

**Modelo Matemático Para
Tomada de Decisões no Processo
Produtivo e de Esmagamento da
Soja**

por

Eurides Luís Ruchs

Dissertação de Mestrado

Ijuí, RS – Brasil

2010.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

DeFEM – DEPARTAMENTO DE FÍSICA, ESTATÍSTICA E MATEMÁTICA

DeTEC – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

**Modelo Matemático Para
Tomada de Decisões no
Processo Produtivo e de
Esmagamento da Soja**

por

Eurides Luís Ruchs

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul- UNIJUÍ, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Modelagem Matemática.

Ijuí, RS – Brasil

2010.

UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
DeFEM – DEPARTAMENTO DE FÍSICA, ESTATÍSTICA E MATEMÁTICA
DeTEC – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assina e aprova a Dissertação

Modelo Matemático Para Tomada de Decisões no Processo Produtivo e de Esmagamento da Soja

elaborada por

Eurides Luís Ruchs

Como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Modelagem
Matemática

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Gideon Villar Leandro (Orientador) – UFPR-PR

Prof. Dr. Pedro Augusto Pereira Borges – UNIJUÍ-RS

Prof. Dr. Gilmar de Oliveira Veloso – IFC-SC

Ijuí, RS, 30 de Abril de 2010.

*Aos meu pais, Ermindo e Clarinda,
meus grandes mestres na escola da vida.
Que revestiram minha existência de amor, carinho e
dedicação, abriram as portas do meu futuro, iluminando-o
com a luz mais brilhante que puderam encontrar: o Estudo.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela oportunidade de crescer e com isso poder colaborar para o crescimento de outros que serão beneficiados na medida em que colocarem na prática os conhecimentos adquiridos.

Á FAMÍLIA, à esposa Cleide e a filha Natalia pelo apoio, carinho, compreensão e interesse demonstrado ao longo da minha caminhada educativa, muitos foram os momentos de convívio sacrificios em bem-estar do estudo, para que assim pudesse chegar onde hoje me encontro.

AOS PROFESSORES do Mestrado em Modelagem Matemática, pelo conhecimento transmitido, ajuda nos momentos de necessidade e pelas amizades formadas.

AO ORIENTADOR professor Dr. Gideon Villar Leandro pelo incentivo, dedicação e sábia competência, não mensurou esforços na realização desta pesquisa científica.

A SECRETÁRIA Geni pela sua generosidade e presteza nos seus atendimentos.

AOS MEUS AMIGOS e colegas, sempre prontos para dar seu valioso apoio e colaboração nas dúvidas surgidas.

Toda a nossa vida moderna está como
que impregnada de Matemática. Interfere
nos atos cotidianos e nas construções do homem e
não só nas atividades artísticas como também na nossa vida
moral, sofrem benéfica influência da ciência dos Números.

Paul Montel

RESUMO

A soja é um dos produtos agrícolas mais produzidos no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor mundial e cerca de 250 mil produtores rurais vivem da renda gerada por este cereal. Por ser o complexo soja um importante Commodities Agrícola, se faz necessário uma análise mais realista do seu processo produtivo até se tornar óleo. Embora o processo de extração de óleo de soja seja considerado uma atividade industrial rentável, é necessária que a indústria esmagadora realize uma análise da composição dos grãos, do custo de aquisição e da produção e as respectivas produtividades. Uma forma de análise é através de modelos que simulam sua atividade financeira. Dentre as possíveis formas de análise a modelagem matemática atualmente é uma das mais empregadas. Sendo assim, neste trabalho é desenvolvido um modelo matemático baseado na cultivar e na qualidade da soja, utilizando-se do ferramental matemático da pesquisa operacional, para maximizar o lucro do produtor rural e da indústria processadora, tendo como foco de interesse os produtores de soja e as indústrias processadoras da região Oeste de Santa Catarina, que produzem óleo, farelo e casca. Com os dados, o modelo matemático faz a indicação de quais cultivares os produtores deverão plantar para obter maior rendimento de grãos, bem como, quais as cultivares que possuem maior produtividade de óleo para a indústria esmagadora. O trabalho mostra a importância da escolha destes, tanto para o plantio quanto para o processamento. As combinações de cultivares que apresentam maior produtividade são as mais interessantes para o plantio. Os resultados comprovam que a escolha da cultivar influencia diretamente nos lucros gerados, tanto para comercialização da soja como para o esmagamento da mesma.

Palavras-chave: Maximizar. Cultivar. Qualidade. Rentabilidade.

ABSTRACT

Mathematical Model for Taking of Decisions in the Productive Process of Soybean Crushing

The soybean is one of the agricultural products more produced in the world. Brazil is the second world-wide producer and about 250 thousands agricultural producers live from the income generated by this cereal. For being the complex soybean an important Agricultural Commodity, it is necessary a more realistic analysis of its productive process until becoming oil. Although the process of soybean oil extraction is considered an income-producing industrial activity, it is necessary that the crushing industry realizes an analysis of the composition of the grains, the cost of acquisition and the production and the respective productivities. An analysis way is through models that simulate its financial activity. Amongst the possible ways of analysis the mathematical modeling currently is one of the most used. So, in this work a mathematical model is developed, based in the quality and the specie of planted soybean using the mathematical tool of the operational research, to maximize the profit of the agricultural producer and the processing or crushing industry having as focus of interest the producers of soybean and the processing industries in the West region in Santa Catarina that produce oil, bran and rind. Based in the data the mathematical model makes the indication of which species the producers should plant in order to get greater income of grains, as well as which species possess greater oil productivity for the crushing industry. The work shows the importance of the choice of these, as much for the plantation as for the processing. The combinations of species that present greater productivity are the most interesting for the plantation. The results prove that the choice of the species influences directly in the generated profits, as much for the commercialization of soybean as for its crushing.

Key-words: To maximize, To cultivate, Quality, Profitability.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS	xiii
INTRODUÇÃO	1
1 A SOJA	6
1.1 A Soja no Brasil	9
1.1.1 A Soja em Santa Catarina	12
1.1.2 Cultivares de Soja	14
1.1.3 O Óleo de Soja	16
2 MODELO MATEMÁTICO DE APOIO À DECISÃO BASEADO NA ESCOLHA DE CULTIVARES DE SOJA E NA QUALIDADE DO GRÃO	22
2.1 Ferramental Matemático	22
2.2 Aplicação do Ferramental Matemático ao Problema	28
2.3 Elaboração do Modelo Matemático para a indústria esmagadora de soja	30
2.3.1 Receitas da indústria esmagadora	31
2.3.2 Restrições associadas á composição do grão	33

2.3.3	Restrições associadas aos subprodutos da soja	34
2.3.4	Interpretação do Modelo e das Restrições	36
2.3.5	Custos da indústria esmagadora	38
2.3.6	Modelo Proposto	41
2.4	Elaboração do Modelo Matemático para a escolha das cultivares para plantio	42
2.4.1	Receitas do produtor	45
2.4.2	Custos do produtor	46
2.4.3	Modelo proposto	46
2.4.4	Restrições associadas às áreas dos modelos	47
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS CENÁRIOS SIMULADOS COM O MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO	49
	CONCLUSÕES	59
	APÊNDICE A	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Óleo Refinado	7
Tabela 1.2	Lecitina	8
Tabela 1.3	Soja - Principais produtores mundiais - em milhões t	9
Tabela 1.4	Soja - Principais estados produtores - Brasil - mil t	11
Tabela 1.5	Soja - Área, produção e rendimento - Santa Catarina- Safras	13
Tabela 2.1	Composição do grão de soja, de seus subprodutos, resíduos e estimativa de perda	32
Tabela 2.2	Composição dos grãos relativos as nove cultivares.	32
Tabela 2.3	Peso máximo dos fatores de qualidade do grão	40
Tabela 2.4	Peso máximo dos fatores de qualidade do grão	40
Tabela 2.5	Estimativa do custo de produção da cultura da soja convencional, por hectare.	44
Tabela 2.6	As cultivares, o ciclo, o preço de compra do saco de sementes e as produtividades.	45
Tabela 3.1	Apresenta as cultivares recomendada pelos modelos e o retorno financeiro ao produtor.	51
Tabela 3.2	Apresenta o retorno financeiro para a indústria extratora levando em consideração cada cultivar.	52
Tabela 3.3	Resultado econômico para a indústria extratora levando em consideração o fator de qualidade do grão e a cultivar de soja Embrapa 48.	53

Tabela 3.4	Resultado econômico para a indústria extratora levando em consideração o fator de qualidade do grão e a cultivar de soja BRS 133.	56
Tabela 3.5	Resultado econômico para a indústria extratora levando em consideração o fator de qualidade do grão e a média das cultivares.	57

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>CONAB</i>	Companhia Nacional de Abastecimento
<i>CEPA</i>	Centro de Estudos de Safras e Mercados
<i>EPAGRI</i>	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural
<i>EMBRAPA</i>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<i>SRBT</i>	Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas
<i>a. C.</i>	Antes de Cristo
<i>ha</i>	Hectares
<i>kg</i>	Quilograma
<i>t</i>	Toneladas
<i>PO</i>	Pesquisa Operacional
<i>Max/ Min</i>	Maximiza e Minimize
<i>Z</i>	Função Objetivo - lucro produtor e indústria
$A_{m \times n}$	Matriz de restrições, cujos elementos são os coeficientes a_{ij}
c_i	Coefficiente de lucro para a variável x_j
x_j	Variável de decisão ou controle
a_{ij}	Coefficiente de variável x_i na restrição i
b_i	Valor limite da restrição i
d_j	Quantidade máxima do elemento x_j
$i = 1, 2, \dots, m$	Número de restrições ou condições impostas
$j = 1, 2, \dots, n$	Número de variáveis de decisões
<i>PL</i>	Programação Linear
<i>Poleo</i>	Preço de venda por kg do óleo
<i>Pfarelo</i>	Preço de venda por kg do farelo
<i>Pcasca</i>	Preço de venda por kg da casca
<i>Pgrao</i>	Preço de venda da saca de soja
<i>Coeff</i>	Valor do fator de qualidade do grão
x_i, o_1	umidade no óleo
x_i, o_2	óleo no óleo

x_i, o_6	cinzas no óleo
x_i, f_1	umidade no farelo
x_i, f_2	óleo no farelo
x_i, f_3	proteínas no farelo
x_i, f_4	fibras no farelo
x_i, f_6	cinzas no farelo
x_i, f_7	carboidratos no farelo
x_i, c_1	umidade na casca
x_i, c_2	óleo na casca
x_i, c_3	proteínas na casca
x_i, c_4	fibras na casca
x_i, c_6	cinzas na casca
x_i, c_7	carboidratos na casca
x_i, r_1	umidade no resíduo
x_i, r_2	óleo no resíduo
x_i, r_3	proteínas no resíduo
x_i, r_5	impurezas no resíduo
x_i, r_7	carboidratos no resíduo
x_i, p_1	perda de umidade
x_i, p_2	perda de óleo
x_i, p_3	perda de proteínas
x_i, p_4	perda de cinzas
x_i, p_5	perda de impurezas
x_i, l_2	óleo na lecitina
x_i, l_6	cinza na lecitina

b_{i1}	quantidade máxima de umidade no grão
b_{i2}	quantidade máxima de óleo no grão
b_{i3}	quantidade máxima de proteínas no grão
b_{i4}	quantidade máxima de fibras no grão
b_{i5}	quantidade máxima de impurezas no grão
b_{i6}	quantidade máxima de cinzas no grão
b_{i7}	quantidade máxima de carboidratos no grão
x_1	porcentagem de produção de óleo
x_2	porcentagem de produção de farelo
x_3	porcentagem da produção de casca
x_4	porcentagem de resíduo na produção
x_5	porcentagem de perda na produção
x_6	porcentagem de produção de lecitina
0_1	umidade no óleo
0_2	óleo no óleo
0_6	fosfato no óleo
f_1	umidade no farelo
f_2	óleo no farelo
f_3	proteínas no farelo
f_4	fibras no farelo
f_6	fosfato no farelo
f_7	carboidrato no farelo
f_8	lecitina no farelo
c_1	umidade na casca
c_2	óleo na casca
c_3	proteínas na casca
c_4	fibras na casca
c_7	carboidrato na casca
c_8	lecitina na casca

r_1	umidade no resíduo
r_2	óleo no resíduo
r_3	proteínas no resíduo
r_5	impurezas no resíduo
r_7	carboidrato no resíduo
p_1	perda de umidade
p_2	perda de óleo
p_3	perda de proteínas
p_4	perda de fibras
p_5	perda de impurezas
l_1	umidade na lecitina
l_2	óleo na lecitina
l_6	fosfato na lecitina
x_1	Área a ser plantada pela cultivar BRS 133
x_2	Área a ser plantada pela cultivar CD 215
x_3	Área a ser plantada pela cultivar Embrapa 48
x_4	Área a ser plantada pela cultivar BRS 184
x_5	Área a ser plantada pela cultivar Spring 8350
x_6	Área a ser plantada pela cultivar M-Soy 5826
x_7	Área a ser plantada pela cultivar CD 205
x_8	Área a ser plantada pela cultivar CD 206
x_9	Área a ser plantada pela cultivar BRS 214

INTRODUÇÃO

A soja de origem primata selvagem pertencente à família biológica Fabaceae, leguminosa - *Glycine Max.* Oriunda do Continente Asiático, quando domesticada e modificada, tornou-se a principal cultura mundial de produção de grãos. O maior produtor de soja do mundo são os Estados Unidos, seguido do Brasil, Argentina, China e Índia, com uma produção mundial estimada para a safra 2009/2010 de 246,07 milhões de toneladas. Atualmente o Japão é o maior consumidor da grande parte da produção mundial de soja.

A produção de soja no Brasil expandiu-se rapidamente como uma produção tipicamente agroindustrial para o abastecimento do mercado interno e de exportação, gerando divisas no mercado nacional e internacional. O Brasil é o segundo produtor e exportador mundial do grão de soja e o terceiro no consumo.

Com velocidade semelhante à da expansão do plantio, devido a sua facilidade de adaptação e cultivo, além de alta produtividade, foram criadas indústrias processadoras que transformam o grão da soja em óleo, farelo e casca. O processamento do grão gera em média 77% de farelo, 20% de óleo e 3% de cascas.

Os subprodutos derivados do grão da soja são matérias-primas importantes para diversos setores industriais, além de serem transformados em produtos alimentícios para o ser humano e animais. É considerada uma grande fonte de proteína e por suas qualidades nutricionais é considerado um dos alimentos básicos, com baixo custo e alto valor nutritivo.

O complexo soja se tornou um dos setores mais produtivos do mundo e é responsável pela formação de um atuante complexo empresarial entre propriedades agrícolas, indústrias, cooperativas e empresas prestadoras de serviços. No Brasil, cerca de 250 mil produtores rurais vivem da renda gerada por esse cereal.

Dentre os fatores responsáveis pela ascensão da soja no Brasil, além do excelente clima e a fertilidade do solo, o setor de pesquisa é destacado, pois apresenta inovações técnicas e científicas na geração de novas cultivares, com modificações genéticas, proporcionando ao produtor produzir soja de alta qualidade no grão e com maior teor de óleo para a indústria processadora.

Para que produtor e indústria tenham seus ganhos maximizados e possam se adequar às novas exigências do mercado, e por ser o complexo soja um dos setores mais importantes da economia brasileira, torna-se indispensável o planejamento estratégico como rotina do sistema produtivo.

O planejamento dos produtores de soja está condicionado à escolha das melhores cultivares para obter a maior produtividade de grãos por hectare, levando em consideração o manejo do solo. Já as indústrias esmagadoras de soja devem priorizar as cultivares que apresentam os maiores teores de óleo para otimizar sua produção.

Assim, o planejamento tanto do produtor de soja como da indústria esmagadora de soja, necessitam de uma tomada de decisão que procure conduzir ambos para uma situação futura desejada.

Dentre as possíveis formas de planejamento e análise, os modelos matemáticos são ferramentas que possibilitam ao produtor de soja e à indústria esmagadora de soja, uma melhor tomada de decisão.

