadores econômicos, variou-se o preço pago ao produtor mantendo constante o preço de venda da silagem. Para tanto, foi simulado o impacto dos indicadores econômicos para situações de alto e baixo valor agregado de venda do coproduto (silagem).

Conforme apresentado na Tabela 11, no caso de baixo valor agregado da silagem (R\$ 40.t⁻¹); para o Cenário 2, mesmo que seja pago ao produtor R\$1,70 por litro de etanol, o investimento se mostra inviável. Para o Cenário 1, o projeto apresentou viabilidade somente para valores de etanol acima de R\$1,60 por litro de etanol. Assim, para baixo valor agregado da silagem, somente os Cenários 3 e a mostraram-se viáveis economicamente.

Tabela 11: Análise de Sensibilidade para Payback, TIR e VPL para diferentes cenários variando o preço de venda do etanol – Preço Silagem R\$ 40 t⁻¹.

Preço etanol [R\$ L ⁻¹]	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3			Cenário 4		
	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]
1,05	9	-	-522.249	>10	-	-1.364.756	2	75%	882.950	3	46%	433.459
1,1	9	-	-467.042	>10	-	-1.297.166	2	77%	921.042	3	48%	471.551
1,18	9	-	-378.712	>10	-	-1.189.022	2	81%	981.990	3	52%	532.499
1,2	9	-	-356.629	>10	-	-1.161.986	2	82%	997.227	3	53%	547.736
1,23	9	-	-323.505	>10	-	-1.121.431	2	84%	1.020.082	3	55%	570.592
1,25	9	-	-301.423	>10	-	-1.094.395	2	85%	1.035.319	3	56%	585.828
1,3	9	-	-246.216	>10	-	-1.026.805	2	87%	1.073.412	3	58%	623.921
1,4	9	3%	-135.803	>10	-	-891.625	2	92%	1.149.597	2	63%	700.106
1,6	7	17%	25.214	>10	-	-621.264	2	102%	1.301.967	2	73%	852.476
1,7	6	23%	101.399	>10	-	-486.083	2	106%	1.378.152	2	78%	928.661

Para os cenários, onde se estima um valor agregado à silagem de batata-doce em R\$110 t⁻¹, na faixa de valores estudada para o preço de venda do etanol, somente o Cenário 2 apresenta inviabilidade econômica para valores de venda inferiores à R\$1,18 por litro de etanol. Assim, para baixos valores de venda de etanol (R\$ 1,00 – 1,18 L⁻¹) e no caso onde toda a batata-doce é utilizada para a produção de etanol, a viabilidade do investimento está relacionada ao reciclo das leveduras no processo.

Tabela 12: Análise de Sensibilidade para Payback, TIR e VPL para diferentes cenários variando o preço de venda do etanol – Preço Silagem R\$ 110 t⁻¹.

Preço etanol [R\$ L ⁻¹]	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3			Cenário 4		
	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]	Payback [anos]	TIR [%]	VPL [R\$]
1,00	4	-	326.144	>10	-	-87.301	1	121%	1.602.897	2	-	1.153.406
1,05	4	41%	364.237	>10	8%	-32.568	1	123%	1.640.989	2	95%	1.191.499
1,10	3	45%	425.185	>10	13%	42.052	1	127%	1.701.937	2	98%	1.252.446
1,18	3	46%	440.422	>10	14%	60.707	1	128%	1.717.174	2	99%	1.267.683
1,20	3	48%	463.277	10	16%	88.689	1	129%	1.740.030	2	101%	1.290.539
1,23	3	49%	478.514	9	17%	107.344	1	130%	1.755.267	2	102%	1.305.776
1,25	3	51%	516.606	8	20%	153.981	1	133%	1.793.359	2	104%	1.343.868
1,30	3	56%	592.791	6	26%	247.256	1	137%	1.869.544	2	109%	1.420.053
1,40	2	66%	745.161	4	37%	433.805	1	147%	2.021.914	1	119%	1.572.423

De acordo com os dados das Tabela 11 e Tabela 12, é possível observar que a viabilidade do negócio está diretamente relacionada à valoração da silagem usada na alimentação animal.

A importância do valor de venda da silagem e do balanço entre o uso da batata-doce para produção de etanol e consumo direto são mais facilmente visualizados na Figura 7, no qual se faz a sensibilidade do VPL para diferentes custos de produção (incluindo os custos logísticos) e para diferentes valores de venda de silagem. Para as unidades onde é

feito o rateio do uso da batata-doce (consumo e produção de etanol), apresentado na Figura 7(b), para a faixa de valores estudada o VPL é sempre positivo. Ainda, é possível verificar que o preço da silagem impacta mais do que o custo de produção de etanol sobre o VPL. Para unidades somente produtoras de etanol, Figura 7(a), mesmo para baixos valores de produção de etanol, se o preço de venda da silagem não for significativo (ie, aproximadamente R\$80.t-1), não é observado viabilidade através da análise de VPL.

