

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA POLITÉCNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS - PPGEPS**

**PAULO ALÍPIO ALVES DE OLIVEIRA**

**TÉCNICAS DE PESQUISA OPERACIONAL APLICADAS NO  
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA COMO APOIO À  
TOMADA DE DECISÕES**

**CURITIBA**

**2013**

**PAULO ALIPIO ALVES DE OLIVEIRA**

**TÉCNICAS DE PESQUISA OPERACIONAL APLICADAS NO  
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA COMO APOIO À  
TOMADA DE DECISÕES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Teresinha Arns Steiner

**CURITIBA**

**2013**

**PAULO ALÍPIO ALVES DE OLIVEIRA**

**TÉCNICAS DE PESQUISA OPERACIONAL APLICADAS NO  
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA COMO APOIO À  
TOMADA DE DECISÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito à obtenção do título de mestre.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Teresinha Arns Steiner (PUCPR)  
Orientadora

---

Prof. Dr. Osiris Canciglieri Junior (PUCPR)  
Membro Interno

---

Prof. Dr. Pedro José Steiner Neto (UFPR)  
Membro Externo

CURITIBA-PR, \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE 2013

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que colaboraram pela realização desta dissertação. Em especial:

A Deus.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Teresinha Arns Steiner.

A PUCPR e aos professores do mestrado do PPGEPS.

Aos funcionários do PPGEPS.

A minha esposa, Rossana, e aos meus filhos, Paulo e Lara (meus três amores).

## RESUMO

Dentro do agronegócio brasileiro, um dos principais entraves para o planejamento e controle da produção agrícola de pequenas e médias propriedades rurais deve-se a sua complexidade e a falta de Sistemas de Apoio a Decisão (SADs) que tenham uma interface simples e amigável para auxiliar na maximização dos lucros e minimização dos custos. Como resultado, o primeiro artigo aqui apresentado evidencia a situação do agronegócio mundial, brasileiro e paranaense, levando-se em conta as *commodities* soja e milho. Destacam-se, também, a contribuição da Pesquisa Operacional, em especial da modelagem matemática para tomada de decisão e como tecnologias de gestão de informações são fundamentais para a competitividade dentro do agronegócio brasileiro e paranaense para as referidas *commodities*. O segundo artigo apresenta um modelo matemático de Programação Linear para comparar cenários de custos de produção e rentabilidade e, com isso, propõe-se um Sistema de Apoio a Decisão onde o resultado apurado entre as *commodities* soja e milho evidenciam que para a safra 2012/13, a soja convencional é a mais promissora quanto à rentabilidade. O terceiro artigo apresenta as técnicas estatísticas de Média Móvel Simples e Média Móvel Ponderada para realizar a previsão de safras futuras de soja no estado do Paraná, assim como o confronto entre os dados históricos de produção e produtividade / demanda, onde seus resultados foram satisfatórios entre previsto e realizado. Também evidenciou-se a importância da Engenharia da Produção junto ao Agronegócio para aumentar a produtividade da soja em toneladas por hectare, e da Tecnologia da Informação na geração e controle das informações para tomadas de decisão.

**Palavras-chave:** Agronegócio. Planejamento e Controle da Produção Agrícola. Sistema de Apoio a Decisão. Pesquisa Operacional. Tecnologia da Informação. Engenharia da Produção.

## ABSTRACT

Within the agribusiness, a major obstacle to planning and control of agricultural production of small and medium farms due to its complexity and lack of Decision Support Systems (DSS) that have a simple and friendly interface to assist in maximizing profits and minimizing costs. As a result, the first article presented here exemplifies the situation of global agribusiness, Brazil and Paraná, taking into account the commodities soybeans and corn. Noteworthy are also the contribution of Operational Research, particularly mathematical modeling for decision making and how information management technologies are fundamental to the competitiveness of agribusiness in Brazil and Paraná for these commodities. The second paper presents a mathematical model of linear programming scenarios to compare production costs and profitability and, therefore, proposes a Decision Support System where the net income between commodity soybeans and corn show that for the 2012 / 13, the conventional soybean is the most promising as profitability. The third article presents statistical techniques and the Simple Moving Average Weighted Moving Average to perform the prediction of future harvests soybeans in the state of Paraná, as well as the confrontation between the historical data on production and productivity / demand, where the results were satisfactory between planned and conducted. Also highlighted the importance of Production Engineering at the Agribusiness to increase soybean yield in tons per hectare, and Information Technology in the generation and control of information for decision making.