Dembogurski (2003) propõem um modelo matemático para a determinação do preço da soja para trituração e obtenção do óleo com base na qualidade do grão. Considerando que os custos fixos são os mesmos para o esmagamento das diferentes cultivares, ela mostra em seu trabalho, que os custos do esmagamento podem variar de acordo com a qualidade dos grãos.

Sbardelotto (2006) propõem dois modelos matemáticos. Um modelo matemático que otimiza o processo de esmagamento da soja, analisando a

composição das cultivares, seus subprodutos, resíduos e estimativas de perdas. E a partir disso, determina a escolha ótima de cultivares a serem esmagadas. E outro modelo matemático, otimiza a renda do produtor de soja, determinando qual a melhor combinação de cultivares a ser plantada e suas respectivas áreas.

Pela importância do complexo soja e do agronegócio da soja no Brasil, este trabalho tem por finalidade contribuir com o setor, na construção de modelos matemáticos de otimização. Utilizando-se do ferramental da programação linear, que possibilite ao produtor identificar quais as cultivares que deverá plantar para maximizar sua produção, e que permita à indústria esmagadora escolher o grão que maximize sua receita.

Esse modelo matemático proposto visa mostrar ao produtor como planejar sua renda de forma a maximizá-la, a partir da escolha das cultivares de soja, a serem plantadas em sua propriedade. Para atingir esse objetivo o modelo matemático otimiza o processo produtivo da soja possibilitando prever a margem de rendimentos máximos que o produtor pode obter, e qual a melhor combinação de cultivares de soja a ser plantada dentre as restrições estabelecidas.

Para a indústria esmagadora o modelo matemático otimiza o processo de esmagamento da soja, analisando a composição das cultivares seus subprodutos, resíduos e estimativas de perda, e a qualidade da soja, o preço de comercialização da saca de soja e o preço de comercialização do óleo, farelo e casca. E a partir disso, determina a escolha ótima de cultivares a serem processadas.

Os resultados do desenvolvimento deste modelo matemático buscam mostrar que a escolha adequada das cultivares de soja, de acordo com sua composição, fator de qualidade e seu manejo, podem maximizar os lucros do produtor de soja e da indústria processadora da mesma.

Para validar a pesquisa e fazer as simulações computacionais com o modelo matemático proposto, foi realizada uma pesquisa com as cooperativas de produtores de soja da região do Oeste do Estado de Santa Catarina, na qual se

levantou quais cultivares de soja foram plantadas pelos produtores na safra 2008/09. Como: o preço de custo das sementes de cada variedade, sua produtividade por hectare, e o preço de venda da saca de soja pelo produtor, na comercialização. Na indústria esmagadora de soja, através de entrevista realizada com o departamento técnico, responsável pelo processamento, foram obtidos dados da quantidade diária de processamento de soja; os custos de produção por tonelada e o valor do preço de venda do óleo, farelo e casca.

O presente trabalho é composto por quatro capítulos, assim estruturado:

No primeiro capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os aspectos históricos da origem da soja, sua expansão e produção no mundo, no Brasil e em Santa Catarina. Mostra a importância da soja no contexto agroindustrial na produção de produtos e subprodutos alimentícios, as cultivares de soja e o processamento do grão de soja pelas indústrias em óleo, farelo e casca.

No segundo capítulo é apresentada uma abordagem sobre a importância e utilização da Pesquisa Operacional para a resolução de problemas para os produtores e as indústrias, e através do ferramental da Programação Linear, foi elaborado o Modelo Matemático proposto composto com a função objetivo e as restrições associadas ao modelo.

No terceiro capítulo são apresentadas as análises numéricas das simulações computacionais do modelo matemático, representados por cenários que otimizam o sistema produtivo do produtor de soja e da indústria processadora de soja. Estes resultados são apresentados em cinco cenários: o primeiro cenário está relacionado com o produtor, neste, o modelo matemático apresenta as cultivares recomendadas pelos modelos e o retorno financeiro. O segundo cenário apresenta o retorno financeiro para a indústria extratora, levando em consideração o tipo de cada cultivar e a média das cultivares. O terceiro e quarto cenários, apresentam o retorno financeiro para a indústria extratora, levando em consideração o fator de

qualidade do grão e as cultivares de soja Embrapa 48 e BRS 133. O quinto cenário apresenta o retorno financeiro da indústria extratora levando em consideração o fator de qualidade do grão e a média das nove cultivares analisadas.

Finalmente no quarto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas com as simulações computacionais e procura-se explicar o valor deste trabalho para o produtor de soja e a indústria processadora de esmagamento de grãos de soja.

1 A SOJA

A soja é da família das leguminosas e, pelo que tudo indica, teve sua origem no sudeste asiático, onde era cultivada há 1500 anos a.C., mas somente a partir do século XIX de nossa era passou a fazer parte do mapa da agricultura mundial. (Sobrinho, 1996)

Evidências históricas e geográficas indicam que a soja foi domesticada (modificada) no século XI a.C., no norte da China. O Vale do Rio Amarelo, berço da civilização chinesa, é provavelmente o local de origem da soja, que se expandiu de forma lenta para o Sul da China, Coréia, Japão e Sudeste da Ásia. (Soja do Brasil, 2008)

No Ocidente, a soja só chegou ao fim do século XV início do século XVI, quando as embarcações de bandeira européia alcançaram a Ásia. Mesmo assim, permaneceu como curiosidade botânica durante os quatro séculos que se seguiam. (Soja do Brasil, 2008)

Ainda de acordo com o site (Soja do Brasil, 2008), nos Estados Unidos, a primeira menção sobre a soja data de 1804. A partir de 1880 ela adquiriu importância como planta forrageira. O aumento da área destinada à produção de grãos, deu-se graças a sua alta capacidade de rendimento e a facilidade da colheita mecânica, além disso, a política governamental de restrição à produção de milho e algodão - a partir de 1934 - foi um grande incentivo para a expansão da produção de soja naquele país.

”A soja que hoje cultivamos é muito diferente dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtsé na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. As primeiras citações do grão aparecem no período entre 2883 e 2838 AC, quando a soja era considerada um grão sagrado, ao lado do arroz, do trigo, da cevada e do milheto. Um dos primeiros registros do grão está no livro ”Pen Ts’ao Kong Mu”, que descrevia

as plantas da China ao Imperador Sheng-Nung. Para alguns autores, as referências à soja são ainda mais antigas, remetendo ao "Livro de Odes", publicado em chinês arcaico e, também, às inscrições em bronze." (Embrapa, 2008)

Esta leguminosa é um dos produtos agrícolas mais comercializados no mundo, provavelmente devido as suas diversas formas de consumo, que se estendem desde a alimentação humana e animal, até a indústria farmacêutica e siderúrgica. Essa diversidade é possível porque as indústrias de processamento de soja produzem subprodutos, farelo e óleo, que se constituem em importante matéria-prima para diversos setores industriais. (Sbardelotto, 2006)

Vários foram os fatores que contribuíram para que a soja se estabelecesse como importante cultura, dentre eles podem-se destacar a utilização do farelo de soja na fabricação de ração para animais e a substituição das gorduras animais (banha e manteiga) por óleos vegetais. No uso industrial, o grão de soja é utilizado na confecção de farelo para alimentação animal. O subproduto desse processo é o óleo cru. Do óleo cru são produzidos o óleo refinado e a lecitina de soja. Abaixo estão os principais usos do óleo refinado e a lecitina.

Tabela 1.1: Óleo Refinado

Uso Comestível	Uso Técnico
	Ingredientes para Calefação
Manufatura	Óleo Refugado
Antibióticos	Desinfetantes
Óleo de Cozinha	Isolação Elétrica
Margarina	Inseticidas
Produtos Farmacêuticos	Fundos de Linóleo
Temperos para Salada	Tecidos para Impressão
Óleo para Salada	Tintas para Impressão
Pasta para Sanduíche	Revestimentos
Gordura Vegetal	Plastificadores
Produtos Medicinais	Massa para Vidraceiro
	Sabão
	Cimento à Prova de Água

Tabela 1.2: Lecitina

Uso Comestível	Uso Técnico
	Agente Antiespumante
	Fabricação de Espuma
Agente Emulsificante	Fabricação de Álcool
Produtos de Padaria	Agente Dispersante
Produção de Balas	Fabricação de Tintas
Agente Ativo de Superfície	Inseticidas
Revestimento de Chocolate	Fabricação Umidificante
Produtos Farmacêuticos	Cosméticos
Nutrição	Pigmentos
Uso Médico	Substituto do Leite para Bezerros
Uso Doméstico	Metais em Pó
Agente Contra Salpiqueiro	Têxteis
Fabricação de Margarina	Produtos Químicos
Agente Estabilizador	Agente Estabilizante
Gorduras	Emulsões
	Agente Antiderrapante
	Gasolina

Fonte: Embrapa, 2008.

No mercado internacional, os países que mais consomem soja são, pela ordem, os Estados Unidos, a China, a Argentina e o Brasil. Os maiores exportadores foram os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina. Nas previsões das futuras safras o Brasil e os Estados Unidos deverão exportar quantidades assemelhadas e a Argentina ficará em terceiro. Os maiores importadores são a China, a União Européia, o Japão e o México. Cepa-Epagri-SC (2008)

Ainda de acordo com Cepa-Epagri-SC (2008), da safra 2003/04 para a safra 2007/08 o crescimento mundial de produção foi de 17%, o do Brasil esteve pouco acima de 20%, o da Argentina foi o maior de 40%, os Estados Unidos só cresceram 5% e a China decresceu em relação à safra passada e deverá aumentar muito pouco na próxima. Os Estados Unidos tiveram maior crescimento na safra 2008/09 em torno de 11% e o Brasil decresceu em torno de 4,57 %, conforme tabela a seguir.

Tabela 1.3: Soja - Principais produtores mundiais - em milhões t

País	2003/04	2007/08	2008/09
Estados Unidos	66,08	72,86	80,75
Brasil	50,50	60,22	57,47
Argentina	33,00	47,00	32,00
China	15,40	14,00	15,50
Outros	20,60	27,05	25,15
Total	186,30	221,13	210,87

Fonte: Safras & Mercado, 2010.

O Brasil é o maior exportador de soja em grãos do mundo, tendo também participações no farelo e óleo de soja. O quadro de oferta e demanda mostra que o país exporta em média 40% do que produz o que demonstra a dependência em relação ao comércio exterior. Isto o torna vulnerável às incertezas da economia mundial. Nota-se que o comércio internacional é baseado fundamentalmente em crédito, o que anda escasso em função da crise financeira. Isto pode fazer com que as empresas exportadoras da oleaginosa reduzam suas compras antecipadas e façam a maior parte dos negócios à vista, deixando para comprar quando a safra estiver colhida e a oferta maior, o que pode pressionar os preços para baixo. Ainda assim, as expectativas são de estabilidade nas cotações ao longo do ano, principalmente porque, ao contrário do milho, basicamente não há outra commodity que concorra com a soja no que se refere ao teor protéico a ser usado no arraçamento. Neste sentido, mesmo que haja uma queda nos preços no início de 2009, a tendência é de alta ou manutenção dos preços médios, gerando uma boa receita para os produtores. (Conab, 2009)

1.1 A Soja no Brasil

No Brasil, a soja foi introduzida na Bahia, em 1882, pelo professor Gustavo Dutra da Escola de Agronomia da Bahia. Em 1908 em São Paulo por imigrantes japoneses, e em 1914 no Rio Grande do Sul pelo professor Craig, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi a partir daí que a soja começou a ser cultivada em larga escala. O município de Santa Rosa (RS) foi o pólo de

disseminação da cultura, que inicialmente alastrou-se pela região das Missões. Até meados de 1930, esta era a maior região produtora de soja. (Soja do Brasil, 2008)

Segundo a Fundação Cargil (1996) no Brasil, a partir do final do século XIX, e durante muitas décadas, a soja foi plantada em caráter experimental. Somente na segunda metade do século começou a ganhar projeção. Do Rio Grande do Sul, a soja se irradiou para outros estados brasileiros, inicialmente para Santa Catarina e depois para o Paraná, São Paulo, Minas Gerais e região Centro-Oeste. Atualmente, a soja é cultivada praticamente em todo o território nacional, sendo o principal produto agrícola de exportação do País.

A soja revolucionou, literalmente, os hábitos alimentares do brasileiro e foi responsável pela formação de um atuante complexo empresarial, que envolve propriedades agrícolas, indústrias, estabelecimentos comerciais, cooperativas e empresas prestadoras de serviços na área de transportes e portos, abrindo oportunidades de empregos e gerando substanciais recursos para o País, em forma de tributos e divisas. Outro mérito da expansão da soja foi a definitiva modernização e profissionalização da nossa agricultura e a conquista de novas fronteiras, possibilitando a interiorização do desenvolvimento econômico em nosso vasto território surgindo novas cidades, como: a cidade de Sapezal município brasileiro do estado do Mato Grosso com área de 13.598 km², emancipada em 1994, com uma população estimada, em 2008, de 14.254 habitantes e que foi fundada pelo sojicultor gaúcho Andre Antônio Maggi. Outra cidade importante, que cresceu com a soja a uma velocidade de 10 % ao ano, foi a cidade de Barreiras, uma cidade espécie de capital do Oeste baiano, que pulou de 8 mil para 110 mil habitantes em pouco mais de 20 anos. Barreiras têm 135.650 habitantes (IBGE, 2008) e conta com a soja em seus projetos de crescimento. (Cargil, 1996)

No mercado nacional segundo Cepa-Epagri-SC (2008), da safra 2006/07 para a safra 2007/08, a produção nacional de soja, segundo a Conab, aumentou 2,5% e aproximou-se de 60 milhões de toneladas. O comportamento por estado foi diferenciado. Mesmo no sul do Brasil houve diferenças, pois o Paraná praticamente

repetiu a safra, Santa Catarina decresceu 14,6% e o Rio Grande do Sul, 21,6%. Mato Grosso do Sul também foi atingido por problemas climáticos como o sul e diminuiu 6,6%. Minas Gerais teve uma queda menor 1,4%. Mato Grosso, o maior produtor, cresceu 15,5%; a Bahia aumentou 19,6% e o Maranhão 16,1%. Tocantins, de produção mais modesta, teve o maior crescimento, 36,8%. Como os estados do sul foram prejudicados por problemas climáticos na safra 2007/08, a comparação com a safra 2002/03, que é anterior as três safras ruins do sul, revela que, no período, quem ganhou em participação foi o Mato Grosso, subindo de 24,9% para 29,6%; a Bahia aumentou de 3% para 4,6%; o Maranhão ascendeu de 1,3% para 2,1% e o Tocantins, de 0,7% para 1,6%. Os demais estados da Tabela 1.4 tiveram pequenas variações na participação, destacando-se negativamente o Rio Grande do Sul, que no período perdeu 5,5% de participação.

Tabela 1.4: Soja - Principais estados produtores - Brasil - mil t

Estado	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
Mato Grosso	12.949,4	15.008,8	17.705,1	16.700,4	15.359,0	17.737,9
Paraná	10.971,0	10.036,5	9.541,3	9.645,6	11.915,6	11.886,6
Rio G. do Sul	9.631,1	5.559,4	2.625,8	7.776,1	9.924,6	7.776,3
Goiás	6.359,6	6.147,1	6.985,1	6.533,5	6.114,0	6.532,2
Mato G. do Sul	4.103,8	3.324,8	3.716,4	4.445,1	4.881,3	4.561,3
Bahia	1.556,2	2.218,1	2.401,2	1.991,3	2.297,2	2.747,6
Minas Gerais	2.332,5	2.659,2	3.021,6	2.482,5	2.567,9	2.531,0
São Paulo	1.735,1	1.815,2	1.684,1	1.654,6	1.437,5	1.470,2
Maranhão	654,9	924,1	997,5	1.025,1	1.084,4	1.258,5
Santa Catarina	738,5	656,7	630,0	827,5	1.104,3	943,0
Tocantins	377,7	606,6	910,6	700,4	646,5	884,4
Subtotal	51.409,8	48.956,5	50.218,7	53.782,1	57.332,3	58.329,0
Outros	607,7	836,2	1.233,3	1.245,0	1.059,5	1.514,0
Total	52.017,5	49.792,7	51.452,0	55.027,1	58.391,8	59.843,0

Fonte: Rodigheri:Conab, 2008 .