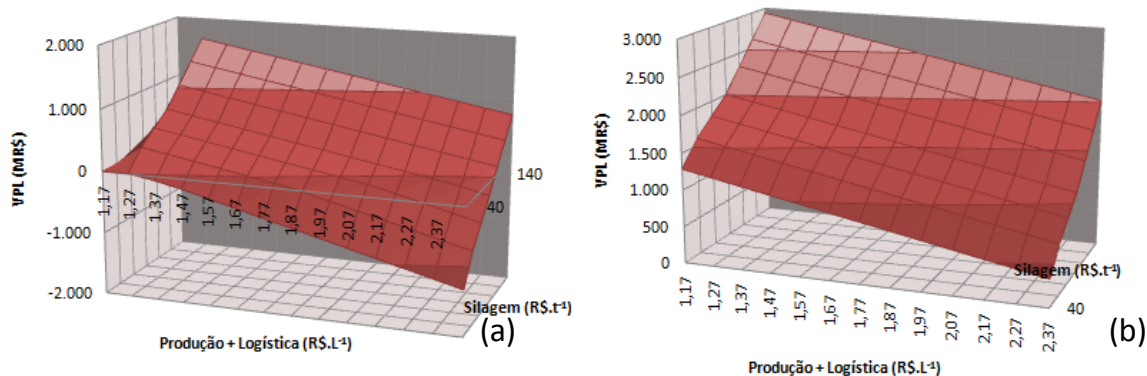


Figura 7: Análise de Sensibilidade para do VPL em função do preço de silagem e custo de produção e logística em unidades (a) produtoras de etanol e (b) produtoras de etanol e batata-doce para comercialização.

De acordo com as Tabelas Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12, identificamos os Cenários 1 e 2 como menos atrativos, sendo estes dependentes do preço de silagem para a viabilidade do negócio. Da mesma forma, identificamos os Cenários 3 e 4 como os mais atrativos, onde se observou para todas as análises de sensibilidade uma taxa de retorno (TIR) maior que a taxa Selic (12,5%). Ainda, é possível verificar que para todos os cenários observados, aqueles que possuem reciclo das leveduras no processo de fermentação apresentaram melhores resultados.

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

A localização das usinas descentralizadas de etanol foi definida na região de Santa Cruz do Sul, englobando os municípios de Herveiras, Sinimbu, Vale do Sol, Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires. Essa região apresentou o menor custo logístico para o recolhimento do etanol entre as usinas e destino para a unidade de Insumos Básicos da Braskem em Triunfo. Para essa região de interesse, o modal rodoviário foi o que apresentou menor custo logístico e baixo impacto ambiental, uma vez que apresentou baixo consumo energético no transporte.

A análise de viabilidade econômica e a análise de sensibilidade do projeto mostrou inviabilidade do projeto quando as unidades produtoras destinam toda a produção de batata-doce para a produção de etanol e quando o valor de venda da silagem apresenta um baixo valor agregado.

O preço de venda da silagem da batata-doce se mostrou um ponto importante no equilíbrio econômico do projeto. Para um preço de venda de etanol de R\$1,28 por litro, os cenários 1 e 2 só apresentaram viabilidade a partir de preço de venda de silagem por tonelada de R\$ 70 e R\$110, respectivamente. Podendo assim também ser evidenciado a importância do reciclo das leveduras no processo, onde através do reciclo de leveduras, se obteve viabilidade econômica com o preço de venda de silagem R\$40 mais barato.

Para os cenários onde a batata-doce se destina para a produção de etanol e para consumo direto, independentemente se é realizado ou não reciclo das leveduras, o projeto se mostra viável economicamente. Para todos os casos estudados, a taxa de retorno (TIR) se apresentou maior que a taxa Selic (12,5%). Além disso, através da análise de sensibilidade do preço de venda do etanol, essa configuração de usina se apresentou mais competitiva uma vez que é possível negociar o preço de venda do etanol, mantendo ainda a atratividade do negócio. Para todos os casos onde é realizado reciclo das leveduras, a análise de econômica se mostrou mais rentável.

Do ponto de vista de sustentabilidade de biorrefinarias, os resultados deste estudo são bastante promissores, uma vez que foi possível viabilizar o projeto economicamente do ponto de vista de zero desperdício. A biomassa é utilizada para produção de energia,

consumo humano direto e produção de ração animal através da valoração do coproduto (silagem).

Do ponto de vista social, a implantação das usinas irá beneficiar diretamente 2.182 estabelecimentos agrofamiliares, gerando renda direta e indireta a todos envolvidos em toda a cadeia do processo. Assim, será possível oferecer uma alternativa econômica para a região de Santa Cruz do Sul ao cultivo de fumo.