**Keywords:** Agribusiness. Planning and Control of Agricultural Production. Decision Support System. Operational Research. Information Technology. Production Engineering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Abordagem metodológica da pesquisa .....	17
Figura 2– Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida .....	19
Figura 3– Estrutura da dissertação .....	20

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção de soja – Brasil 2011/12 .....	34
Gráfico 2 – Produção de milho – Brasil 2011/12 .....	35
Gráfico 3 – Receitas – custos – rentabilidade das culturas .....	59
Gráfico 4 - Soja - Preços médios recebidos pelos produtores paranaenses 2011/12 - sc/60Kg .....	60
Gráfico 5 - Evolução da produção de soja no PR, safras 2000/01 a 2011/12, mil t... 79	
Gráfico 6 - Evolução da produtividade da soja no PR, safras 2000/01 a 2011/12..... 79	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados sobre as duas culturas analisadas (Milho e Soja Convencionais) 57	
Tabela 2 – Resultados das culturas estudadas/sugeridas .....	63
Tabela 3 - Histórico dos dados da soja, safra 2008 a 2013 .....	76
Tabela 4 - Principais países produtores de soja, safra 2008 a 2013.....	77
Tabela 5 - Principais estados produtores de soja, safra 2008 a 2013.....	77
Tabela 6 - Produção e produtividade real da soja no estado do PR .....	78
Tabela 7 - Previsão de produção e produtividade da soja no PR através da MM.....	80
Tabela 8 - Previsão de produção de soja prevista no PR através da MMP .....	81

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BM&F - Bolsa de Mercadorias e Futuros

ha – Hectare

kg - Quilograma

MS-Excel - Aplicativo Tipo Planilha Eletrônica da Microsoft

PCP - Planejamento e Controle da Produção

PCPA - Planejamento e Controle da Produção Agrícola

PIB - Produto Interno Bruto

PO - Pesquisa Operacional

SAD - Sistema de Apoio a Decisão

t - Tonelada

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO.....	12
1.2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.3. TEMA E QUESTÃO DA PESQUISA.....	14
1.4. OBJETIVOS .....	14
1.4.1. <b>Objetivo Principal</b> .....	15
1.4.2. <b>Objetivos Específicos</b> .....	15
1.5. JUSTIFICATIVA.....	15
1.6. DEFINIÇÃO DA ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	16
1.6.1. <b>Método da Pesquisa</b> .....	16
1.6.2. <b>Método de Trabalho</b> .....	18
1.6.3. <b>Etapas da Pesquisa</b> .....	19
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2. ARTIGO 1</b> .....	<b>22</b>
2.1. INTRODUÇÃO.....	24
2.2. REVISÃO DA LITERATURA .....	25
2.2.1. <b>Sistema de Produção Agrícola Flexível</b> .....	25
2.2.2. <b>Agronegócio</b> .....	26
2.2.3. <b>Oportunidades e Desafios para o Futuro do Agronegócio</b> .....	28
2.2.4. <b>Ciclo Operacional e Financeiro do Setor Agrícola</b> .....	29
2.2.5. <b>Mercado Futuro</b> .....	30
2.2.6. <b>Gestão de Custos</b> .....	31
2.2.7. <b>Agricultura Convencional</b> .....	32
2.2.8. <b>Aspectos Gerais da Soja e do Milho</b> .....	32
2.2.9. <b>Produção e Soja e Milho no Estado do Paraná</b> .....	36
2.2.10. <b>Rotação de Culturas</b> .....	38
2.2.11. <b>Sustentabilidade Agrícola</b> .....	38
2.2.12. <b>Tecnologia da Informação como Apoio à Tomada de Decisão</b> .....	39
2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
<b>3. ARTIGO 2</b> .....	<b>48</b>