Sbardelotto (2006) apud Figueiredo (2003) relata com dados empíricos a importância da agricultura no desenvolvimento de um país, bem como ocorreu o desenvolvimento da região Centro-Oeste do Brasil, em especial o Estado do Mato-Grosso. Enfocando o sistema produtivo da soja e suas influências no desenvolvimento do Estado, como a cultura da soja se destaca como importante compradora e fornecedora de insumos, estimulando um elevado efeito multiplicador de renda, produção de emprego e na economia.

Segundo Rodigheri (2009) a produção mundial de soja, segundo as previsões, deverá crescer 15% na safra 2009/10 em relação à anterior. Todos os grandes produtores deverão colher mais, a exceção da China que terá pequeno decréscimo. Destaca-se o aumento previsto para a Argentina, que, na verdade, trata-se de uma recuperação das perdas da última safra, devido às adversidades climáticas, que foram mais severas lá do que no sul do Brasil. Nesta safra, segundo as previsões, indicam que o Brasil colherá cerca de 67,5 milhões de toneladas de grãos de soja.

1.1.1 A Soja em Santa Catarina

A soja foi introduzida, em Santa Catarina, por agricultores gaúchos que se deslocaram para o Oeste e Vale do Rio do Peixe - não há registros de quando se deu essa introdução. (Doldatelli, 1981)

Em 1952, a soja fez parte, pela primeira vez, da estatística de produção agrícola do Estado de Santa Catarina. Em 1954, na Estação Experimental do Rio Caçador e no Núcleo Tritícola de Curitiba, foram semeados os primeiros experimentos de cultivares de soja. Do Oeste Catarinense e Vale do Rio do Peixe, a cultura expandiu-se a partir do final da década 1960-1969. Para as regiões do Vale do Itajaí, Campos de Curitiba, Planalto de Canoinhas e, no início da década de 1970-1979, para o Noroeste do Estado. (Verneti, 1983)

Atualmente, a cultura da soja no Estado está concentrada na grande região Oeste compreendida pelos municípios de: Xanxerê, Canoinhas, Chapecó, Curitibanos e São Miguel do Oeste e Santa Catarina ocupa a décima posição na produção de soja do Brasil, conforme tabela 1.4. (Conab, 2009)

Em 2002/03, a safra foi normal e a produtividade estadual de soja chegou a 2.770 kg/ha. Na seqüência ocorreram três safras com problemas de estiagem, prejudicando rendimento (média nos três anos foi de 2.054 kg/ha) e, por conseqüência, a produção. A safra 2006/07 voltou a ser normal com produtividade levemente acima da de 2002/03, mas como entre uma e outra houve um aumento de área de 50%, a produção no período aumentou 56% (Tabela 1.5). (Rodigheri, 2008)

Na safra 2007/08, voltou a ocorrer um período de seca, mas não tão grave como anteriormente, o que fez a produtividade cair 347 kg/ha, ficando em 2.535 kg/ha e fazendo a produção reduzir 17%. Este rendimento poderá ser recuperado na próxima safra, bastando para isso que o clima se comporte como na safra 2006/07.

Tabela 1.5: Soja - Área, produção e rendimento - Santa Catarina- Safras

Discriminação	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
Produção mil t)	712,2	641,7	607,4	798,8	1.111,50	946,5
Área (mil ha)	257,1	314,5	354,7	331,6	385,7	373,4
Rend.(kg/ha)	2.770	2.041	1.712	2.409	2.882	2.535

Fonte: Rodigheri, 2008 .

Ainda segundo Rodigheri (2008), a distribuição da produção de soja no estado identifica as microrregiões de Xanxerê, Canoinhas, Chapecó e Curitibanos como as de maior área e maior produção e isto não tem se alterado nos últimos anos. O quadro da produtividade apresenta uma ordem diferente, ficando as microrregiões de Canoinhas (3.253 kg/ha) e de Xanxerê (2.965 kg/ha) acima da média estadual (2.882 kg/ha) e as demais abaixo da média, Curitibanos - 2.823 kg/ha, São Miguel do Oeste - 2.668 kg/ha, Chapecó - 2.538 kg/ha, etc.. Canoinhas tem-se mantido com a maior produtividade nos últimos anos, mas as demais microrregiões têm mudado de posição e nos anos anteriores a disposição não era a mesma mencionada que a da safra 2006/07.

Na safra 2008/09 foi plantado 385 mil hectares de soja no Estado de Santa Catarina, colhendo 993,7 mil toneladas com rendimento médio de 2.597 kg por hectare permanecendo na décima posição na produção de soja no Brasil. Já na safra 2009/10 com o aumento da área plantada e as boas condições climáticas o Estado de Santa Catarina plantou 440 mil hectares de soja e as previsões são de colher em torno de 1.188 mil toneladas com rendimento médio de aproximadamente 2.700 kg por hectare. (Safras & Mercado, 2010)

1.1.2 Cultivares de Soja

Com velocidade semelhante à expansão do plantio, foram criadas muitas cultivares de soja com características diferentes. E hoje, para o produtor escolher as cultivares de soja que pretende produzir, será necessário levar em consideração uma série de fatores como: resistência às deficiências hídricas, reação às doenças e pragas, custo, produtividade, ciclo da cultivar (tempo decorrido entre a época do plantio da cultivar e a época da colheita), altura da planta, resistência ao acamamento, deiscência das vagens, e em especial que a cultivar seja recomendada para a região onde se deseja cultivar. (Sbardelotto, 2006)

”O sucesso ou o fracasso de uma lavoura depende essencialmente da escolha do cultivar (...). Embora a recomendação deste seja feita para todo o Estado, é evidente que existem diferenças de comportamento e adaptação entre as cultivares conforme a região produtora.” (Embrapa, 1997)

Segundo os funcionários das cooperativas da região Oeste de Santa Catarina (entrevista em 10/12/2009), a escolha de cultivares é um passo importante para quem deseja aumentar a produção e reduzir custos. Fatores como clima local, sistema de produção adotado, pragas e doenças que ocorrem na região devem ser observadas antes da compra de um cultivar. Além do ciclo da cultivar, resistência a pragas e doenças, luminosidade requerida, disponibilidades de sementes devem ser consideradas antes da escolha de um cultivar. Sempre que possível se recomenda mais de um cultivar, para reduzir os riscos de perdas por pragas, doenças e intempéries da natureza.

As sementes devem ser oriundas de produtores idôneos e a cultivar deve ser inscrita no Registro Nacional de Cultivares e que seja adequada para a região.

As cooperativas da região Oeste de Santa Catarina dão a adequada assistência técnica ao plantio da soja, os produtores rurais anualmente adquirem as sementes de cultivares de soja selecionada e apropriada para a região nas cooperativas e nas casas agropecuárias, sempre observando as recomendações técnicas fornecidas. As cultivares de soja recomendadas e plantadas na grande região Oeste de Santa Catarina são: BRS 133, BRS 184, BRS 214, CD 205, CD 206, CD 215, Embrapa 48, M-soy 5826 e Spring 8350.

Ainda segundo os entrevistados, na compra de sementes, indica-se que o agricultor conheça a qualidade do produto que está adquirindo. Para isso, existem laboratórios oficiais e particulares de análise de sementes que podem prestar esse tipo de serviço, informando a germinação, as purezas físicas e varietal e a qualidade sanitária da semente.

Outra maneira de conhecer a qualidade do produto que se está adquirido é consultando os documentos que atestam a qualidade das sementes, que são o Boletim de Análise de Sementes, o Atestado de Origem Genética, o Certificado de Sementes, ou o Termo de Conformidade das sementes produzidas, que podem ser fornecidos pelo produtor ou comerciante das mesmas. Esses documentos transcrevem as informações dos resultados oficiais de análise de semente, que têm validade de seis meses, após a data de análise. Ao consultar esses documentos, o agricultor deve prestar atenção às informações referentes à germinação (%), pureza [semente pura (%), material inerte (%), outras sementes (%)]. Nesse último item, observar os índices de semente de outra espécie cultivada, de semente silvestre, de semente nociva tolerada e de semente nociva proibida.

Segundo a Embrapa (2008), as cultivares melhoradas, portadoras de genes capazes de expressar alta produtividade, ampla adaptação e boa resistência e tolerância a fatores bióticos ou abióticos adversos, representam usualmente uma das

mais significativas contribuições à eficiência do setor produtivo. O ganho genético proporcionado pelas novas cultivares ao setor produtivo tem sido muito significativo - maior que 1,38% ao ano.

No Brasil, dois sistemas de produção de sementes operam integrados nos diversos estados, o de certificação e o de fiscalização, que ofertam sementes certificadas e fiscalizadas, respectivamente. Nessas duas classes de sementes, a qualidade é garantida através de padrões mínimos de germinação, purezas físicas e varie tal e sanidade, exigidos por normas de produção e comercialização estabelecidas e controladas pelo governo.

1.1.3 O Óleo de Soja

A soja é um grão muito versátil que dá origem a produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. Na alimentação humana, a soja entra na composição de vários produtos embutidos, em chocolates, temperos para saladas, entre outros produtos. Seu uso mais conhecido, no entanto, é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto. Nesse processo, também é produzida a lecitina, um agente emulsificante (substância que faz a ligação entre a fase aquosa e oleosa dos produtos), muito usada na fabricação de salsichas, maioneses, achocolatados, entre outros produtos.

O óleo de soja é um dos subprodutos mais importantes dessa leguminosa, sua extração deixa outro subproduto, o farelo, riquíssimo em elementos nutritivos, como proteínas, fato que faz do farelo um importante componente na formulação de rações para animais.

A composição do grão da soja apresenta, em média, 40% de proteínas, 20% de lipídios (óleo), 5% de minerais e 34% de carboidratos (açúcares como glicose, frutose e sacarose, fibras e os oligossacarídeos como rafinose e estaquiose). O grão da soja não possui amido. O processamento do grão gera em média 77% de farelo, 20% de óleo e 3% de cascas. (Embrapa, 2009)

Conforme Santos (2003), o segmento de industrialização da soja é caracterizado por empresas que se diferenciam pela capacidade instalada de esmagamento e pela origem de seu capital, podendo ser nacionais ou estrangeiras. Essas empresas dividem-se em esmagadoras, integradas e comercializadoras. As empresas esmagadoras restringem suas atividades ao processamento do grão de soja, gerando farelo e óleo bruto; as integradas estão inseridas em vários mercados: óleos e derivados, rações, carnes e subproduto; as comercializadoras, como o próprio nome diz, apenas comercializam o óleo bruto, comprando e vendendo o produto nos mercados internacionais.

Ainda segundo Santos (2003), o processamento industrial da soja no Brasil teve início na década de 1950, sendo realizado por empresas nacionais de pequeno porte. A primeira unidade industrial foi a Incobrasa, localizada no Rio Grande do Sul. Em 1955, a Igol iniciou o processamento da soja, seguida pela Sanrig, em 1958. Com interesse no aumento da produção, as empresas processadoras incentivaram o cultivo da soja, distribuindo as suas sementes. Mas, com o aumento da produção de soja, empresas multinacionais instalaram-se na década de 1970, como a Sanbra, a Cargill e a Unilever. As empresas estrangeiras tinham como objetivo maior destinar os produtos processados (derivados da soja) ao mercado externo. As plantas industriais estavam localizadas no sul do país, em decorrência da disponibilidade do grão, passando a exercer influência na produção, na comercialização e na industrialização da soja. Na década de 1980, as empresas multinacionais processadoras de soja detinham alta participação no mercado interno de óleos vegetais. Visando a este mercado potencial, outras empresas nacionais processadoras de soja surgiram nesta década, entre elas a Ceval, a Sadia e a Perdigão. Atualmente, as empresas multinacionais lideram a participação na capacidade de processamento da soja no mercado brasileiro.

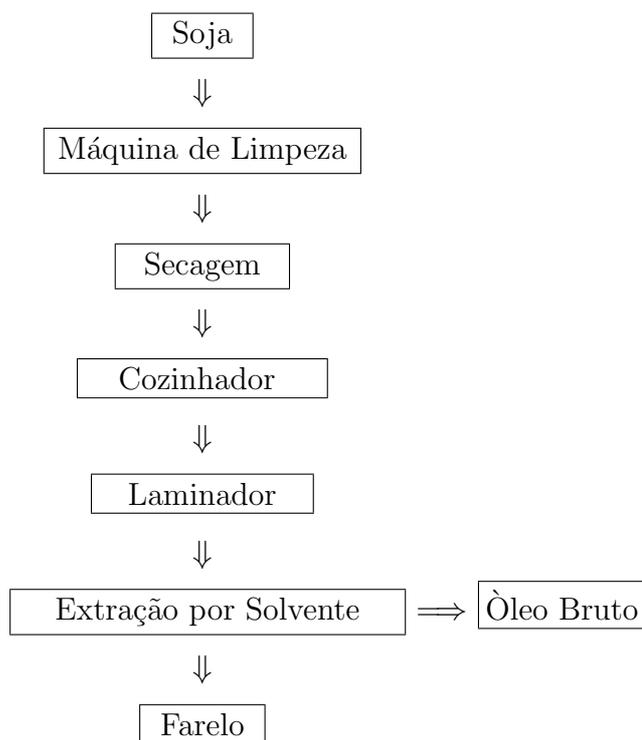
De acordo com a Portaria n. 795, de 15 de dezembro de 1993, do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária, "óleo de soja é o produto obtido por prensagem mecânica e/ou extração por solvente, dos grãos

de soja (*Glycine Max.* L Merrill), isento de misturas de outros óleos, gorduras ou outras matérias estranhas ao produto”. (Amaral, 2006)

O óleo de soja é extraído da semente de soja e é utilizado como fonte de alimento e com as novas tecnologias também pode ser usada como bicombustível. A soja (*Glycine hispida*) pertence à família das leguminosas, plantas cuja semente encontra-se dentro de vagens. A maneira de extrair o óleo é colocar suas sementes em uma prensa de alta pressão que as espremera até retirar-se todo o óleo contido nelas. A alta pressão causa variações positivas de temperatura o que torna o óleo de coloração escura e sabor forte. Após a prensa é feito o processo de clarificação e refinação para eliminar impurezas. O produto final é chamado de óleo virgem que deve estar sem a presença de partículas sólidas e corpos estranhos. Na prensa a frio, ou seja, extração a baixa pressão, não há aquecimento do óleo e o rendimento é bem inferior, em termos quantitativos, ao procedimento de alta pressão. A prensa a frio, produz um óleo de qualidade superior, mas, por motivos de altos custos, não é acessível à maior parte da população que tem certos limites financeiros e optam por outros tipos de menor qualidade, contudo de menor preço. Porém, este processo é utilizado em maior escala em óleos de oliva, pois um bom procedimento para óleo de soja é o de embeber as sementes num líquido ácido, geralmente, capaz de dissolver o óleo. A mistura de óleo e solvente é posteriormente submetida a uma série de processos para separá-los.

Em Sbardelotto (2006) apud Paula (2001), a soja que é comprada do produtor rural, passa pelo processo - fluxograma abaixo - que compreende seis etapas, e estas resultam nos produtos finais o óleo degomado e o farelo. Inicia-se o processamento com o recebimento dos grãos vindos do produtor e ocorre o descarregamento na moega. Na ”máquina de limpeza” são retiradas as impurezas da soja. Posteriormente a soja passa pela etapa da ”secagem” para reduzir sua umidade e evitar os riscos de degradação. Então, a soja é quebrada e passa pelo ”cozinhador” a uma temperatura entre 58 a 60 °C, o cozimento aumenta a plasticidade da soja para melhor êxito na ”laminação”. Nesta fase a superfície da soja é transformada em

lâminas, estas lâminas fazem com que se aumente a área de contato do produto com o solvente (Hexano). As lâminas alimentam um extrator hermético de esteira contínua, onde por irrigação de chuveiros de micelas de várias concentrações, o óleo é extraído misturado com o solvente. E finalmente na etapa de "extração por solvente" ocorre a separação entre o solvente e o óleo, através do aquecimento da mistura e evaporação do hexano que posteriormente se condensa e é reaproveitado no processo. Uma vez extraído o óleo bruto ele é vendido para refinarias. E o farelo é utilizado como um dos elementos fundamentais na produção de ração. Neste processo todo, a soja que era proveniente de diferentes cultivares, se mistura, e a composição da massa de grãos esmagada é proveniente da composição da mistura das cultivares. O fluxograma abaixo esquematiza o processo da extração do óleo de soja.