Do ponto de vista econômico, uma vez que o etanol consumido pela Braskem terá origem e destino no Rio Grande do Sul, o Estado ganhará em arrecadação de ICMS por ano em torno de 63 milhões de reais. Além disso, conforme demonstrado no estudo de viabilidade econômica, o preço do etanol de batata-doce é competitivo ao preço oferecido pelas usinas em São Paulo, possibilitando assim um etanol mais barato para a Braskem. Com um valor de etanol mais barato, a cadeia de custos de produção de Eteno Verde e de Polietileno l'm Green tende a diminuir. Além do benefício direto da diminuição de preço do Polietileno l'm Green, existe o aumento de mercado do produto uma vez que este se torna mais competitivo.

Neste trabalho fica evidenciado a viabilidade econômica de produzir etanol a partir da batata-doce. Vale ainda ressaltar que o etanol produzido pela batata-doce possui alto grau de pureza, podendo ser utilizado em produtos de maior valor agregado, como por exemplo, na fabricação de cosméticos, remédios e bebidas. No entanto, são ainda necessários estudos complementares para o melhor aproveitamento e valoração do resíduo proveniente do processo, como no caso do mosto fermentado.

7 Referências

- AGROLINK 2015. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/saudeanimal/artigo/forum-debate-a-producao-de-etanol-amilaceo_215569.html>. Acesso em: 18 jun. 2015.
- ALVES, J. N. et al. Caracterização do perfil logístico de escoamento de grãos de uma cidade no interior do Rio Grande do Sul. **Revista Univap**, São José dos Campos-SP, v. Vol 8 - N. 32, Dez 2012. ISSN 2237-1753.
- ANTAQ, A. N. D. T. A.; LABTRANS, L. D. T. D. L. **Plano Nacional de Integração Hidroviária**. [S.l.]. 2013.
- BISARIA, V. S.; KONDO, A. **Bioprocessing of renewable resources to commodity bioproducts**. Hoboken: [s.n.], 2014. ISBN 978-1-118-17583-5.
- BORGES, F. C. **Proposta de Um Modelo Conceitual de Biorrefinaria Com Estrutura Descentralizada**, 2010.
- BRASKEM. Disponível em: <http://www.braskem.com.br/site.aspx/FAQ_PeVerde>. Acesso em: 24 fev. 2015.
- BRASKEM. Braskem, 2003. Disponível em: <http://www.braskem.com.br/site.aspx/portaria_anp_251>. Acesso em: 01 Março 2015.
- CASTRO, L. A. S. D. et al. POTENCIAL DA BATATA-DOCE COMO PRODUTORA DE BIOCOMBUSTÍVEL. **Simpósio Nacional de Agroenergia**, Pelotas, 2007. ISSN 978-85-85-941-23-9. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/livros/agroenergia-2007/trabalhos/Outras%20culturas_11_OK/suita_1.pdf>. Acesso em: 15 Fevereiro 2015.
- CASTRO, L. A. S. D. et al. **Cultivar de Batata-Doce BRS-Cuia**. EMPRAPA - Clima Temperado. Pelotas, p. 22p. 2011. (1516-8840).
- CEASA. Disponível em: <<http://www.ceasa.gov.br/>>.
- CEPEA/ESALQ USP. Logística - Por onde passam os produtores hortifrutícolas? **Brasil Hortifruti**, p. 17, 2014.
- CHERUBINI, F.; ULGIATI, S. Crop residues as raw materials for biorefinery systems – A LCA case study. **Applied Energy**, 87, 2010. 47–57.
- CLARCK, J.; LUQUE R, M. A. Green chemistry, biofuels, and biorefinery. **Annu Rev Chem Biomol Eng**, v. 3, p. 183–207, 2012.
- COLLAZIOL, A. **Transporte Hidroviário no RS**. Dissertação de Pós-Graduação - UERGS, fev. 2003.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries Históricas de Área Plantada, Produtividade e Produção**. [S.l.]: [s.n.]. 2014.

CUNHA, G. T. D. **Navegação Hidroviária no interior do RS: vantagem econômica comparada aos outros modais e implantação do calado sazonal**. Dissertação de Mestrado - UFRGS, Porto Alegre, 2014. 56.

DAER-RS. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem. Disponível em: <http://www.daer.rs.gov.br/site/sistema_rodoviario_rodovias.php>. Acesso em: 25 fev. 2015.

DEMCZUK, A. **Produção de cana-de-açúcar para a obtenção de etanol hidratado no Rio Grande do Sul: Uma análise utilizando dinâmica de sistemas**. Dissertação de Mestrado - UFRGS, Porto Alegre, 2012.

DOWN AGROSCIENCES. **Anuário Brasileiro de Hortaliças 2013**. [S.l.]. 2013. (ISSN 2178-0897).