3.1.	INTRODUÇÃO.....	50
3.2.	REVISÃO DA LITERATURA .....	52
3.2.1.	Programação Linear .....	52
3.3.	MODELO MATEMÁTICO AGRÍCOLA.....	54
3.3.1.	<b>Coleta de Dados.....</b>	<b>56</b>
3.3.2.	<b>Construção do Modelo Matemático .....</b>	<b>60</b>
3.3.3.	<b>Desenvolvimento de Cenários.....</b>	<b>61</b>
3.3.4.	<b>Tabulação dos Resultados .....</b>	<b>63</b>
3.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65
	ANEXOS .....	67
<b>4.</b>	<b>ARTIGO 3 .....</b>	<b>69</b>
4.1.	INTRODUÇÃO.....	71
4.2.	REVISÃO DA LITERATURA .....	72
4.2.1.	<b>Tecnologia da Informação Aplicada ao Agronegócio .....</b>	<b>72</b>
4.2.2.	<b>A Engenharia da Produção e o Agronegócio.....</b>	<b>73</b>
4.2.3.	<b>Previsão de Demanda .....</b>	<b>74</b>
4.2.4.	<b>Métodos Quantitativos de Previsão de Demanda e de Produção .....</b>	<b>74</b>
4.2.5.	<b>Média Móvel e Média Móvel Ponderada.....</b>	<b>75</b>
4.2.6.	<b>Suavização Exponencial .....</b>	<b>75</b>
4.3.	COLETA DE DADOS.....	76
4.3.1.	<b>Agronegócio Soja .....</b>	<b>76</b>
4.4.	OBTENÇÃO DOS RESULTADOS.....	78
4.4.1.	<b>Cálculo de Previsão por Média Móvel (MM) .....</b>	<b>78</b>
4.4.2.	<b>Cálculo da Previsão por Média Móvel Ponderada (MMP) .....</b>	<b>80</b>
4.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
	REFERÊNCIAS.....	82
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS DO TRABALHO.....</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil ocupa um lugar de destaque no cenário agrícola mundial como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de produtos agropecuários. O agronegócio brasileiro vem superando grandes países produtores e exportadores de produtos como soja, milho, café, açúcar, álcool e sucos de frutas. Dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011) indicam que o agronegócio brasileiro é responsável por 33% do Produto Interno Bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos no Brasil e isso, evidencia que a agricultura tem exercido papel fundamental para o equilíbrio da balança comercial brasileira.

No entanto, é importante frisar que o controle e melhoria do desempenho econômico e social do agronegócio passam, necessariamente, pelo desenvolvimento e adoção de tecnologias capazes de manter ou incrementar toda a gestão cadeia de suprimentos agrícola e seu potencial produtivo. Ao mesmo tempo, essas tecnologias devem contribuir para a promoção de uma agricultura ambientalmente sustentável.

Fatores como a extensão territorial, clima, fontes de água potável, inovação tecnológica agrícola e mão-de-obra asseguram ao Brasil posição privilegiada como um dos maiores fornecedores de alimentos no mundo com perspectivas e condições de aumento significativo de expandir de forma sustentável sua área de plantio nos próximos anos.

Como em qualquer outro tipo de negócio, o gestor de empresas voltadas para o agronegócio precisa encontrar soluções e tomar decisões, principalmente no Planejamento e Controle de Produção (PCP). Para isso, o gestor deve adotar alguns recursos tecnológicos para controlar o fornecimento de insumos e aumentar sua eficiência, diminuir os custos de produção e elevar a produtividade de suas terras e dos recursos humanos (mão-de-obra) para tornar seu sistema produtivo mais lucrativo e sustentável.