O óleo bruto de soja compõe-se de uma mistura de triglicérides (que é a forma básica do óleo de soja), ácidos graxos livres, fosfatídios, compostos oxigenados, pigmentos (caroteno, xantofilas, clorofilas), gossipol, quinomas, dicetonas, voláteis diversos e outros. Para o consumo humano, o óleo deve ser composto essencialmente

por triglicerídeos. A purificação é, então, necessária para eliminar os elementos que imputam características indesejáveis e causam rancinificação e oxidação do óleo.

Uma das etapas de refinação do óleo de soja é a degomagem, que tem o objetivo de reduzir o teor de glicerofosfatos de ácidos graxos, também chamados de gomas, presente de 1 a 3% em relação ao peso do óleo bruto. O óleo bruto, vindo de um tanque, é bombeado sob vazão controlada para uma bomba misturadora, a qual recebe em sua sucção água quente, na proporção de 2 a 4% ao óleo bruto. A mistura vai a um tanque de retenção (fechado) para permitir um tempo de mistura de 20 a 30 minutos. Com a presença da água, ocorre a hidratação das gomas, tornando-as insolúveis no óleo, sendo então separadas por meio de centrífugas e bombeadas para um tanque. As gomas extraídas (denominadas "borra") são, na maioria das vezes, adicionadas ao farelo de soja. Indústrias que possuem um maior nível tecnológico podem promover a purificação da borra e obter, assim, a lecitina, enquanto que outras empresas apenas revendem esse resíduo. (Sbrt, 2008)

Outro modo de processamento de extração de óleo de soja bruto é através da prensagem mecânica efetuada moderadamente por prensas contínuas, que são usadas para uma parcial remoção de óleo, seguido por extração com o solvente, constituindo o processo misto. De forma resumida, a extração mecânica de óleo de sementes oleaginosas compõe-se das seguintes etapas básicas:

Limpeza da matéria-prima - que consiste em retirar cascas, gravetos, folhas, sementes podres e outras impurezas que possam prejudicar a qualidade do óleo e, principalmente, pedras e pedaços de metal que possam danificar o equipamento. Este é um procedimento muito importante que irá garantir a qualidade do óleo extraído. Quanto maior for seu grau de pureza, maior será seu valor de mercado.

Cozimento - é opcional, dependendo da finalidade do óleo e do tipo de matéria-prima. Influencia no rendimento do óleo.

Prensagem - a matéria-prima pode ser introduzida manualmente ou por meio de alimentador mecânico (rosca dosadora). A introdução do material na quantidade correta, de forma contínua e constante é fator importante no rendimento do processo. Os produtos da prensagem são o óleo bruto e a torta ou farelo.

Filtração do óleo bruto - serve para separar partículas de torta em suspensão no óleo bruto. Os produtos da filtração são óleo refinado e resíduo da filtração (Sbtr, 2008).

O modelo matemático proposto apontará as diferenças na composição das cultivares de soja e indicará a escolha adequada da cultivar permitindo a maximização da produtividade da indústria esmagadora. Uma vez que os custos da saca da soja, da limpeza, secagem, armazenamento, do processo de extração de óleo e a produção do farelo de soja são os mesmos para qualquer cultivar, desde que estas estejam no mesmo padrão de qualidade. O percentual de óleo produzido pela indústria é relativo ao percentual médio da mistura das cultivares de soja adquirida dos produtores e quanto maior o teor de óleo médio nos grãos, maior será a produção e o lucro da indústria.

2 MODELO MATEMÁTICO DE APOIO À DECISÃO BASEADO NA ESCOLHA DE CULTIVARES DE SOJA E NA QUALIDADE DO GRÃO

2.1 Ferramental Matemático

Por ser o complexo soja um importante "Commoditie Agrícola", se faz necessário uma apreciação mais realista do seu processo produtivo até se tornar óleo. Uma forma de diagnóstico é através de modelos que simulam sua atividade financeira. Dentre as possíveis formas de análise a modelagem matemática atualmente é uma das mais empregadas.

"A modelagem matemática é a arte de expressar por intermédio de linguagem matemática situações-problemas de nosso meio, com o objetivo de formular, resolver e elaborar expressões que valham não apenas para uma solução particular, mas que também sirvam, posteriormente, como suporte para outras aplicações e teorias. A modelagem matemática é o processo que envolve a obtenção de um modelo." (Biembengut, 2000)

Os modelos possuem diversas vantagens, além do fato de simplificarem a representação de determinado sistema. Os modelos podem revelar relacionamentos não aparentes, bem como facilitarem a experimentação (por tentativa e erro controlado), o que não é, normalmente, viável em sistemas reais. Como a estrutura do modelo independe dos dados de operação ou instância, a análise é altamente auxiliada. Procurando satisfazer os requisitos de qualidade, modelos quantitativos de otimização buscam alternativas de máxima produtividade e, alguns deles, determinam automaticamente preços de máxima competitividade. (Golbarg, 2000)

As técnicas e algoritmos que serão abordadas no presente trabalho destinam-se a estruturar e a solucionar os modelos quantitativos que são expressos matematicamente. Neste ramo do conhecimento humano, destaca-se a Pesquisa Operacional (PO), teoria que agrega diversas técnicas consagradas da modelagem

matemática. Os modelos de PO são estruturados de forma lógica e amparados no ferramental matemático de representação, objetivando claramente a determinação das melhores condições de funcionamento para os sistemas representados. Os principais modelos de PO são denominados de Programação Matemática e constituem uma das mais importantes variedades dos modelos quantitativos. Programação aqui entendida como planejamento dos produtores de soja e das indústrias processadoras, contudo, a Programação Matemática irá implicar na programação computacional, uma vez que o número de variáveis de decisão e restrições é enorme na prática. Isso será levado em conta pela modelagem e pelas técnicas de solução empregadas. O campo de Programação Matemática é enorme e suas técnicas consagraram-se em face à sua grande utilidade na solução de problemas de otimização. (Golbarg , 2000)

Em virtude de várias peculiaridades inerentes aos diversos contextos de programação (planejamento), os modelos de solução sofreram especializações e particularizações. O processo de modelagem matemática, em si, pouco varia, contudo as técnicas de solução acabaram agrupadas em várias subáreas como: Programação Linear; Programação Não-linear; Programação Inteira e Otimização Combinatória; Simulação e Inteligência Artificial. Num modelo de otimização, trabalha-se diretamente com o objetivo de maximização ou minimização avaliado por uma função objetivo com variáveis que representam as atividades de produção. Como a produção esta constantemente sujeita às restrições de fatores de produção com a matéria-prima, as máquinas ou a mão-de-obra qualificada, a meta do decisor é escolher a melhor combinação dentro dessas restrições para otimizar a produção. Constitui-se, portanto, numa ferramenta capaz de contribuir com o gerenciamento dos processos e procedimentos operacionais, de meios para o aumento da produtividade e capacidade efetiva de produção de distintas unidades de produção. (Dembogurski, 2003)

A Pesquisa Operacional (PO) é uma abordagem científica poderosa e eficaz na resolução de problemas, muito usada nos planejamentos estratégicos

das indústrias. A decisão em se usar a PO depende da importância econômica ou estratégica da decisão, do tempo disponível para fazer a análise e da relevância e disponibilidade dos dados. A construção de modelos é a essência da PO e estes têm vários significados na literatura, um dos mais conhecidos define modelo como sendo uma representação da realidade, mas na PO um modelo é quase sempre uma representação matemática, aproximada da realidade (Wagner, 1986).

A Pesquisa operacional é um ramo da ciência administrativa que fornece instrumentos para a análise de decisões. Assim sendo, uma decisão é o resultado de um processo que se desenvolve a partir do instante em que o problema foi detectado, o que se percebe através da percepção de sintomas.

Utilização de modelos que permitem uma decisão pode ser bem mais avaliada e testada antes de ser efetivamente implementada. Vale identificar que, o imenso progresso da Pesquisa Operacional se deve, também, ao desenvolvimento dos computadores digitais, devido a sua velocidade de processamento e capacidade de armazenamento e recuperação das informações. Uma decisão apresenta elevada qualidade quando, de forma eficaz e efetiva, garante a realização dos objetivos preestabelecidos, para os quais, os meios e os recursos foram reservados.

Um estudo de Pesquisa Operacional consiste, basicamente, em construir um modelo de um sistema real existente como meio de analisar e compreender o comportamento dessa situação, com o objetivo de levá-lo a apresentar o desempenho que se deseja. O sistema real é um conjunto complexo de variáveis, de forma não muito definida. O sistema real reduzido é o núcleo do sistema existente que, primordialmente, dita o comportamento deste e que pode ser modelado, para efeito de análise, por uma estrutura simplificada. (Ybarra, 2007)

Os modelos matemáticos servem de auxílio à decisão em geral, pois retratam o sistema e procuram determinar qual a combinação de fatores que atendem o objetivo estabelecido, o qual pode ser de maximização dos lucros ou minimização dos custos. (Sbardelotto, 2006)

Em Sbardelotto (2006) apud Gibbin (2005) descreve em seu trabalho o processo de construção de modelos como um conjunto de etapas, as mesmas encontram-se descritas abaixo:

a) Definição do problema: esta é a primeira etapa do processo de construção de um modelo de tomada de decisão, sem a qual é impossível a determinação dos objetivos do estudo, mas salienta-se que durante o andamento do projeto novos objetivos podem ser adicionados, bem como os existentes modificados, para assim obter melhor suporte à decisão;

b) Formulação do modelo: nesta etapa uma questão importante é saber se o modelo é capaz de prover respostas ao problema abordado. O modelador deve ter extremo cuidado para construir a função objetivo e o conjunto de restrições para que estas sejam compatíveis com a realidade do objeto de estudo e ao mesmo tempo não englobem um conjunto excessivo de fatores, o que levaria a uma dificuldade no processamento;

c) Coleta de dados: a fase de coleta de dados é muito importante, pois a validade do modelo proposto estará diretamente ligada à qualidade e a quantidade dos dados de entrada. Mas é importante o modelador do problema ter em mente quais são os dados relevantes e quais representam tão somente desvios pontuais, de forma a se evitarem distorções nos resultados;

d) Teste do modelo: nesta fase temos três subfases distintas, primeiramente procede-se à verificação do modelo, na qual o modelo deve ser inspecionado minuciosamente para detectar possíveis erros. Nesta subfase é importante rodar o modelo de forma a se verificar a solução ótima, em seguida tem-se a validação do modelo, na qual se procede a investigação deste como ferramenta de suporte à decisão. Sendo assim, uma subfase que exige um questionamento intenso do modelador a respeito da capacidade do modelo, por último a subfase onde se realiza a análise de sensibilidade do modelo, na qual se aplicam pequenos incrementos ou decréscimos nas constantes do modelo, este procedimento é muito

útil para quantificar a variabilidade das soluções obtidas, trazendo assim uma maior confiabilidade nos resultados;

e) Uso do modelo e interpretação de resultados: é muito importante nesta fase final o modelador ter em mente que os resultados obtidos são confiáveis, capazes de suportar decisões. No entanto, cabe lembrar que estes resultados são provenientes de simplificações da realidade, por isso a interpretação dos mesmos deve ser feita cuidadosamente;

f) Tabulação dos resultados: uma vez obtido o conjunto de resultados devidamente interpretado, a partir de condições externas distintas, o modelador deve tabular as soluções ótimas para diferentes cenários.

Neste contexto, o modelo matemático pode ser utilizado pelo produtor rural para escolha da melhor cultivar de soja a ser plantada, proporcionando apontar possibilidades de maior rentabilidade, cujo manejo seja feito de forma a se obter grãos de boa qualidade. E para a indústria esmagadora de soja possibilitar a escolha das cultivares que apresentam maiores teores de óleo para obterem maior retorno financeiro, valendo-se da interpretação de simulações usando o modelo clássico, receita menos custos. Dessa forma seria possível procurar otimizar o desempenho do processo de produção de óleo de soja maximizando o lucro do produtor rural e da indústria processadora ou esmagadora, baseado na qualidade e na cultivar de soja plantada.

Para que os objetivos elencados anteriormente sejam alcançados, será utilizado o ferramental matemático da Programação Linear disponível na Pesquisa Operacional, cuja forma geral do modelo é dada a seguir:

$$\text{Max/Min} \quad Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n = \sum_{i=1}^n c_ix_i = f(x_1, \dots, x_n) \quad (2.1)$$

Sujeito a:

(restrições). Verifica-se, então, que a variável Z assume um valor min/máx dentre todas as configurações segundo o critério de otimização, em função do conjunto de restrições do problema.

”A programação linear já é um instrumento muito utilizado em análises econômicas no setor agrícola em países desenvolvidos, com modelos e proposições de soluções ótimas baseadas em dados experimentais.” (Gibbin, 2005)

2.2 Aplicação do Ferramental Matemático ao Problema

Com a modernização e a globalização da economia e a livre concorrência entre os mercados, os produtores rurais e as indústrias esmagadoras de soja ao produzirem seus produtos, não conseguem impor os preços de venda destes, sendo o mercado internacional quem os determina, e como consequência direta os lucros ficam reduzidos. Esse fator implica que tanto o produtor quanto a indústria esmagadora de soja também se enquadram neste contexto da competitividade, onde a qualidade e a produtividade se tornam metas prioritárias na busca de novos planejamentos, novas tecnologias, novas cultivar e insumos, bem como, na reorganização e otimização do sistema produtivo. (Sbardelotto, 2006)

O planejamento é uma necessidade em todos os tipos de atividades. Produtor e indústria devem se adequar as novas exigências do mercado por ser o complexo soja um dos setores mais importantes da economia brasileira, onde a produtividade e a qualidade se tornam metas, e são almejadas a cada safra para que consigam se manter no mercado competitivo por longo prazo, tornando indispensável e rotineiro o planejamento estratégico, aperfeiçoando o sistema produtivo.

Segundo Embrapa (2008) o planejamento do produtor de soja está condicionado á escolha da melhor cultivar para obter a maior produtividade de grãos por hectares, e no manejo do solo que consiste num conjunto de operações realizadas com o objetivo de proporcionar condições favoráveis à semeadura, ao

desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. Para que esses objetivos sejam atingidos, é imprescindível a adoção de diversas práticas, dando-se prioridade ao uso do sistema de plantio direto, bem como, todas as boas práticas de preparo, recuperação e conservação do solo, controle de ervas daninha e pragas com aplicação correta dos insumos, fertilizantes e defensivos agrícolas, bem como no cuidado especial na colheita e no armazenamento. Por outro lado, as indústrias esmagadoras de soja devem priorizar no seu planejamento as cultivares que apresentam maiores teores de óleo a fim de proporcionar uma produção com elevada quantidade e com qualidade para que possam competir no mercado interno e externo, maximizando os lucros.

O planejamento do produtor de soja como o da indústria esmagadora de soja necessitam de uma tomada de decisão que possa conduzir ambos para uma situação futura desejada. Para isto, os modelos matemáticos são ferramentas que possibilitam tanto ao produtor de soja, como à indústria esmagadora de soja, tomar a melhor decisão, baseados em uma abordagem científica poderosa e eficaz na resolução de problemas, muito usada nos planejamentos estratégicos.

Sendo assim, neste trabalho são desenvolvidos modelos matemáticos, utilizando-se do ferramental matemático da pesquisa operacional, para ser utilizado na tarefa de maximizar o lucro do produtor rural e da indústria processadora ou esmagadora simultaneamente baseada na qualidade e na cultivar de soja plantada. O modelo matemático é obtido utilizando-se a Programação Linear, sendo desenvolvido nos softwares Matlab 7.4 e Lingo 7.0, levando-se em consideração as cultivares de soja e o seu manejo, tendo como foco de interesse os produtores de soja e as indústrias processadoras de soja que produzem óleo, farelo e casca da região Oeste de Santa Catarina. Embasados nos dados coletados o modelo matemático fará a indicação de quais cultivares os produtores deverão plantar de modo a obter maior rendimento de grãos, bem como quais as cultivares que possuem maior produtividade de óleo para a indústria esmagadora. Caso exista diferença de cultivares para o produtor

e a indústria esmagadora, será procurada uma solução, se possível, que satisfaça simultaneamente as duas partes.