FABRICIO, A. M. **Determinação dos custos de produção de etanol de mandioca (Manihot esculenta Crantz) pelo método de custeio de atividades ABC**. Dissertação de Mestrado - UFSM, 2011.

GHATAK, H. R. Biorefineries from the perspective of sustainability: Feedstocks, products and processes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2011. 042–4052.

IBGE. **Censo Agropecuário de 2006**. [S.l.].

IBGE, I. B. D. G. **Produção Agrícola Municipal 2013 - Culturas Temporárias e Permanentes**. Rio de Janeiro, p. Prod. Agric. Munic., Rio de Janeiro, v. 40, p.1-102, 2013. 2013. (ISSN 0101-3963).

JORNAL DO COMÉRCIO. Jornal do Comércio, 08 Julho 2010. Disponível em: <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=33227>>. Acesso em: 01 Março 2015.

JORNAL DO COMÉRCIO. Jornal do Comércio, 30 Outubro 2014. Disponível em: <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=177801>>. Acesso em: 01 Março 2015.

JÚNIOR, A. G. R. Análise da viabilidade econômica da produção de bio-etanol. **XVI Congresso Brasileiro de Custos**, Fortaleza / Ceará, 2009.

LOPES, A. C. Produção de álcool de batata doce em função do meio fermentativo, Guarapuava, 2013.

MACIEL, M. S. **Tributos incidentes sobre os combustíveis**. Câmara dos Deputados. Brasília. 2011.

MAGALHÃES, K. A. B. **Análise da Sustentabilidade da Cadeia Produtiva de Etanol de Batata-doce no município de Palmas - TO**. Dissertação de Mestrado - Fundação Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2007.

MAISTRO, M. C. M. **Desafios e perspectivas para o setor sucroenergético do Brasil**. São Carloes: EdUfscar, 2011.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. [S.l.]: São Paulo: Atlas - ed.9, 2003.

MASIERO, S. S. **Microusinas de Etanol de Batata-Doce: Viabilidade Econômica e Técnica**. Dissertação de Mestrado - UFRGS, Porto Alegre, 2012.

MDA, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Ações do Ministério do Desenvolvimento Agrário para a diversificação da produção e da renda em áreas cultivadas com tabaco no Brasil**. [S.l.]. 2010.

NICOLA, A. O. **Avaliação econômica e energética de alternativas de transportes de etanol destinado à exportação na região Centro-Sul**. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

NOVA Cana, 04 Junho 2013. Disponível em: <<http://www.novacana.com/n/cana/variedades/cana-gaucha-tche-040613/>>. Acesso em: Março 2015.

ODEBRECHT. Odebrecht. Disponível em: <<http://www.odebrechtonline.com.br/materias/00201-00300/285/impressao.html>>.

Acesso em: 01 Março 2015.

OLIVEIRA, L. M.; SERRA, J. C. V.; MAGALHÃES, K. B. Estudo comparativo das diferentes tecnologias utilizadas para a produção de etanol. **Geoambiental Online**, Jatai, Julho 2012. ISSN ISSN 16799860.

ORTEGA, E.; WATANABE, M.; CAVALETT, O. **A produção de etanol em micro e mini-destilarias**. Campinas. 2006.

PEDROZA, J. K. B. R. et al. Método de custeio abc: motivações estratégicas para sua implantação e aprimoramento. **UNIABEU Belford Roxo**, v. 6, n. 12, p. 185-200, 2013. ISSN 2179-5037.

RISSO, R. D. S. **Etanol de batata-doce: Otimização do pré-processamento da matéria-prima e da hidrólise enzimática**. Dissertação de Mestrado - UFRGS, 2014.

RODRIGUES, L. G. D. S. M.; RODRIGUES, F. M. Composição química-bromotológica do resíduo de biocombustível de batata-doce (*Ipomoea batatas* (LAM)). **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v. v.8, N.14, pag 239, 2012.