Para tanto, é fundamental o conhecimento das informações sobre custos de produção e trabalhar com estas informações para auxiliar na tomada de decisão, gerenciamento e competitividade do seu negócio. Com os avanços tecnológicos nas últimas décadas e competitividade cada vez mais acirrada, constata-se que no Brasil

o Planejamento e Controle da Produção Agrícola (PCPA) ainda se desenvolve dentro de padrões e critérios tradicionais. Grande parte das propriedades rurais realiza apenas o controle fiscal/financeiro de sua produção, não tendo interesse/conhecimento sobre aplicações gerenciais. Ou seja, observa-se que o controle para um eficiente PCP agrícola é desconhecido (ou ignorado) pelos empresários rurais, condição necessária para o planejamento e para tomadas de decisão mais acertadas entre produtividade e lucro.

Nesse contexto, a abordagem do trabalho será apresentar, além da problemática como um todo, algumas técnicas da Pesquisa Operacional (PO) que permitam prever o crescimento da demanda em relação aos produtos agrícolas, assim como realizar a tomada de decisão sobre “o que plantar” e “quanto plantar” (em termos de área) de cada produto. Visa-se, com isso, a maximização dos lucros, assim como a minimização dos custos aos produtores, através de procedimentos para a otimização no PCP da Produção Agrícola e o aumento da produtividade por hectare.

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

Uma empresa se manterá no mercado dependendo, fundamentalmente, das decisões gerenciais tomadas e embasadas em informações que promovam suas vantagens competitivas. Dentro do PCPA, os sistemas produtivos são responsáveis em grande parte pelo sucesso de uma empresa. Um sistema de produção pode ser definido como um conjunto de atividades inter-relacionadas, envolvidas na produção de bens ou serviços (MOREIRA, 2004).

Partindo dessa premissa, o presente trabalho referencia o agronegócio e, como objeto de estudo é apresentado uma análise quantitativa para a soja e milho por serem duas culturas do tipo *commodity*<sup>1</sup>. Tais culturas são de grande rotação e adoção de plantio nas propriedades rurais brasileiras e, com ênfase neste trabalho,

---

<sup>1</sup> Commodity – Palavra inglesa que significa mercadoria, mas no mercado financeiro é utilizada para indicar um tipo de produto, geralmente agrícola ou mineral, de grande importância econômica internacional porque é amplamente negociado entre importadores e exportadores. FAEP – Federação da Agricultura do Estado do Paraná (2008).

para o estado do Paraná. Vale enfatizar que a proposta aqui apresentada poderá ser facilmente adaptada para outras culturas agrícolas.

## 1.2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Com a globalização, tem havido o aumento crescente do consumo de alimentos no mundo que em parte vem dos países emergentes, e os elos das cadeias produtivas do agronegócio precisam rever com frequência seus planejamentos para tomadas de decisão. Assim, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) é de fundamental importância na gestão das empresas, principalmente para as empresas agrícolas.

Existem diversos problemas e necessidades que as empresas enfrentam para manter suas operações, desde a escassez de recursos financeiros, fluxo de caixa e de infraestrutura, até mesmo dificuldades de colocar seus produtos no mercado. Obstáculos que as empresas precisam superar para se firmarem no mercado cada vez mais competitivo. Diante disso, há a necessidade de se fazer uso de ferramentas de apoio ao PCP agrícola. Segundo Lustosa *et al.* (2008), o PCP é responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de modo a atender da melhor maneira possível aos planos estabelecidos nos níveis estratégico, tático e operacional.

Em um processo de tomada de decisão há a necessidade de se ter disponível informações para a correta análise financeira e para a tomada de decisão de “qual caminho seguir”. No presente trabalho, a abordagem será sobre qual tipo de cultura (milho e/ou soja) implementar com vistas à rentabilidade. A rapidez e acurácia das informações se fazem necessárias para que haja agilidade e eficácia no processo decisório. Em busca desse objetivo, tem-se o PCP agrícola, como meio de se obter a vantagem competitiva / inovadora pretendida em relação aos concorrentes, tanto para o mercado interno quanto externo.