O modelo tem por finalidade auxiliar os gerenciadores da indústria esmagadora e o produtor de soja da região Oeste de Santa Catarina no processo de tomada de decisão. A indústria que é a principal compradora de soja da região esmaga diariamente cerca de 700 toneladas de soja para a produção de óleo, farelo e casca. Sabendo que o complexo soja possui seus preços determinados internacionalmente em moeda americana (dólar), no presente trabalho será adotada a moeda nacional, para facilitar a correlação entre os lucros obtidos pela indústria esmagadora e o produtor de soja.

2.3 Elaboração do Modelo Matemático para a indústria esmagadora de soja

Com a crescente globalização da economia no mercado nacional e internacional aumentou-se a competitividade entre o agronegócio. Obrigando os gerenciadores das indústrias processadoras de esmagamento de soja a analisarem seus sistemas produtivos, buscando novas formas de otimização, de maneira a reduzir os custos, uma vez que os preços são determinados pelo mercado.

O modelo matemático, ora proposto, visa auxiliar a indústria nas análises do sistema produtivo na tomada da melhor decisão para não incorrerem situações de risco e incerteza, onde qualquer decisão mal elaborada pode acarretar sérios prejuízos. Geralmente, o processo decisório é constituído por uma gama de alternativas, e a análise de cada uma em particular pode tornar o processo muito vagaroso. Por isso que os desenvolvimentos de modelos matemáticos tenham tamanha importância, pois os modelos de otimização apontam decisões ótimas, a serem tomadas de forma que as indústrias extratoras atinjam os objetivos planejados.

No referido estudo, é usado um modelo matemático que descreve um sistema linear cujo objetivo é a obtenção de uma previsão de lucro operacional na extração de uma tonelada de grãos. O lucro da indústria esmagadora de soja é proveniente da função lucro, clássica na literatura: $L = R - C$, onde L é o lucro obtido, R representa a receita e C representa os custos.

Conforme estudos já realizados, a umidade e a impureza são os fatores que influenciam diretamente na quantidade da produção. Já a qualidade do produto final, óleo bruto, depende diretamente dos indicadores de grãos esverdeados, avariados e quebrados. Esses fatores, interligados entre si, são decisivos para uma eficiente e econômica extração.

2.3.1 Receitas da indústria esmagadora

As receitas da indústria esmagadora dos grãos de soja são provenientes da somatória das vendas dos produtos: óleo, farelo e casca. No modelo proposto a receita será obtida como a seguir:

Receita = preço do óleo x quantidade produzida + preço do farelo x quantidade produzida + preço da casca x quantidade produzida.

No modelo proposto, a função objetivo e as restrições são formadas pelos principais elementos que compõem o grão de soja. Segundo Dembogurski (2003), a tabela a seguir apresenta estes elementos.

Sendo um dos objetivos deste trabalho, mostrar as diferenças na composição das cultivares de soja, será necessário analisar tabelas semelhantes à tabela 2.1 para cada cultivar.

Tabela 2.1: Composição do grão de soja, de seus subprodutos, resíduos e estimativa de perda

Composição Relativa (%)	Soja (A)	Óleo (B)	Farelo (C)	Casca (D)	Resíduo (E)	Perda (F)	Lecitina (G)
Umidade (1)	12,50	0,15	12,50	7,25	11,00	60,00	0,00
Óleo (2)	19,50	99,70	2,00	0,77	0,90	10,00	24,20
Proteínas (3)	36,60	0,00	47,00	8,88	20,00	10,00	0,00
Fibras (4)	5,50	0,00	3,92	34,88	0,00	10,00	0,00
Impurezas (5)	0,20	0,00	0,00	0,00	30,00	10,00	0,00
Cinzas (6)	1,00	0,15	0,80	0,72	0,00	0,00	75,80
Carboidratos(7)	24,70	0,00	33,78	51,78	20,00	0,00	0,00
Produção Final(8)	100 %	18,13%	70,74%	2,81%	0,00%	7,84%	0,48%

Fonte:Dembogurski, 2003 .

A Tabela 2.2 apresenta os resultados das análises feitas com as amostras das nove cultivares de soja, mais plantadas na região, e da composição média destas. Pode-se observar que os valores são diferentes entre as cultivares, e que na linha cinco, linha correspondente às impurezas, os valores apresentados são nulos, isso ocorre porque as análises foram feitas com amostras provenientes de sementes e estas já passaram por um processo de limpeza diferentemente dos grãos advindos da lavoura que apresentam certo grau de impurezas.

Tabela 2.2: Composição dos grãos relativos as nove cultivares.

Composição Relativa (%)	CD 205	CD 206	CD 215	Spring 8350	M-Soy 5826	Embr-apa48	BRS 133	BRS 184	BRS 214	Mé-dia
Umidade (1)	10,6	11,2	10,2	11,3	10	10	10	10,6	11,2	10,7
Óleo (2)	20,9	21,4	22,5	22,6	22,7	22,1	22,9	22,5	21	22,1
Proteínas(3)	37,5	38,4	38	37,5	37,8	37,1	36,6	37,7	38,2	37,6
Fibras (4)	4	3,8	3,1	3,4	3,8	4	3,6	3,8	4,2	3,7
Impurezas(5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cinzas (6)	5,1	4,2	4,7	4,3	4,9	4,5	4,5	4,4	4,6	4,6
Carbo-idratos(7)	21,9	21	21,5	20,9	20,8	21,5	22,4	21	20,8	21,3

Fonte:Sbardelotto, 2006.

Com estas informações foi possível elaborar a receita (R) do modelo matemático proposto, procurando combinar a qualidade do grão e a quantidade máxima produzida.

$$\begin{aligned} \text{Max } \{R = & \text{ Poleo}(x_i0_1 + x_i0_2 + x_i0_6) + \text{Pfarelo}(x_if_1 + x_if_2 + x_if_3 + x_if_4 \\ & + x_if_6 + x_if_7) + \text{Pcasca}(x_ic_1 + x_ic_2 + x_ic_3 + x_ic_4 + x_ic_6 + x_ic_7)\} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Para $i \in \mathfrak{S} = 1, 2, \dots, 10$

Onde cada valor de $i=1,2,\dots,9$ representa uma cultivar e $i= 10$ representa a composição média das nove cultivares.

Os coeficientes da função objetivo são: Poleo - preço de venda por kg de óleo degomado, Pfarelo - preço de venda por kg de farelo, Pcasca - preço de venda por kg de casca, Pgrão - custo da saca de soja + custo da limpeza + custo da secagem + custo de armazenamento + processo de extração.

2.3.2 Restrições associadas á composição do grão

Restrição da disponibilidade de umidade:

$$x_i0_1 + x_if_1 + x_ic_1 + x_ir_1 + x_ip_1 + 0 \leq b_{i1}; \quad (2.5)$$

Restrição da disponibilidade de óleo:

$$x_i0_2 + x_if_2 + x_ic_2 + x_ir_2 + x_ip_2 + x_il_2 \leq b_{i2}; \quad (2.6)$$

Restrição da disponibilidade de proteínas:

$$0 + x_if_3 + x_ic_3 + x_ir_3 + x_ip_3 + 0 \leq b_{i3}; \quad (2.7)$$

Restrição da disponibilidade de fibras:

$$0 + x_i f_4 + x_i c_4 + 0 + x_i p_4 + 0 \leq b_{i4}; \quad (2.8)$$

Restrição da disponibilidade de impurezas:

$$0 + 0 + 0 + x_i r_5 + x_i p_5 + 0 \leq b_{i5}; \quad (2.9)$$

Restrição da disponibilidade de cinzas:

$$x_i o_6 + x_i f_6 + x_i c_6 + 0 + 0 + x_i l_6 \leq b_{i6}; \quad (2.10)$$

Restrição da disponibilidade de carboidratos:

$$0 + x_i f_7 + x_i c_7 + x_i r_7 + 0 + 0 + \leq b_{i7}; \quad (2.11)$$

2.3.3 Restrições associadas aos subprodutos da soja

Restrições para o óleo.

$$x_i o_1 \leq 0,0015(x_i o_1 + x_i o_2 + x_i o_6); \quad (2.12)$$

$$x_i o_2 \leq 0,997(x_i o_1 + x_i o_2 + x_i o_6); \quad (2.13)$$

$$x_i o_6 \leq 0,0015(x_i o_1 + x_i o_2 + x_i o_6); \quad (2.14)$$

$$x_i o_1 + x_i o_2 + x_i o_6 \leq 0,915b_{i2}; \quad (2.15)$$

Restrições para o farelo.

$$x_i f_1 \leq 0,125(x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7); \quad (2.16)$$

$$x_i f_2 \leq 0,02(x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7); \quad (2.17)$$

$$x_i f_3 \leq 0,47(x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7); \quad (2.18)$$

$$x_i f_4 \leq 0,0392(x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7); \quad (2.19)$$

$$x_i f_6 \leq 0,008(x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7); \quad (2.20)$$

$$x_i f_7 \leq 0,3378(x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7); \quad (2.21)$$

$$x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7 \leq (89,35 - 0,915b_{i2}); \quad (2.22)$$

Restrições para a casca.

$$x_i c_1 \leq 0,0725(x_i c_1 + x_1 c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7); \quad (2.23)$$

$$x_1 c_2 \leq 0,0077(x_i c_1 + x_1 c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7); \quad (2.24)$$

$$x_i c_3 \leq 0,0888(x_i c_1 + x_1 c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7); \quad (2.25)$$

$$x_i c_4 \leq or \leq 0,3488(x_i c_1 + x_1 c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7); \quad (2.26)$$

$$x_i c_6 \leq 0,0072(x_i c_1 + x_1 c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7); \quad (2.27)$$

$$x_i c_7 \leq 0,5178(x_i c_1 + x_1 c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7); \quad (2.28)$$

$$x_i c_1 + x_1 c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7 \leq 2,81 \quad (2.29)$$

As variáveis que serão determinadas pelo modelo são: $x_i o_1$ - umidade no óleo; $x_i o_2$ - óleo no óleo; $x_i o_6$ - cinzas no óleo; $x_i f_1$ - umidade no farelo; $x_i f_2$ - óleo no farelo; $x_i f_3$ - proteínas no farelo; $x_i f_4$ - fibras no farelo; $x_i f_6$ - cinzas no farelo; $x_i f_7$ - carboidratos no farelo; $x_i c_1$ - umidade na casca; $x_i c_2$ - óleo na casca; $x_i c_3$ - proteínas na casca; $x_i c_4$ - fibras na casca; $x_i c_6$ - cinzas na casca; $x_i c_7$ - carboidratos na casca; $x_i r_1$ - umidade no resíduo; $x_i r_2$ - óleo no resíduo; $x_i r_3$ - proteínas no resíduo; $x_i r_5$ - impurezas no resíduo; $x_i r_7$ - carboidratos no resíduo; $x_i p_1$ - perda de

umidade; $x_i p_2$ - perda de óleo; $x_i p_3$ - perda de proteínas; $x_i p_4$ - perda de cinzas; $x_i p_5$ - perda de impurezas; $x_i l_2$ - óleo na lecitina e $x_i l_6$ - cinza na lecitina.

Os valores limites das restrições são: b_{i1} - quantidade máxima de umidade no grão; b_{i2} - quantidade máxima de óleo no grão; b_{i3} - quantidade máxima de proteínas no grão; b_{i4} - quantidade máxima de fibras no grão; b_{i5} - quantidade máxima de impurezas no grão; b_{i6} - quantidade máxima de cinzas no grão e b_{i7} - quantidade máxima de carboidratos no grão.

2.3.4 Interpretação do Modelo e das Restrições

A solução do modelo matemático consiste em determinar os valores das variáveis: $x_i o_1 + x_i o_2 + x_i o_6$ (quantidade de produção de óleo); $x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7$ (quantidade de produção de farelo) e $x_i c_1 + x_i c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7$ (quantidade de produção de casca) de tal forma que maximize o lucro da indústria processadora de soja.

As restrições do modelo são descritas abaixo, segundo a classificação dada por Demborguski (2003).

Restrição da umidade: se refere à quantidade de umidade presente no óleo, no farelo, na casca, no resíduo e na perda. Logo:

Umidade = produção de óleo x quantidade de umidade presente no óleo ($x_i o_l$) + produção de farelo x quantidade de umidade presente no farelo ($x_i f_l$) + produção de casca x quantidade de umidade presente na casca ($x_i c_l$) - resíduo x quantidade de umidade presente no resíduo ($x_i r_l$) + perda x quantidade de umidade presente na perda ($x_i p_l$) \leq porcentagem de produção x quantidade de umidade presente no grão de soja.

Restrição do óleo: se refere à quantidade de óleo presente no óleo, no farelo, na casca, no resíduo, na perda e na lecitina. Logo:

Óleo = produção de óleo x quantidade de óleo presente no óleo ($x_i o_2$) + produção de farelo x quantidade de óleo presente no farelo ($x_i f_2$) + produção de casca x quantidade de óleo presente na casca ($x_i c_2$) - resíduo x quantidade de óleo presente no resíduo ($x_i r_2$) + perda x quantidade de óleo presente na perda ($x_i p_2$) + produção de lecitina x quantidade de óleo presente na lecitina ($x_i l_2$) \leq porcentagem de produção x quantidade de óleo presente no grão de soja. Restrição das proteínas: se refere à quantidade de proteínas presente no farelo, na casca, no resíduo e na perda. Logo:

Proteínas = produção de farelo x quantidade de proteínas presente no farelo ($x_i f_3$) + produção de casca x quantidade de proteínas presente na casca ($x_i c_3$) - resíduo x quantidade de proteínas presente no resíduo ($x_i r_3$) + perda x quantidade de proteínas presente na perda ($x_i p_3$) \leq porcentagem de produção x quantidade de proteínas presente no grão de soja.

Restrição das fibras: se refere à quantidade de fibras presente no farelo, na casca e na perda. Logo:

Fibras = produção de farelo x quantidade de fibras presente no farelo ($x_i f_4$) + produção de casca x quantidade de fibras presente na casca ($x_i c_4$) + perda x quantidade de fibras presente na perda ($x_i p_4$) \leq porcentagem de produção x quantidade de fibras presente no grão de soja.

Restrição das impurezas: se refere à quantidade de impurezas presente no resíduo e na perda. Logo:

Impurezas = - total de resíduos x quantidade de impurezas no resíduo ($x_i r_5$) + total de perdas x quantidade de impureza presente na perda ($x_i p_5$) \leq porcentagem de produção x quantidade de impurezas presente no grão de soja.

Restrição das cinzas: se refere à quantidade de carboidratos presente no óleo, no farelo, na casca e na lecitina. Logo:

Cinzas = produção de óleo x quantidade de cinzas presente no óleo $(x_i o_6)$ + produção de farelo x quantidade de cinzas presente no farelo $(x_i f_6)$ + produção de casca x quantidade de cinzas presente na casca $(x_i c_6)$ + produção de lecitina x quantidade de cinzas presente na lecitina $(x_i l_6) \leq$ porcentagem de produção x quantidade de cinzas presente no grão de soja.

Restrição dos carboidratos: se refere à quantidade de carboidratos presente no farelo, na casca e no resíduo. Logo:

Carboidratos = produção de farelo x quantidade de carboidratos presente no farelo $(x_i f_7)$ + produção de casca x quantidade de carboidratos presente na casca $(x_i c_7)$ - resíduo x quantidade de carboidrato presente no resíduo $(x_i r_7) \leq$ porcentagem de produção x quantidade de cinzas presente no grão de soja.

2.3.5 Custos da indústria esmagadora

Os custos do processo de esmagamento da soja para a extração do óleo somam um total de R\$ 507,63¹ por tonelada. Estes custos são considerados fixos, pois eles não variam entre a variedade de cultivares processadas, existe variação de custos se considerado a qualidade dos grãos, em umidade, chochos, ardidos, esverdeados e verdes.