-
- RÓS, A. B. O plantio de Batata-Doce. **Pesquisa & Tecnologia - Vol 11 - No 2**, Julho 2014.
- ROSA, D. M. et al. Efeito dos Extratos de Tabaco, Leucena e Sabugueiro sobre a Germinação de *Panicum maximum* Jaqc. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 444-446, Julho 2007.
- SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1985.
- SCHWEINBERGER, C. M. et al. Ethanol production from sweet potato: effect of ripening, comparison of two heating methods and cost analysis. **Canadian Journal of Chemical Engineering - Em submissão**, 2014.
- SCIPIONI, G. C. **Otimização do processo de sacarificação do amido de batata (*Solanum Tuberosum* L.) utilizando enzimas amilolíticas**. Dissertação de Mestrado - UFSM, Santa Maria, 2011.
- SCP, S. D. P. E. D. R. Atlas Socioeconômico do RS. **SCP**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/default.asp>>. Acesso em: 24 Março 2015.
- SEAPA, S. D. A. P. E. A. **Programa Estadual de Produção de Amiláceas para Etanol- RS Mais Etanol**. Porto Alegre. 2014.
- SEFAZ RS, SECRETARIA DA FAZENDA RS. SEFAZ RS. Disponível em: <https://www.sefaz.rs.gov.br/site/montaduvidas.aspx?al=l_icms_faq>. Acesso em: 03 Março 2015.
- SEINFRA, S. D. I. E. L. **Plano Estadual de Logística de Transportes no Estado do Rio Grande do Sul – PELT-RS - 2012 - 2037**. Porto Alegre. 2012.
- SILVA, G. H. D. Processo em batelada e contínuo de material amiláceo para a produção de etanol. Rio de Janeiro: [s.n.], 1980. p. 49-57.
- SILVA, L. F. L. **Viabilidade das culturas de Canola, Nabo forrageiro e batata-doce para a produção de biocombustíveis no sul de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado - Universidade de Lavras, Lavras, 2013.
- SILVEIRA, E. A. A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para a produção de etanol. **Boletim Técnico-UFT**, 2008.
- SILVEIRA, M. A. D. **Batata-Doce: uma Nova Alternativa para a Produção de Etanol**. Instituto Euvaldo Lodi – IEL/Núcleo Central. Brasília. 2008. (978-85-87257-39-0).
- SILVEIRA, M. A. D. ABH Horticultura. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/PAL11.pdf>. Acesso em: Março 2015.

SOUZA, A. F. B. C. **Avaliação do processo de hidrólise e fermentativo de biomassa de batata-doce por meio de células imobilizadas para a produção de etanol**. Dissertação de Mestrado - UFT, Palmas, 2005.

SOUZA, A. F. B. C.; SOUZA, F. R.; SILVEIRA, M. A. **1º Congresso Científico da Universidade Federal do Tocantis**. Palmas: [s.n.]. 2005.

UNICA. União da Indústria de Cana de Açúcar. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>>. Acesso em: Maio 2015.

WESCHENFELDER, S. C. **Aplicação do custeio baseado em atividades na determinação do custo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino em pequena unidade de produção**. Dissertação de Mestrado - UFSM, Santa Maria, 2011.

YOU, F.; WANG, B. Life cycle optimization of biomass-to-liquid supplychains with distributed—Centralized processing networks. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, n. 50, 2011. 10102–10127.

YUE, D.; YOU, F.; SNYDER, S. W. Biomass-to-bioenergy and biofuel supply chain optimization:Overview, key issues and challenges. **Computers and Chemical Engineering**, n. 66, 2014. 36–56.

ZABALETA, J. P. et al. Utilização de Resíduos de Batata-Doce na Alimentação de Aves Coloniais. **Rev. Bras. De Agroecologia**, v. Vol. 4 No. 2, Novembro 2009.

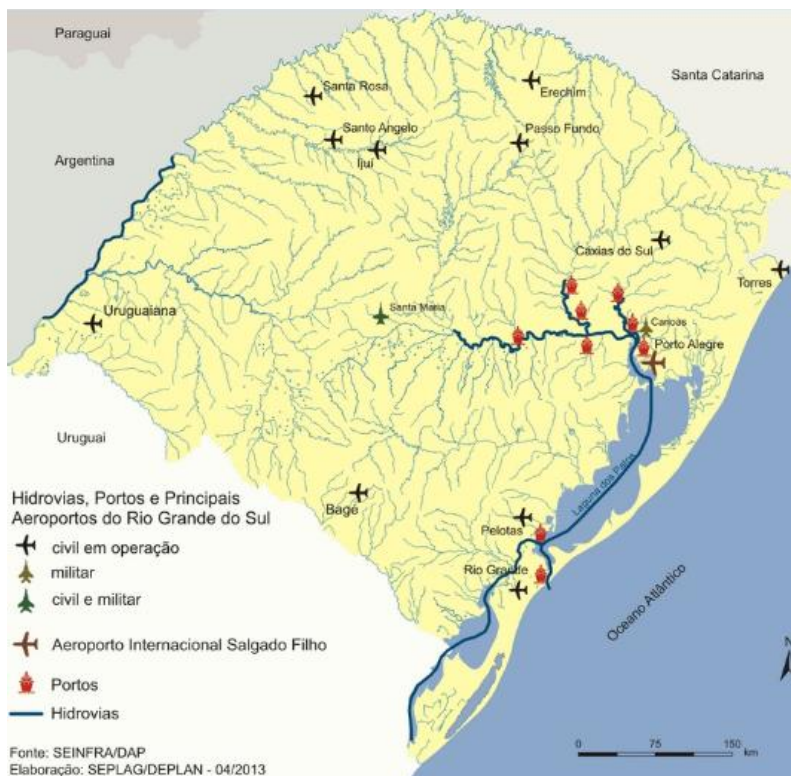
8 Anexos

Anexo 1: Malha Ferroviária - Rio Grande do Sul.