Segundo Bessan *et al.* (2009), a inovação está repleta de incertezas e conjecturas e a única maneira de descobrir se uma ideia vale a pena (ou não) é desenvolvê-la. Transformar uma nova ideia em um produto, serviço ou processo

acabado é uma longa jornada, feita em meio a condições de grandes incertezas e, em geral, liderada por empreendedores.

Os processos produtivos, na sua maioria, afetam ou são afetados pelo meio ambiente e, cada vez mais, as organizações são forçadas a adotarem processos produtivos que minimizem os impactos negativos das suas atividades. Em paralelo, os agricultores buscam otimizar seus recursos – trabalho e capital, para se manterem competitivos e utilizarem técnicas de produção e ferramentas computadorizadas para aumentarem sua produtividade no menor espaço disponível de terra.

### 1.3. TEMA E QUESTÃO DA PESQUISA

Propriedades agrícolas são fundamentalmente sistemas de produção que necessitam de apoio estrutural e, cada vez mais, acesso às tecnologias e informações para a tomada de decisão. Tais decisões dizem respeito ao que e quanto plantar através de ferramentas informatizadas de fácil entendimento, operacionalização e que apresentem controle e resultados para dar suporte ao seu PCP agrícola.

Neste contexto é apresentada a seguinte questão da pesquisa: Através da aplicação de técnicas de Pesquisa Operacional, mais especificamente, através de modelos de previsão de demanda e de modelos matemáticos voltados a maximização do lucro/minimização de custos, é possível um microempresário agrícola ter respaldo para a tomada de decisão “o quê” e “quanto” produzir?

### 1.4. OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho estão discriminados a seguir em objetivo principal e específicos.

#### 1.4.1. Objetivo Principal

O presente trabalho de pesquisa tem por objetivo principal a análise da previsão de oferta agrícola, assim como a tomada de decisão “do quê” produzir e “quanto” produzir, tendo em vista o PCP como apoio à tomada de decisão agrícola.

#### 1.4.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, têm-se:

- a) apresentar a complexidade da gestão do PCP agrícola e como a Pesquisa Operacional e a Tecnologia da Informação, através de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), podem auxiliar na gestão de propriedades agrícolas direcionadas às *commodities* soja e milho e suas importâncias dentro do agronegócio paranaense;
- b) visto que a soja e o milho são as principais *commodities* do tipo grão do agronegócio paranaense, é apresentada a proposta de implementação de um modelo matemático para otimizar os recursos disponíveis de modo a minimizar os custos e maximizar a rentabilidade através da criação de múltiplos cenários para análise comparativa dos custos de produção e da rentabilidade das referidas culturas para a tomada de decisão do que e quanto plantar;
- c) apresentar como a Engenharia da Produção e a Tecnologia da Informação podem apoiar gestores agrícolas no PCP, tendo em vista as tendências do agronegócio paranaense e brasileiro para os próximos anos, e assim, se firmar como maior celeiro mundial de alimentos, buscando a maximização da produtividade por hectare.

#### 1.5. JUSTIFICATIVA

Devido à variedade crescente de projetos complexos e tecnicamente desafiadores nos dias atuais para aumento da produtividade agrícola, o agronegócio

com visão gerencial tem-se tornado crítico e, cada vez mais, necessita estar ancorado na academia e na tecnologia da informação para tomar decisões adequadas. A justificativa para a pesquisa está na importância que as informações representam para o processo de tomada de decisão dos gestores do agronegócio, principalmente gestores paranaenses, alvo deste trabalho.

Os gestores agrícolas precisam de informações objetivas (amigáveis), principalmente para planejar e controlar sua produção. Ao encontro dessa necessidade serão aplicadas técnicas da Pesquisa Operacional que é uma ciência aplicada para resolução de problemas reais, tendo como foco a tomada de decisões.