1

Os grãos de soja adquiridos de produtores que tem suas lavouras mal conduzidas, devido à falta de controle eficiente de insetos e plantas daninhas, propiciam à massa de grãos uma série de alterações fisiológicas e químicas. Essas alterações provocam aumento na respiração, incremento no teor de ácidos graxos livres e elevação da temperatura na massa de grãos de soja armazenados e, conseqüentemente, elevam o custo de produção de óleo, pela indústria, pois esta necessita agregar determinados insumos durante o processo, para suprir a falta de

¹Valor médio da região em 2009.

qualidade no grão, minimizando assim, o lucro. A soja, em grão, é o principal custo de produção industrial. As indústrias podem agregar ganhos, analisando a qualidade do grão conforme o grau de umidade, de impurezas, de grãos esverdeados, avariados e quebrados. Existindo uma má qualidade do grão, elevam-se os custos da extração.

Os custos da indústria esmagadora do grão de soja são: custos com o processo de extração, como o armazenamento do grão, preparação para a extração, solvente e mão-de-obra; custos com a compra do grão de soja e insumos agregados na extração devido à insuficiência da qualidade do grão. Os insumos são os responsáveis diretamente pelas variações de custo do processo extração, determinado pelo coeficiente de qualidade, conforme grãos avariados, esverdeados e quebrados. Essa variação de custo dá-se pela necessidade de aumentar a quantidade de solvente para equilibrar a qualidade do produto, principalmente a acidez do óleo bruto. Conseqüentemente, o aumento do solvente, eleva a temperatura, provocando maior tempo no processo, gerando um maior custo no processo de extração do óleo bruto como um todo. O custo é composto por:

Custos = Compra da soja + custos de recebimento + custos de limpeza + custos de secagem + custos de esmagamento e processamento.

No modelo proposto leva-se em consideração as cultivares da soja que os produtores cultivam na região bem como as restrições da qualidade do grão, definida como: Grãos Avariados, Grãos Esverdeados e Grãos Quebrados classificados como Matérias Estranhas e/ou Impurezas, cujo conceito é definido pelas Normas de qualidade para a classificação e comercialização da soja em grão. Para entendimento dos termos designados com a qualidade da soja devem ser interpretados os seguintes conceitos:

Avariados - Grãos ou pedaços de grãos que se apresentam ardidados, brotados, imaturos, chochos, mofados ou danificados. Grãos com casca enrugada ou com alteração na cor, com desenvolvimento fisiológico completo, somente não considerado avariados se sua polpa estiver alterada.

Esverdeados - Grãos ou pedaços de grãos que apresentam coloração esverdeada na casca e na polpa, em decorrência de maturação forçada.

Quebrados - Pedaços de grãos sadios, inclusive cotilédones, que ficam retidos na peneira.

A classificação que visa determinar a qualidade da soja em grão será feita conforme os limites máximos de tolerância da tabela a seguir:

Tabela 2.3: Peso máximo dos fatores de qualidade do grão

Fator de Qualidade Padrão Básico	(%)
Grãos Avariados	8,0
Grãos Esverdeados	10,0
Grãos Quebrados	30,0

Fonte: Stábile. 2010.

Segundo Demborguski (2003) para os fatores de qualidade do grão de soja, são atribuídos pesos conforme a influência apresentada na qualidade do óleo bruto, farelo e casca. Os grãos avariados e esverdeados receberam o maior peso por serem os maiores responsáveis pela acidez do óleo. Para a elaboração dos coeficientes que determinam a qualidade do grão trabalhou-se com intervalos de percentuais presentes no grão de soja, conforme a tabela a seguir.

Tabela 2.4: Peso máximo dos fatores de qualidade do grão

Grãos Quebrados		Grãos Esverdeados		Grãos Avariados		
Conceito	Intervalo	Peso	Intervalo	Peso	Intervalo	Peso
Ótimo	10 a 15	0,33	2 a 5	0,385	0,5 a 3	0,385
Bom	15 a 20	0,315	5 a 8	0,367	3 a 4,5	0,367
Padrão		0,30		0,35		0,35
Regular	20 a 25	0,285	8 a 10	0,332	4,5 a 6,5	0,332
Ruim	25 a 30	0,27	Acima de 10	0,315	6,5 a 8	0,315

Fonte: Demborguski - 2003.

Com estas informações foi possível elaborar a receita (R) do modelo matemático proposto, procurando combinar a qualidade do grão e a quantidade máxima produzida.

2.3.6 Modelo Proposto

O presente modelo matemático desenvolvido tem por objetivo, indicar as cultivares de soja que proporcionam maior retorno financeiro à indústria esmagadora de grãos, levando em consideração as cultivares de soja e o seu manejo, com as devidas restrições.

Na interpretação das restrições, quando se trata em produção de óleo, produção do farelo e produção da casca, são as variáveis desconhecidas que, através da programação linear, busca-se um valor adequado a quantidade média de cada restrição. A solução do problema consiste em determinar as cultivares de soja para o produtor cultivar afim de o mesmo obter o lucro médio por hectares de soja plantada e determinar os valores das variáveis da: quantidade de produção de óleo, quantidade de produção de farelo e da quantidade de produção de casca, de tal forma que maximize o lucro da indústria esmagadora de soja, expressos pela função objetivo.

O modelo é desenvolvido para cada uma das nove cultivares - Tab. 2.2 e para a média, individualmente, para que os lucros obtidos possam ser comparados e analisados, e assim se proceda ao processo decisório, com a escolha das cultivares que propiciam maior valor agregado à indústria processadora de soja.

$$\begin{aligned} \text{Max } \{Z = & \text{Poleo}(x_i0_1 + x_i0_2 + x_i0_6) + \text{Pfarelo}(x_if_1 + x_if_2 + x_if_3 + x_if_4 \\ & + x_if_6 + x_if_7) + \text{Pcasca}(x_ic_1 + x_ic_2 + x_ic_3 + x_ic_4 + x_ic_6 + x_ic_7) \\ & - [\text{Pgrão} - (2 - \text{coef.})x * 1,02 - 1,02] - (\text{Custos})\}. \end{aligned} \quad (2.30)$$

Para $i \in \mathfrak{S} = 1, 2, \dots, 10$

Onde cada valor de $i=1,2,\dots,9$ representa uma cultivar e $i=10$ representa a composição média das nove cultivares.

Onde: Óleo Total= $x_i o_1 + x_i o_2 + x_i o_6$;

Farelo Total= $x_i f_1 + x_i f_2 + x_i f_3 + x_i f_4 + x_i f_6 + x_i f_7$;

Casca Total= $x_i c_1 + x_i c_2 + x_i c_3 + x_i c_4 + x_i c_6 + x_i c_7$;

Preço do Grão = valor da saca de soja;

Coef.= valor obtido com a qualidade do grão (avariado, esverdeado, quebrado);

2 e 1,02 = são valores para normalização do preço do grão na função objetivo;

Custos = custos do sistema produtivo da soja por hectare.

Para as simulações computacionais serão usados os preços médios de venda da região, do mês de dezembro de 2009, segundo a cotação de R\$ 1,80 por dólar. O preço da saca de soja variando em torno de R\$ 35,50 a R\$ 41,50 por saca, e os subprodutos produzidos pela indústria em torno de R\$ 2.000,00, R\$ 770,00 e R\$ 330,00 por tonelada respectivamente. Desta forma os coeficientes do modelo: Poleo, Pfarelo e Pcasca possuem os respectivos valores de R\$ 2,00, R\$ 0,77 e R\$ 0,33 por quilograma. A constante Custos agrega o valor R\$ 0,51 por quilo de soja esmagada.

2.4 Elaboração do Modelo Matemático para a escolha das cultivares para plantio

Em primeiro lugar ele precisa conhecer seus capitais disponíveis, os quais podem ser classificados em capitais fixos e variáveis como em outros setores da economia. Assim: a terra, as máquinas e os implementos, as benfeitorias, as plantações de cultura permanentes são capitais fixos, por servirem a mais de um ato de produção. Os capitais variáveis estão em movimento, sofrem transformações no decorrer do processo produtivo, como: aplicação de herbicidas, quando aplicadas elas

desaparecem, mas logo apresentam seus efeitos e valor junto à plantação. Também as sementes, os fertilizantes e todos os agroquímicos são capitais variáveis.

O valor dos capitais variáveis deve ser compensado totalmente pelo produtor, enquanto que o valor dos capitais fixos deve ser recuperado ao longo de tempo em várias frações.

Em segundo lugar, quando o produtor fizer a estimativa dos custos do processo produtivo da plantação da soja para apurar sua lucratividade, é necessário levar em consideração os custos diretos e indiretos, assim classificados: Custos diretos são ocasionados pela produção como: as sementes, adubos, fertilizantes e defensivos agrícolas, horas máquinas de plantio, colheita e de venda, mão-de-obra, seguro da produção, assistência técnica e despesas gerais. Os custos indiretos ocorrem independentemente de se estar produzindo ou não, que são a manutenção e depreciação das máquinas e benfeitorias, sistematização e correção do solo, seguros, custo de oportunidade da terra e do capital e custos da mão-de-obra familiar e administrativos.

Neste trabalho será adotada a estimativa de custos da produção da cultura de soja na região oeste do estado de Santa Catarina, apresentada na tabela a seguir, feita anualmente pela Embrapa Soja.

Tabela 2.5: Estimativa do custo de produção da cultura da soja convencional, por hectare.

Geral	Quantidade	Custo fixo	Custo variável	Custo total
Calcário	2,50 t	0,00	43,16	43,16
Semente	55,00 kg	0,00	88,00	88,00
Fungicida (TM)	0,25ℓ	0,00	7,60	7,60
Micronutrientes	0,10ℓ	0,00	14,08	14,08
Inoculante	0,10 ℓ	0,00	1,62	1,62
Adubo	0,30 ℓ	0,00	478,50	47 8,50
Herbicida Dessecação	3,00 ℓ	0,00	48,45	48,45
Herbicida POS 1,2	0,57 ℓ	0,00	62,91	62,91
Fungicida 1, 2,3	1,10 ℓ	0,00	113,26	113,26
Inseticida 1, 2,3	0,73 ℓ	0,00	24,74	24,74
Espalhante adesivo	0,50 ℓ	0,00	2,44	2,44
Custos insumos (A)	-	0,00	884,73	884,73
Correção Solo	0,075 h/maq	6,12	2,40	8,52
Plantio/adubação	0,75 h/maq	26,55	24,02	50,57
Herbicida	0,90 h/maq	26,32	28,83	55,15
Inseticida	0,90 h/maq	26,32	28,83	55,15
Fungicida HM	0,90 h/maq	26,32	28,83	55,15
Transporte	-	0,00	43,46	43,46
Análise do Solo	-	0,00	0,23	0,23
Custos máquinas(B)	Operações	111,63	156,59	268,22
Mão-de-obra	-	-	54,04	54,04
Assistência Técnica	2,00	-	19,95	19,95
Serviços colheita	6,00 %	-	130,38	130,38
Secagem e limpeza	-	-	95,40	95,40
CESRR Funrural	2,30 %	-	49,98	49,98
Seguro/PROAGRO	2,90 %	-	28,93	28,93
Juros Custeio	6,75 %	-	33,67	33,67
Benfeitorias	-	27,53	-	27,53
Fundo Capital	1,00 %	-	21,73	21,73
Custo mão-de-obra(C)	Benfeitoria	27,53	434,08	461,61
Custo util. Terra (D)				165,29
Custo Tot.(A+B+C+D)				R\$ 1.779,85

Fonte: Embrapa Soja. Londrina.PR,2009

Os modelos relacionados à renda do produtor rural, proveniente da safra de soja, são similares, e têm como influência o custo da semente e as produtividades das nove cultivares analisadas.

Para as cultivares foi realizado um levantamento junto às cooperativas da região onde foi escolhido as nove cultivares de soja sendo estas as mais cultivadas pelos produtores, levando em consideração o ciclo e a produtividade de cada cultivar, conforme tabela a seguir.

Tabela 2.6: As cultivares, o ciclo, o preço de compra do saco de sementes e as produtividades.

Cultivares	Ciclo	Preço/sc/40kg	Produtividade
CD 205	Médio	R\$ 56,00	34,09 sc/ha
CD 206	Semiprecoce	R\$ 52,60	55,32 sc/ha
CD 215	Precoce	R\$ 63,00	53,57 sc/ha
Spring 8350	Precoce	R\$ 62,00	50,60 sc/ha
M-soy 5826	Precoce	R\$ 56,50	39,26 sc/ha
Embrapa 48	Semiprecoce	R\$ 57,00	57,73 sc/ha
BRS 133	Semiprecoce	R\$ 57,00	47,93 sc/ha
BRS 184	Semiprecoce	R\$ 57,00	49,92 sc/ha
BRS 214	Semiprecoce	R\$ 64,50	50,14 sc/ha

2.4.1 Receitas do produtor

As receitas dos produtores de soja consistem num planejamento de sistema de produção bem elaborado, visando almejar uma maior produtividade de grãos com o menor custo possível. Para isto o produtor tem que priorizar um manejo correto do solo. Escolher uma cultivar que venha produzir maior quantidade de grãos por hectare e de alta qualidade na composição do grão de soja. Estar sempre atento no controle de pragas e erva daninha. Colher o produto com qualidade e seco, evitando o excesso de umidade, armazenando em lugar seguro e aproveitando o melhor preço de venda na ora da comercialização.

2.4.2 Custos do produtor

As despesas que o produtor tem com o plantio de um hectare de cultivar de soja são: o custo de produção, decorrentes das despesas com operações agrícolas; colheita; pós-colheita; insumos. Deve-se entender que cada propriedade tem seu custo de produção individual. O mercado agrícola mostrou que os custos de produção e a análise de lucratividade de um determinado produto agrícola são fundamentais para sua viabilidade econômica

Para uma avaliação mais efetiva, consideram-se também as despesas fixas como: correção do solo, instalações, benfeitorias, equipamentos, pró-labore do proprietário, frota e transporte; as despesas financeiras: impostos, juros, assessórios contratuais, cartórios e certidões; e os serviços: análise de solo, assistência técnica, dentre outras.

2.4.3 Modelo proposto

São considerados quatro modelos para o produtor, apesar de serem semelhantes possuem diferenciais nas restrições, as quais determinam a distribuição das cultivares a serem plantadas dentre a área total informada. Nestes modelos a área da lavoura de soja é considerada em hectares, os custos em reais por hectare, e se considera necessário a quantidade de 1,4 sacos de semente para plantar um hectare. As áreas a serem plantadas por cada variedade de cultivar são as variáveis desconhecidas que serão determinadas pelos modelos, através da programação linear.

Cada modelo apontará o resultado econômico máximo proporcionado ao produtor, descrito pela função objetivo Z , e a solução das variáveis de decisão x_1 (CD205), x_2 (CD206), x_3 (CD215), x_4 (SPRING8350), x_5 (M-SOY5826), x_6 (EMBRAPA48), x_7 (BRS133), x_8 (BRS184) e x_9 (BRS214), que representam a área a ser cultivada pelas respectivas cultivares.

$$\begin{aligned}
Z = MAX = & \{(34,09P - 78,4)x_1 + (55,32P - 73,64)x_2 + (53,57P - 88,2)x_3 \\
& + (50,6P - 86,8)x_4 + (39,26P - 79,10)x_5 + (57,73P - 79,8)x_6 \\
& + (47,93P - 79,8)x_7 + (49,92P - 79,8)x_8 \\
& + (50,14P - 90,3)x_9\} - (Custos)Area \quad (2.31)
\end{aligned}$$

Onde:

P = preço da saca de soja.

Area = área total a ser plantada.

Custos = custos do sistema produtivo da soja por hectare.