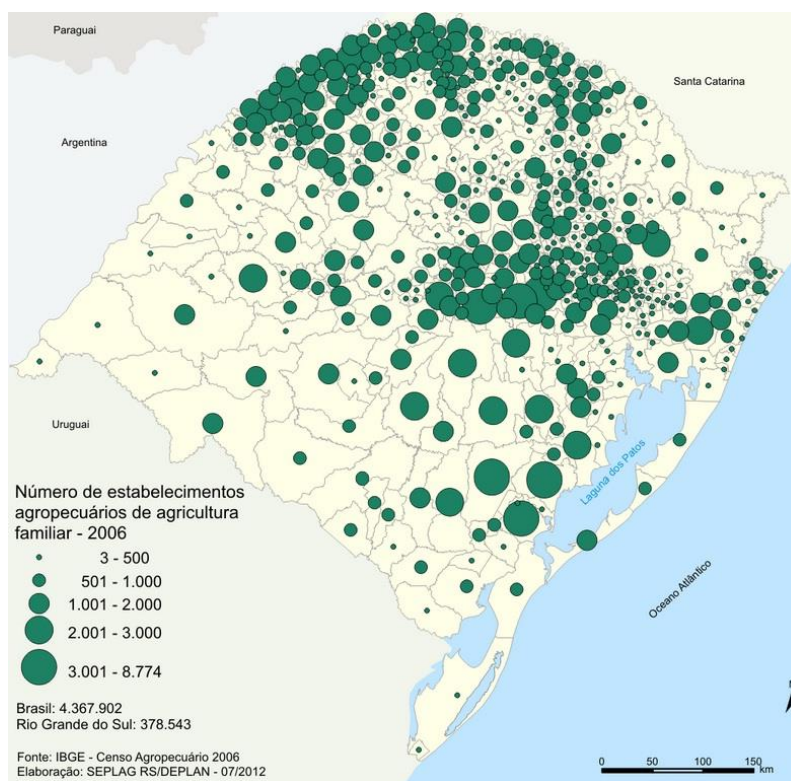
Fonte (SCP)

Anexo 2: Malha Portuária - Rio Grande do Sul.



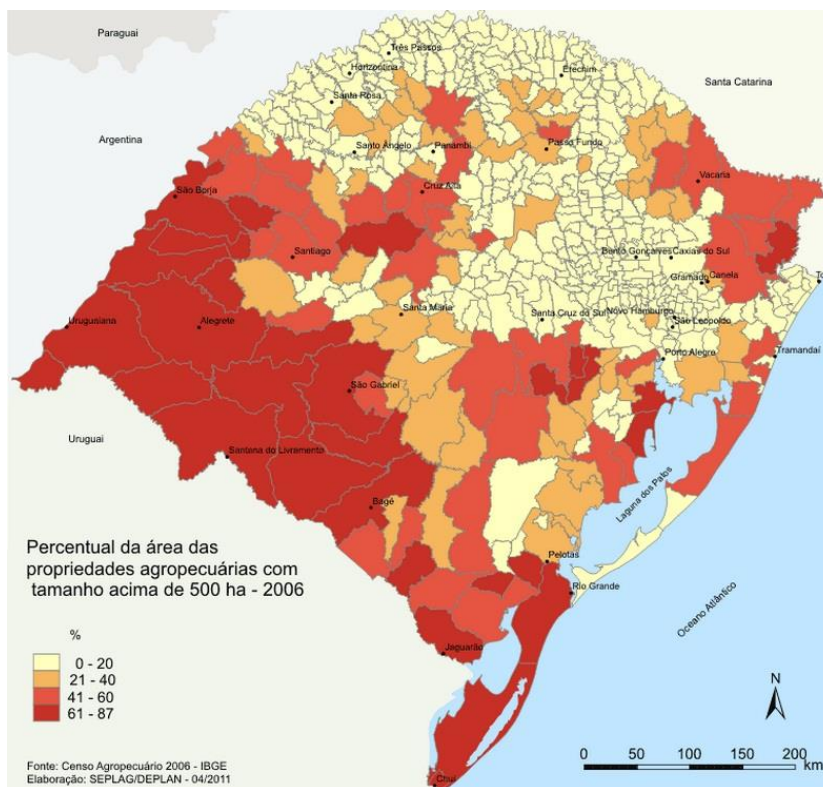
Fonte (SCP)

Anexo 3: Número de estabelecimentos agropecuários no RS – 2006.



Fonte (SCP)

Anexo 4: Percentual da área das propriedades agropecuárias com tamanho acima de 500ha – 2006.



Fonte (SCP)

Anexo 5: Custos de implantação da unidade produtiva.