2.4.4 Restrições associadas às áreas dos modelos

Ciclo médio:

$$x_1 \leq 0,333Area; \quad (2.32)$$

$$x_1 \leq 0,111Area; \quad (2.33)$$

Ciclo precoce:

$$x_3 + x_4 + x_5 \leq 0,333Area; \quad (2.34)$$

$$x_3 + x_4 + x_5 \leq 0,333Area; \quad (2.35)$$

$$x_3 + x_4 + x_5 \leq 0,5Area; \quad (2.36)$$

Ciclo semiprecoce:

$$x_2 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq 0,333Area; \quad (2.37)$$

$$x_2 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq 0,555Area; \quad (2.38)$$

$$x_2 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq 0,5Area; \quad (2.39)$$

Área:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq Area; \quad (2.40)$$

Restrições da não-negatividade:

$$1,4x_1 \geq 0; \quad (2.41)$$

$$1,4x_2 \geq 0; \quad (2.42)$$

$$1,4x_3 \geq 0; \quad (2.43)$$

$$1,4x_4 \geq 0; \quad (2.44)$$

$$1,4x_5 \geq 0; \quad (2.45)$$

$$1,4x_6 \geq 0; \quad (2.46)$$

$$1,4x_7 \geq 0; \quad (2.47)$$

$$1,4x_8 \geq 0; \quad (2.48)$$

$$1,4x_9 \geq 0; \quad (2.49)$$

Após a elaboração do modelo matemático e com os dados especificados, foram realizadas varias simulações numéricas. Essas simulações, presentes no capítulo posterior, formam cenários com as devidas análises dos melhores resultados obtidos com o modelo computacional.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS CENÁRIOS SIMULADOS COM O MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO

Neste capítulo apresentam-se as análises dos resultados obtidos com o modelo matemático das simulações computacionais, realizadas com os dados levantados durante a pesquisa, envolvendo o produtor e a indústria processadora de soja.

Estes resultados referenciam a contextualização do modelo matemático na otimização do sistema produtivo ao produtor e à indústria esmagadora de soja, e propõe mostrar a aplicabilidade do modelo por meio de simulações numéricas que descrevem o plantio e o processamento das nove cultivares, tornando-se possível observar uma gama de cenários, que mostram os resultados econômicos de agregação de valores tanto ao produtor como para a indústria ao esmagar determinado cultivar de soja. As análises dos diferentes cenários possibilitam, ao produtor e a indústria, o conhecimento de quais cultivares de soja proporcionam maior retorno financeiro.

Portanto, com os dados que serão fornecidos pelo modelo matemático, e pela análise dos cenários, o produtor de soja e a indústria processadora de grãos, terão uma ferramenta de ajuda para gerenciar adequadamente os custos necessários, antes e depois da colheita e da extração do grão, identificados pela qualidade do grão comercializado.

As simulações dos cenários analisadas no modelo matemático proposto, levam em consideração a média de percentuais da composição do grão de soja de cada cultivar que as indústrias utilizam para dar início ao processo de esmagamento. Este modelo tem por base a Tabela 2.1, citada anteriormente, onde a coluna Soja (A) da tabela é substituída pela composição de cada cultivar e pela média, e a linha de Produção Final (8), é adaptada para cada cultivar e para a média, tendo assim a formação dos diferentes cenários.

Outros fatores que o modelo matemático leva em consideração é o preço da saca de soja comércio, em reais, que o produtor recebe quando comercializa o seu produto, o custo de produção da cultura de soja por hectare e os preços que a indústria esmagadora comercializa os seus subprodutos como, óleo, farelo e casca. A conversão de reais em dólares usada no trabalho é de R\$ 1,80 para US\$ 1,00 (taxa de câmbio comercial, valor de venda, de dezembro de 2009). Para as simulações dos cenários foi usado o preço médio da saca de soja comércio, correspondente da região, que os produtores receberam no ato da comercialização do produto, do custo de produção da soja em R\$ 1.779,85 por hectare, bem como os valores que as indústrias esmagadoras da região comercializam os subprodutos da soja, respectivamente cotado em: para o óleo R\$ 2.000,00 a tonelada, ou seja, US\$ 1.111,11 a tonelada ou US\$ 1,11111 ao quilograma; o farelo R\$ 770,00 a tonelada, ou seja, US\$ 472,78 ou US\$ 0,47278 ao quilograma e a casca R\$ 330,00 a tonelada, ou seja, US\$ 183,33 ou US\$ 0,18333 ao quilograma.

Para exemplificar o levantamento de dados e a aplicabilidade do modelo matemático proposto, apresentam-se, neste capítulo, as simulações numéricas computacionais que possibilitam a análise de vários cenários que mostram os resultados das restrições relacionadas com o preço da comercialização da saca de soja pelo produtor. Pela composição do grão de soja, de seus subprodutos, resíduos e estimativa de perda, ajustado pelo coeficiente de qualidade do grão. Permitindo indicar a cultivar para o produtor a fim de obter grãos de soja de excelente qualidade e proporcionando uma receita - lucro - maior. Para a indústria esmagadora indicará a cultivar com maior teor de óleo, proporcionando um Lucro Operacional Variável com preço fixo do grão de soja e mostra que a empresa tem resultados diferentes em função da cultivar e da qualidade do grão. Também indicará o Lucro Operacional Fixo com preço variável do grão de soja, mostrando que se a empresa fixar um lucro em função da cultivar e principalmente em função da qualidade do grão de soja o preço pago ao produtor pode aumentar ou diminuir a sua Receita.

A seguir são apresentados os cenários das simulações realizadas com o modelo matemático através dos experimentos computacionais, levando em consideração o fator de qualidade do grão, a qualidade da soja, o preço de comercialização da saca de soja e o preço de comercialização do óleo, farelo e casca. Cada cenário é composto por varias simulações e os resultados analisados são os que proporcionam uma lucratividade maior tanto para o produtor como para a indústria.

Tabela 3.1: Apresenta as cultivares recomendada pelos modelos e o retorno financeiro ao produtor.

Modelo Produtor	Área (ha)	Cultivares (ha)	Preço/sc	Renda
Modelo 1	30	CD 205 (9,99) CD215 (9,99) Embrapa48 (10,02)	R\$ 41,50	R\$ 4.488,96
Modelo 2	30	CD 205 (3,33) CD215 (9,99) Embrapa48 (16,68)	R\$ 41,50	R\$ 11.013,49
Modelo 3	30	CD215 (15,00) Embrapa48 (15,00)	R\$ 41,50	R\$ 13.368,75
Modelo 4	30	Embrapa48 (30,00)	R\$ 41,50	R\$ 16.084,35

Portanto, após as análises feitas das simulações numéricas computacionais e comparando os quatro modelos direcionados ao produtor, o modelo matemático proposto, neste trabalho, dá o indicativo para o produtor ter sua maior produtividade, deverá cultivar a variedade de soja Embrapa 48 de ciclo semiprecoce para obter o lucro médio maximizado de R\$ 16.084,35. Considerando a produtividade média de esta cultivar que é de 57,73 sacas por hectares, o produtor colherá uma média de 1.731,9 sacas de soja ou 103, 9 toneladas de soja produzidas, nos 30 hectares cultivados.

Pelos resultados obtidos com o modelo, percebe-se na Tabela 3.2, que mantendo o preço da saca de soja e o custo fixo constante para as cultivares as rendas se tornam proporcionais a cada cultivar, relativos à indústria.

Tabela 3.2: Apresenta o retorno financeiro para a indústria extratora levando em consideração cada cultivar.

Cultivar	Custo fixo	Preço soja/sc	Renda/t
BRS 133	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 917,65
CD 215	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 889,81
Embrapa 48	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 882,49
BRS 184	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 878,42
Spring 8350	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 877,97
M-Soy 5826	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 877,52
CD 205	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 869,65
CD 206	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 858,29
BRS 214	R\$ 1,836	R\$ 41,50	R\$ 846,41
MÉDIA	R\$ 1.836	R\$ 41,50	R\$ 877,58

Para a indústria o modelo matemático recomenda a cultivar BRS 133 de ciclo semiprecoce com maior teor de óleo, proporcionando a indústria extratora um lucro operacional de R\$ 917,65 por tonelada processada. Assim como a indústria tem um processamento diário de 700 toneladas dia, o lucro operacional diário da indústria será de R\$ 642.355,00.

Com relação ao Lucro Operacional Fixo à indústria tem resultados diferentes em função de cada cultivar, com uma receita média de R\$ 877,58 por tonelada, e o seu Lucro Operacional Fixo médio diário de R\$ 614.306,00 por tonelada.

Segundo dados pesquisados e apresentados no capítulo 1, deste trabalho, o processamento do grão gera em média 77% de farelo, 20% de óleo e 3% de cascas. Significa que em uma tonelada de grãos de soja a indústria extratora tem uma receita de Lucro Operacional Variável de R\$ 183,73 por tonelada de óleo, R\$ 707,37 por tonelada de farelo e R\$ 27,57 por tonelada de casca. Já a receita para o Lucro Operacional Fixo a indústria extratora obterá R\$ 181,89 por tonelada de óleo, R\$ 700,30 por tonelada de farelo e R\$ 27,30 por tonelada de casca.

Tabela 3.3: Resultado econômico para a indústria extratora levando em consideração o fator de qualidade do grão e a cultivar de soja Embrapa 48.

	cenário 1	cenário 2	cenário 3	cenário 4	cenário 5
Coefficiente de Qualidade	1.10	1,049	1.00	0.915	0.90
Custo oper. da prod./sc(fixo)(R\$)	1,836	1,836	1,836	1,836	1,836
Custo oper. da prod./sc(variável)(R\$)	1,670	1,750	1,836	2,007	2,040
Custo oper. fixo para 700 t (R\$)	21.420,00	21.420,00	21.420,00	21.420,00	21.420,00
Custo oper. variável para 700 t (R\$)	19.483,34	20.419,45	21.420,00	23.409,84	23.800,01
Custo oper. fixo de comerc.do grão/sc(R\$)	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
Custo oper. variável de comerc. grão/sc(R\$)	40,00	39,45	39,00	37,80	37,50
Receita bruta /t(R\$)	1.002,80	1.002,80	1.002,80	1.002,80	1.002,80
Lucro bruto fixo /t(R\$)	322,20	322,20	322,20	322,20	322,20
Lucro bruto variável /t(R\$)	356,96	337,70	322,20	307,47	305,53
Resultado econômico fixo (%)	32,13	32,13	32,13	32,13	32,13
Resultado econômico variável(%)	33,66	32,86	32,13	31,17	30,82

Obs.: Na presente tabela e para as demais, o custo de produção é interpretado da seguinte forma:

(1) Coeficiente de Qualidade gerado pelo modelo matemático.

(2) Custo Fixo por saca para a produção, independente do coeficiente de qualidade do grão. Sabendo que o custo por tonelada é aproximadamente 17 dólares, e o custo de um dólar em reais 1,80, então se calcula o custo por saca através da seguinte fórmula: $((17 * R\$ 1,80) / 1000) * 60 = R\$ 1,836$ a saca.

(3) Custo Variável por saca para a produção, determinado pelo coeficiente de qualidade do grão, calculado pela seguinte fórmula: $[(17 * R\$1,80) / 1000] * 60$ / coeficiente de qualidade.

(4) Custo Fixo para uma produção de 700 toneladas, independente do coeficiente de qualidade: $[(700 * 1000 / 60) * 1,836]$.

(5) Custo Variável para uma produção de 700 toneladas, dependente do coeficiente de qualidade: $[(700 * 1000 / 60) * 1,670]$.

(6) Receita bruta para uma produção de 700 toneladas: Como a composição do grão é composta de 20 % óleo, 77 % farelo e 3 % casca: $[Rb = 200 * \text{preço do óleo} + 770 * \text{preço do farelo} + 30 * \text{preço da casca} / 1000]$.

(7) Lucro bruto fixo: $[700 * 1.002,80 - (700 * 1000 / 60 * 37) - \text{custo fixo} / 700]$.

(8) Lucro bruto variável: $[\text{Receita} - ((\text{preço da saca} / 60 + (2 - \text{coef}) * 1,02 - 1,02)) / 100]$.

(9) Resultado econômico fixo: Lucro bruto fixo dividido pela Receita bruta.

(10) Resultado econômico variável: Lucro bruto variável dividido pela Receita bruta.

Observa-se nesta tabela que sendo o preço de comercialização da saca de soja pelo produtor constante, o lucro bruto fixo da indústria esmagadora também é constante no valor de R\$ 322,20 por tonelada, com um lucro diário de R\$ 225.540,00 no processamento das 700 toneladas de soja. Quando o preço de comercialização da saca de soja sofre as alterações conforme o coeficiente de qualidade do grão o custo operacional variável da indústria tem variações de até 22, 1557 % e o lucro operacional variável sofre variações de até 16, 8330 % para mais ou para menos. Essas alterações entre o lucro de coeficiente de qualidade 1,00 para o lucro

operacional variável que varia de 1,00 a 1,10, significa para a indústria, que o lucro tem uma variação percentual a mais ou a menos de até 10,7883 %. Para o lucro que varia de 1,0 a 0,90, significa para a indústria, que o lucro operacional variável tem uma variação percentual a mais ou a menos de 5,1738 %. Assim, uma indústria esmagadora de soja comercializando um grão de qualidade na faixa de 1,00 à 1,10, tem um acréscimo no lucro operacional variável de até R\$ 34,76, por tonelada, o que representa um acréscimo no lucro diário de R\$ 24.332,00 para as 700 toneladas processadas. Nos cenários, 4 e 5, com coeficientes de qualidade do grão inferiores a 1,00, na faixa de 0,915 a 0,90 os percentuais do lucro operacional fixo decrescem. Isto significa que a indústria, caso não tenha um controle dessa qualidade do grão, e mantendo um preço com variações para a comercialização do grão, poderá chegar a um lucro operacional máximo ou um lucro operacional mínimo sobre a receita bruta.

Tabela 3.4: Resultado econômico para a indústria extratora levando em consideração o fator de qualidade do grão e a cultivar de soja BRS 133.

	cenário 1	cenário 2	cenário 3	cenário 4	cenário 5
Coefficiente de Qualidade	1.10	1,049	1.00	0.915	0.90
Custo oper. da prod./sc(fixo)(R\$)	1,836	1,836	1,836	1,836	1,836
Custo oper. da prod./sc(variável)(R\$)	1,670	1,750	1,836	2,007	2,040
Custo oper. fixo para 700 t (R\$)	21.420,00	21.420,00	21.420,00	21.420,00	21.420,00
Custo oper. variável para 700 t (R\$)	19.483,34	20.419,45	21.420,00	23.409,84	23.800,01
Custo oper. fixo de comerc.do grão/sc(R\$)	37,00	37,00	37,00	37,00	37,000
Custo oper. variável de comerc. grão/sc(R\$)	41,50	40,00	39,45	38,50	35,50
Receita bruta /t(R\$)	1.002,80	1.002,80	1.002,80	1.002,80	1.002,80
Lucro bruto fixo /t(R\$)	355,53	355,53	355,53	355,53	355,53
Lucro bruto variável /t(R\$)	383,30	377,13	355,53	327,68	314,70
Resultado econômico fixo (%)	35,45	35,45	35,45	35,45	35,45
Resultado econômico variável(%)	36,87	36,21	35,45	34,77	34,65

Analisando os dados das simulações computacionais da tabela acima se pode ressaltar que ao variar os valores dos coeficientes da qualidade do grão de soja, observa-se que o custo operacional fixo, a receita bruta e o resultado econômico continuam constantes, os demais variam conforme a mudança dos valores das restrições relacionadas com o modelo. As alterações ocorrem devido à variação média no preço de comercialização da saca de soja. Essas alterações podem acontecer numa proporcionalidade de até 21,7985 % por tonelada em aumentar ou diminuir o lucro operacional variável da indústria, enquanto que no resultado econômico variável essas alterações ocorrem de até 6,4069 operacional variável para a indústria no processamento das 700 toneladas por dia de soja, tem um percentual de 22,1557

% para mais ou para menos, e para o produtor de soja, tem um diferencial de 16,9014 % por saca de soja na comercialização, que pode gerar um acréscimo ou decréscimo de seu lucro.

Nos resultados a seguir foram feitas várias simulações com o modelo proposto, nas quais manteve um preço fixo e outro variado no preço da saca de soja comercializada, e o valor do coeficiente de qualidade do grão de soja, com a receita média das nove variedades de cultivares a ser plantadas numa área de 30 hectares. Pois a indústria de esmagamento de soja tem na prática o recebimento de todo tipo de cultivar, onde tudo é misturado e esmagado, sendo este o rendimento mais provável da indústria, conforme os resultados apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3.5: Resultado econômico para a indústria extratora levando em consideração o fator de qualidade do grão e a média das cultivares.

	cenário 1	cenário 2	cenário 3	cenário 4	cenário 5
Coeficiente de Qualidade	1.10	1,049	1.00	0.915	0.90
Custo oper. da prod./sc(fixo)(R\$)	1,836	1,836	1,836	1,836	1,836
Custo oper. da prod./sc(variável)(R\$)	1,670	1,750	1,836	2,007	2,040
Custo oper. fixo para 700 t (R\$)	21.420,00	21.420,00	21.420,00	21.420,00	21.420,00
Custo oper. variável para 700 t (R\$)	19.483,34	20.419,45	21.420,00	23.409,84	23.800,01
Custo oper. fixo de comerc.do grão/sc(R\$)	41,50	41,50	41,50	41,50	41,50
Custo oper. variável de comerc. grão/sc(R\$)	41,50	40,00	39,50	39,00	38,50
Receita bruta /t(R\$)	877,58	877,58	877,58	877,58	877,58
Lucro bruto fixo /t(R\$)	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53
Lucro bruto variável /t(R\$)	283,30	306,97	313,87	319,37	327,13
Resultado econômico fixo (%)	32,30	32,30	32,30	32,30	32,30
Resultado econômico variável(%)	32,28	34,98	35,76	36,39	37,28

Observando a tabela acima, nota-se que a receita média para o processamento das nove cultivares de soja é de R\$ 877,58 por tonelada esmagada, gerando uma receita média diária de R\$ 614.306,00 nas 700 toneladas processadas. Também quando o preço da comercialização da soja é constante a indústria processadora tem um lucro operacional fixo médio de R\$ 280,53 por tonelada, ou seja, nas 700 toneladas processadas ela tem um lucro médio diário de R\$ 196.371,00. Por outro lado quando é alterado o valor da saca de comercialização da soja a indústria tem um lucro médio variável de R\$ 283,30 por tonelada processada e um lucro médio variável de R\$ 19.8310,00, no processamento diário das 700 toneladas de soja.

Diante dos resultados obtidos pelo modelo matemático, podemos constatar que, quando o preço da comercialização da saca de soja é constante, a indústria tem um resultado econômico fixo médio de aproximadamente 32,30 quando tem uma variação no preço de comercialização da saca de soja, a indústria tem um resultado econômico variável de aproximadamente 15,49 % para mais ou para menos.

CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo desenvolver um aplicativo, através da Programação Linear, a fim de analisar o comportamento do preço de aquisição da saca de soja, para o processamento da extração do óleo de soja. Baseado na qualidade do grão e na cultivar de soja plantada, visando minimizar os custos na extração do óleo e maximizar o lucro do produtor de soja e da indústria processadora.

As simulações numéricas foram realizadas com variações no fator de qualidade e composição do grão, da cultivar e da produtividade de soja, do preço de comercialização da saca de soja e no custo de aquisição das sementes, das nove cultivares de soja abordadas. Essas variações permitirão antever a possibilidade de se obterem ganhos no processo da produção de soja, bem como no processo de esmagamento da soja para extração de seus subprodutos: óleo, farelo e casca. Dessa forma, indicando a melhor cultivar ao produtor com maior qualidade no grão e o melhor preço de aquisição do grão. Assim, a indústria tem condições de repassar ao produtor, como mérito, uma determinada porcentagem de ganho, baseado no coeficiente que indica a boa qualidade do grão, e melhor escolha na cultivar de soja.

Analisando os resultados dos cenários direcionados ao produtor e a indústria percebe-se que há uma grande diferença quanto as cultivares. O modelo proposto ao produtor aponta o plantio da cultivar Embrapa 48 com maior produtividade de grãos por hectares e com maior rendimento financeiro para o produtor de soja. No entanto, o modelo direcionado à indústria processadora, indica a cultivar BRS 133, proporcionando maior rendimento de óleo, farelo e casca, com acentuado retorno financeiro. Com base nestas simulações computacionais, a indústria processadora poderia pagar um preço melhor para a saca de soja ao produtor na hora da comercialização, incentivando o plantio da cultivar de soja BRS 133, que interessa a indústria. Com isso, aumentariam as receitas, tanto da indústria como do produtor, pois a indústria recebendo grande quantidade de soja e processando a cultivar que interessa, aumentará ainda mais a sua produção e o

seu faturamento. O produtor, por sua vez, também estará se dedicando com mais entusiasmo no plantio de sua lavoura, por receber um preço melhor pelo seu produto, aumentando a sua receita.

Os resultados demonstrados nas tabelas 3.3 e 3.4 indicam maiores retornos financeiros à indústria processadora para grãos com coeficiente de qualidade 1,10, tanto para os custos fixos como para os custos variáveis, ou seja, a melhor cultivar de soja que gera maior rendimento de produtos processados e a maior receita para a indústria é a cultivar de fator de qualidade ótimo. Dentre as simulações realizadas com o modelo matemático proposto, a melhor cultivar é a BRS 133, que proporciona à indústria, um rendimento econômico médio de 36,16 % por tonelada processada.

Por meio dos estudos e análises da tabela 3.5, constatou-se maiores retornos econômico à indústria extratora em relação ao preço variável, porém, como muda o fator de qualidade do grão de soja, o rendimento dos subprodutos óleo, farelo e casca torna-se de qualidade inferior, mas esse fator não é relevante para a indústria. Pois, esta deve priorizar um preço melhor ao produtor que garantirá a produção de soja de grãos com melhor qualidade possível, gerando maior produção e rendimento econômico para ambos.

Através das análises abordadas sobre as simulações computacionais realizadas com o modelo matemático, constata-se a importância da escolha da cultivar de soja para o plantio do produtor bem como para o processamento na indústria e, comprova que a escolha influencia diretamente nos lucros gerados para ambos. Baseados nas diferenças da composição dos grãos, na produtividade e no custo da aquisição das sementes das nove cultivares de soja abordadas.

Espera-se que o desenvolvimento deste modelo matemático venha contribuir tanto para os produtores como para as indústrias processadoras de soja. Como uma alternativa nos seus planejamentos estratégicos de produção, com a finalidade de apontar a melhor cultivar de soja, que venha garantir maior

produtividade com qualidade de grãos e maior rendimento de seus produtos processados, óleo, farelo e casca, como forma de maximizar a receita final do produtor de soja e da indústria processadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral L do et al (2006), 'Óleo de soja', *Dossiê Técnico. Instituto de Tecnologia do Paraná. TECPAR-PR.*
- Biembengut, S. M. (2000), *Modelagem matemática no ensino. Editora Contexto, SP.*
- Cargill, F. (1996), *Uma caminhada sem fim. Como a soja conquistou o mundo e o Brasil.*, Fundação Cargill, Campinas-SP.
- CONAB (2009), *Boletim acompanhamento da safra Brasileira.*, [ww.conab.gov.br.](http://www.conab.gov.br), acesso em 17 de jan de 2009.
- Cortarelli, O. A. . (2005), 'Cultura da soja no município de formosa do oeste paraná.', *UNIMEO / CTESOP - PR.*
- Dalpasquale, D. (2009), *Portaria nº 795. Norma de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação do óleo de soja.*, [www.engetecno.com.br.](http://www.engetecno.com.br), acesso em 15 de jan de 2009.
- Dembogurski, M. N. (2003), Determinação do preço da soja para trituração e obtenção do óleo com base na qualidade do grão. dissertação de mestrado, Master's thesis, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí -RS.
- Doldatelli, D. (1981), *Introdução e Evolução da soja no Brasil*, Seção de Divulgação. ITAL, Campinas-SP.
- EMBRAPA., . (2008), 'Tecnologias de produção de soja - região central do brasil - sistemas de produção.', *Embrapa Soja. Londrina-PR. n.12.*
- EMBRAPA., . (2009), *Soja - Soja na Alimentação.*, [www.cnpso.embrapa.br.](http://www.cnpso.embrapa.br), acesso em 16 de jan de 2009.

- Figueiredo, M. G. (2003), Agricultura e estrutura produtiva do estado do mato grosso. uma análise insumo-produto. Dissertação de Mestrado., Master's thesis, Universidade de São Paulo - USP. SP.
- Gibbin, V. R. (2005), Modelos para a escolha de cultivares em empreendimentos agrícolas de pequeno porte. Dissertação de Mestrado., Master's thesis, Universidade Estadual de Campinas-SP.
- Golbarg, M. C. and Luana, H. P. L., (2005), *Otimização Combinatória e Programação Linear - Modelos e Algoritmos.*, Rio de Janeiro, Campus - RJ.
- Harvey, M. W. (1986), *Pesquisa Operacional. Segunda Edição.*PHB. Rio de Janeiro-RJ.
- Hessann, A. L. (2009), *Hessann Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2008-2009.*, [www.cepa.epagri.sc.gov.br.](http://www.cepa.epagri.sc.gov.br), acesso em 11 de jan de 2010.
- Matos, P. M. (1987), *SOJA: A mais importante oleaginosa da agricultura moderna.*, Coleção Brasil Agrícola.ÍCONE EDITORA LTDA-SP.
- Rodigheri, A. J. (2008), 'Soja: Soja. in: Síntese anual da agricultura de santa catarina, 2007-2008.', *Instituto CEPA/ EPAGRI. Florianópolis-SC.* pp. pp.121–127.
- Rodigheri, A. J. (2009), 'Soja: Síntese anual da agricultura de santa catarina, 2008-2009. [epagri/cepa. sc.](http://epagri/cepa.sc), acesso em 11 de jan de 2010.'
- Safra, M. . (2010), 'Principais produtores de soja. [www.safra.com.br.](http://www.safra.com.br), acesso em 10 de jan de 2010.'
- Santos, A. B., Bacha, J. C., 2003. (2003), *A evolução da cultura e do Processamento industrial da soja no Brasil.*, Vol. v. 11.
- Sbardelotto, A. (2006), A modelagem matemática como ferramenta de apoio na decisão na escolha de cultivares de soja. Dissertação de Mestrado., Master's thesis,

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ,
Ijuí -RS.

SBRT (2008), 'Sistema brasileiro de respostas técnicas. Óleo de soja.
www.sbirt.ibict.br., acesso em 22 de dez de 2008.'

Sobrinho, F. A. L. . (1996), 'Soja: Origem, alimento e utilização industrial.', *Revista SADI* n. 148, p. 10.

Soja, d. B. (2008), 'Origem da soja. www.sojadobrasil.com.br., acesso em 06 de dez de 2008.'

Stábile, A. A. (2010), 'Portaria n.262. normas de qualidade para classificação e comercialização da soja em grãos. www.agricultura.gov.br., acesso em 29 de janeiro 2010.'

Verneti., J. F. (1983), *Soja. Origem da espécie, introdução e disseminação no Brasil*., Fundação Cargill, Campinas-SP.

Ybarra, L. A. Ccopa (2007a), *Introdução a Pesquisa Operacional*.,
<http://phpmetar.incubadora.fapesp.br/portal/Faculdade/PO>.,acesso em 26 de dez de 2009.

Ybarra, L. A. Ccopa. (2007b), *A Programação Linear e o Processo de Decisão*.,
<http://phpmetar.incubadora.fapesp.br/portal/Faculdade/PO>.,acesso em 27 de dez de 2009.

Apêndice A

Trabalho de iniciação científica que foi apresentado em pôster e publicado no volume 2 dos anais do XXXII CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, Cuiabá - MT, setembro de 2009.

**MODELO MATEMÁTICO PARA TOMADA DE DECISÕES NO
PROCESSO PRODUTIVO E DE ESMAGAMENTO DA SOJA**

Eurides Luís *Ruchs*¹

Gideon Villar *Leandro*²

1 2

INTRODUÇÃO

A soja é um dos produtos agrícolas mais produzidos no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor mundial e cerca de 250 mil produtores rurais vivem da renda gerada por este cereal. Por ser o complexo soja um importante Commodity Agrícola, se faz necessário uma análise mais realista do seu processo produtivo até se tornar óleo. Uma forma de análise é através de modelos que simulam sua atividade financeira. Dentre as possíveis formas de análise a modelagem matemática atualmente é uma das mais empregadas.

Os grãos de soja adquiridos de produtores que tem suas lavouras mal conduzidas, devido à falta de controle eficiente de insetos e plantas daninhas, propiciam à massa de grãos uma série de alterações fisiológicas e químicas. Essas alterações provocam aumento na respiração, incremento no teor de ácidos graxos livres e elevação da temperatura na massa de grãos de soja armazenados e, conseqüentemente, elevam o custo de produção de óleo, pela indústria, pois esta necessita agregar determinados insumos durante o processo, para suprir a falta de qualidade no grão, minimizando assim, o lucro. A soja em grão é o principal custo de produção industrial. As indústrias podem agregar ganhos, analisando a qualidade do grão conforme o grau de umidade, de impurezas, de grãos esverdeados, avariados e quebrados. Existindo uma má qualidade do grão, elevam-se os custos da extração.

¹Mestrando da UNIJUI, Curso de Mestrado em Modelagem Matemática.

²Orientador, Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR.

Sendo assim, neste trabalho é desenvolvido um modelo matemático, utilizando-se do ferramental matemático da pesquisa operacional, para ser utilizado na tarefa de maximizar o lucro do produtor rural e da indústria processadora ou esmagadora simultaneamente baseada na qualidade e na cultivar de soja plantada. O modelo matemático é obtido utilizando-se a Programação Linear, levando-se em consideração as cultivares de soja e o seu manejo, tendo como foco de interesse os produtores de soja e as indústrias processadoras de soja que produzem óleo, farelo e casca da região Oeste de Santa Catarina. Embasados nos dados coletados o modelo matemático fará a indicação de quais cultivarem os produtores deverão plantar de modo a obter maior rendimento de grãos, bem como quais as cultivares que possuem maior produtividade de óleo para a indústria esmagadora. Caso exista diferença de cultivares para o produtor e a indústria esmagadora, será procurada uma solução, se possível, que satisfaça simultaneamente as duas partes.

OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo desenvolver um aplicativo, através da Programação Linear, a fim de analisar o comportamento do preço de aquisição da saca de soja, para a trituração, baseada na qualidade do grão e na cultivar de soja plantada, visando minimizar os custos na extração do óleo de soja.

FERRAMENTAL MATEMÁTICO

Programação Linear (PL) é uma ferramenta da Pesquisa Operacional (PO) aplicada à solução de problemas que objetivam a otimização de um sistema em estudo. A otimização refere à maximização de parâmetros, tais como: nível de produção, vendas, lucro, uso efetivo de área e uso de um determinado recurso. Os modelos da PL são implementados por meio da elaboração de sistemas lineares

constituídos de um conjunto de equações e inequações que descrevem as restrições do sistema real em estudo.

O modelo geral é:

Maximizar $x = C \cdot x$

Sujeito a:

$A \cdot x \leq d$

$x \geq 0$

METODOLOGIA

As simulações numéricas são realizadas com variações na qualidade do grão e da cultivar de soja. Essas variações permitirão antever a possibilidade de se obterem ganhos no processo de extração, indicando o melhor preço de aquisição do grão. Assim, a indústria tem condições de repassar ao produtor, como mérito, uma determinada porcentagem de ganho baseado no coeficiente que indica a boa qualidade do grão e na cultivar de soja.

MODELO MATEMÁTICO

O modelo matemático é composto por uma função-objetivo e um conjunto de restrições associadas às cultivares e à composição do grão e de seus subprodutos, estimativa de perdas e resíduos.

$$\begin{aligned} \text{Max } \{Z = & \text{ Poleo}(x_i0_1 + x_i0_2 + x_i0_6) + \text{Pfarelo}(x_if_1 + x_if_2 + x_if_3 + x_if_4 \\ & + x_if_6 + x_if_7) + \text{Pcasca}(x_ic_1 + x_ic_2 + x_ic_3 + x_ic_4 + x_ic_6 + x_ic_7) \\ & - [\text{Pgrão} - (2 - \text{coef.})x * 1,02 - 1,02]\}. \end{aligned}$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos resultados obtidos, busca-se uma relação que traga benefícios simultâneos aos produtores de soja e a indústria processadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMBOGURSKI, N. M. S. S. Determinação do preço da soja para trituração e obtenção do óleo com base na qualidade do grão. 2003. 86f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. RS.

SBARDELOTTO, Adriana. A modelagem matemática como ferramenta de apoio à decisão na escolha de cultivares de soja. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - UNIJUI. RS.2006.94f.

ANDRADE, E. L. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 277p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)