Equipamento	Capacidade	Preço Unitário (R\$)	Quantidade
Trator de 80 CV		65.000,00	1
Carreta ensiladeira	2 t.h ⁻¹	24.000,00	1
Esteira transportadora	2 t.h ⁻¹	4.000,00	1 ou 2
Balança digital ^c	500 kg	3.000,00	0 ou 1
Lavador e descascador ^c	2 t.h ⁻¹	10.800,00	0 ou 1
Bomba de água de lavagem ^c		500,00	0 ou 1
Moenda de 1 Ternos	2 t.h ⁻¹	50.000,00	1
Moedor martelo ^c	2 t.h ⁻¹	9.000,00	1
Rosca sem fim para material triturado		1.500,00	0 ou 1
Bomba de caldo para dornas		1.200,00	1
Dornas de fermentação	5.000 L	2.000,00	4 ou 8
Agitador		1.200,00	4 ou 8
Bomba para recirculação (controle de temperatura das dornas)		1.200,00	4 ou 8
Bomba de vinho para reservatório		1.200,00	1
Reservatório	5.000 L	2.000,00	1
Unidade de destilação (aço inox 304)	42 L.h ⁻¹	95.000,00	1
Sistema de resfriamento	10m ³ .h ⁻¹	4.500,00	1
Caldeira (4kgf/cm ²)	200 kg.h ⁻¹	25.000,00	1
Bomba de Etanol para tanque		1.200,00	1
Reservatório de Álcool	10.000 L	9.000,00	1
Enfardadeira para silagem		35.000,00	1
Maquina seladora		1.000,00	1
Sistema de aplicação da vinhaça (carretel enrolador e moto bomba)	30 m ³ .h ⁻¹	40.000,00	1
Açude para armazenagem de vinhaça (recoberto com geomembrana)	235 m ³	17.000,00	1
Galpão	150m ²	82.500,00	1
Automação da unidade		60.000,00	1
Custos de Licenciamento ambiental		3.500,00	1
Montagem da unidade ^a		33.970,00	1
Instalação elétrica e hidráulica ^b		16.985,00	1
Gastos eventuais ^b		16.985,00	1

^a 10% sobre o preço dos equipamentos, ^b 5% sobre o preço dos equipamentos

^c Fabricio (2011)

Fonte: (MASIERO, 2012)

Anexo 6: Custos de Produção Agrícola da Batata-Doce.

Ano						
Insumos	Unidade	Unidade.ha ⁻¹			Valor Total (R\$.ha ⁻¹)	
Mudas/Sementes	kg	30	30	1	30	30
Calcáreo	t	3	1	70	210	70
Fertilizante de Base	t	0,4	0,4	1042,72	417,088	417,088
Uréia	t	0,1	0,1	1207,06	120,706	120,706
Fungicida	l	1	1	52,01	52,01	52,01
Maquinário e mão-de-obra	Unidade	Unidade.ha ⁻¹			Valor Total (R\$.ha ⁻¹)	
Aplicação de calcáreo/dessecante	hora.máquina ⁻¹	1,5	0,3	49,3	73,95	14,79
Arar+Rotativar	hora.máquina ⁻¹	2,5	2,5	49,3	123,25	123,25
Enleiramento	hora.máquina ⁻¹	1	2	49,3	49,3	98,6
Plantio: sulcos / adubação	hora.máquina ⁻¹	1	2	49,3	49,3	98,6
Plantio: dist. + enterrio	hora.dia ⁻¹	3	3	35,04	105,12	105,12
Aplicação de fertilizante	hora.dia ⁻¹	0,8	0,8	35,04	28,032	28,032
Aplicação de fungicida	hora.dia ⁻¹	3	3	35,04	105,12	105,12
Capina 2x	hora.dia ⁻¹	16	16	35,04	560,64	560,64
Amontoa 1X	hora.dia ⁻¹	2	2	35,04	70,08	70,08
Colheita: revolvimento	hora.máquina ⁻¹	2	2	49,3	98,6	98,6
Colheita: arranquio/catação	hora.dia ⁻¹	15	15	35,04	525,6	525,6
					2618,796	2518,236

Fonte: Adaptado de (MASIERO, 2012)

Anexo 7: Considerações para elaboração do custo de produção de etanol

Fatores	
Trabalhadores	3
H ₂ O _{lavagem}	0.3 kg.kg ⁻¹ de BD _{suja}
Enzima para hidrólise	0.003333 L.kg ⁻¹ de BD _{base} seca
Enzima para redução de viscosidade	0.000333 L.kg ⁻¹ de BD _{base} seca
Levedura	0.0111 kg.kg ⁻¹ de BD _{base} seca
Antibióticos	0.000006 kg.kg ⁻¹ de BD _{base} seca

Fonte: Schweinberger (2014).

9 Apêndices

Capital Próprio	50%										
Venda de Batata-Doce	Não										
Venda de Batata Doce - Mercado	30%										
Retorno de Batata-Doce do Mercado	30%										
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENTRADAS (R\$)											
Capital Próprio	316.200										
Financiamento	316.200										
Venda Etanol Hidratado		281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600
Venda Batata-Doce											
Venda de Silagem		118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800
Total de Entradas	632.400	400.400	400.400	400.400	400.400	400.400	400.400	400.400	400.400	400.400	400.400
SAÍDAS (R\$)											
Parcela do Financiamento		31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620
Juros do Financiamento		6.324	5.692	5.059	4.427	3.794	3.162	2.530	1.897	1.265	1.265
Devolução do Capital Próprio		31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620
Custos de Produção Etanol		264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000
Custos de Produção Agrícola		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Custos Frete		59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400
Custos Frete Batata-Doce											
Instalações	156.500										
Equipamentos	375.900										
Total de Saídas (R\$)	532.400	392.964	392.332	391.699	391.067	390.434	389.802	389.170	388.537	387.905	387.905
LUCRO (R\$)											
Lucro Bruto	100.000	136.400	136.400	136.400	136.400	136.400	136.400	136.400	136.400	136.400	136.400
Depreciação		41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503
Lucro Tributável		-34.067	-33.434	-32.802	-32.169	-31.537	-30.905	-30.272	-29.640	-29.007	-29.007
Impostos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUCRO LÍQUIDO (R\$)		-34.067	-33.434	-32.802	-32.169	-31.537	-30.905	-30.272	-29.640	-29.007	-29.007
Impostos (8%)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de Caixa	-316.200	7.436	8.068	8.701	9.333	9.966	10.598	11.230	11.863	12.495	12.495
Fluxo de Caixa Acumulado	-316.200	-308.764	-300.696	-291.995	-282.662	-272.696	-262.098	-250.868	-239.005	-226.510	-214.014

Apêndice 1 Fluxo de caixa esquemático para Cenário 1 – Preço de venda etanol R\$ 1,28L⁻¹ – Preço Silagem R\$ 40 t⁻¹.

Capital Próprio	50%			Reciclo Levedura	Sim						
Venda de Batata-Doce	Sim										
Venda de Batata Doce - Mercado	30%										
Retorno de Batata-Doce do Mercado	30%										
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENTRADAS (R\$)											
Capital Próprio	316.200										
Financiamento	316.200										
Venda Etanol Hidratado		281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600	281.600
Venda Batata-Doce		445.946	445.946	445.946	445.946	445.946	445.946	445.946	445.946	445.946	445.946
Venda de Silagem		118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800	118.800
Total de Entradas	632.400	846.346	846.346	846.346	846.346	846.346	846.346	846.346	846.346	846.346	846.346
SAIDAS (R\$)											
Parcela do Financiamento		31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620
Juros do Financiamento		6.324	5.692	5.059	4.427	3.794	3.162	2.530	1.897	1.265	1.265
Devolução do Capital Próprio		31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620	31.620
Custos de Produção Etanol		264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000	264.000
Custos de Produção Agrícola		24.253	24.253	24.253	24.253	24.253	24.253	24.253	24.253	24.253	24.253
Custos Frete Etanol		59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400	59.400
Custos Frete Batata-Doce		53.004	53.004	53.004	53.004	53.004	53.004	53.004	53.004	53.004	53.004
Instalações	156.500										
Equipamentos	375.900										
Total de Saídas (R\$)	532.400	470.221	469.588	468.956	468.323	467.691	467.059	466.426	465.794	465.161	465.161
LUCRO (R\$)											
Lucro Bruto	100.000	558.093	558.093	558.093	558.093	558.093	558.093	558.093	558.093	558.093	558.093
Depreciação		41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503	41.503
Lucro Tributável		334.623	335.255	335.888	336.520	337.152	337.785	338.417	339.050	339.682	339.682
Impostos		83.656	83.814	83.972	84.130	84.288	84.446	84.604	84.762	84.921	84.921
LUCRO LÍQUIDO (R\$)		250.967	251.441	251.916	252.390	252.864	253.339	253.813	254.287	254.762	254.762
Impostos (8%)		20.077	20.115	20.153	20.191	20.229	20.267	20.305	20.343	20.381	20.381
Fluxo de Caixa	-316.200	272.392	272.829	273.265	273.701	274.138	274.574	275.010	275.447	275.883	275.883
Fluxo de Caixa Acumulado	-316.200	-43.808	229.021	502.286	775.987	1.050.125	1.324.699	1.599.709	1.875.156	2.151.039	2.426.922

Apêndice 2 Fluxo de caixa esquemático para Cenário 3 – Preço de venda etanol R\$ 1,28L⁻¹ – Preço Silagem R\$ 40 t⁻¹.