A proposta será apresentar um modelo matemático informatizado para criação de múltiplos cenários produtivos onde a principal característica está ligada às informações quantitativas do agronegócio paranaense sobre as *commodities* soja e milho, onde o produtor agrícola – muitos ligados à agricultura familiar – poderá simular cenários agrícolas de produção com características próprias do seu processo e ambiente produtivo.

Desta forma, o gestor agrícola contará com uma ferramenta de apoio ao seu negócio, e poderá realizar uma escolha inteligente e apropriada da melhor e mais adequada cultura a plantar, e sua respectiva quantidade em determinada safra, considerando decisões próprias sobre características mercadológicas, climáticas, riscos e incertezas.

## 1.6. DEFINIÇÃO DA ABORDAGEM METODOLÓGICA

### 1.6.1. Método da Pesquisa

Definido o problema da pesquisa, é necessário identificar a metodologia de pesquisa mais adequada para a realização do estudo. A definição de uma metodologia de pesquisa está relacionada com a determinação da abordagem do estudo que mais está de acordo com os objetivos e tempo disponível para a realização do trabalho (YIN, 2001). A metodologia corresponde ao conjunto de procedimentos a serem utilizados na elaboração da pesquisa.

A metodologia de pesquisa é a aplicação do método através de processos e técnicas que garantam a confiabilidade do saber obtido. No plano da metodologia científica, os métodos, procedimentos técnicos e referenciais epistemológicos são componentes inseparáveis na investigação (BARROS e LEHFELD, 2000).

Nesse trabalho são apresentados, através de um modelo matemático, os dados comparativos através de cenários das cadeias de produção da soja e do milho, onde serão realizadas análises matemáticas. Tais análises levarão em consideração os custos de produção e sua rentabilidade conforme valores pré-fixados pela Bolsa de Futuro de Chicago e, com isso, poder tomar decisões de que cultura plantar e quanto plantar nas próximas safras agrícolas.

As análises foram realizadas através de modelos matemáticos com algumas variáveis que possibilitam apresentar as tendências do mercado agrícola para a soja e milho através da utilização do *software* LINGO (*Language for Interactive General Optimizer*) – aplicativo esse de fácil utilização e licenciamento acessível.

Considerando o propósito deste trabalho, a abordagem metodológica pode ser analisada através da Figura 1.

CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA				
CLASSIFICAÇÃO	NATUREZA	ABORDAGEM DO PROBLEMA	OBJETIVOS	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS
		APLICADA	QUANTITATIVA	DESCRITIVA EXPLICATIVA

Figura 1– Abordagem metodológica da pesquisa  
Fonte: O Autor (2013)

O problema abordado possui a seguinte caracterização:

- a) sua natureza é aplicada porque tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação prática através do modelo matemático proposto, dirigido à solução de problemas e atendimento a necessidades específicas;

- b) a abordagem do problema é quantitativa, pois requer o uso de técnicas matemáticas e estatísticas para análise de informações obtidas de fontes oficiais;
- c) o objetivo é descritivo, pois visa apresentar as características de determinado fenômeno com estabelecimento de relações entre variáveis, e explicativo por ter o objetivo de identificar características da relação entre as variáveis do estudo e, com isso, explicar a ocorrência do fenômeno;
- d) quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica elaborada através de livros, artigos e conteúdos disponibilizados na internet de fontes oficiais, e experimental por haver interesse em observar a influência dos efeitos das variáveis sobre os resultados.

Martins (2000) observa que pesquisas do tipo “empírico-analíticas” caracterizam-se, principalmente, pela coleta, tratamento e análise de dados de forma predominantemente quantitativa. Segundo Lakatos e Marconi (2009), “no método quantitativo, os pesquisadores valem-se de amostras amplas e de informações numéricas [...]”.

### **1.6.2. Método de Trabalho**

A pesquisa compreende o desenvolvimento dos estudos apresentados na Figura 2.

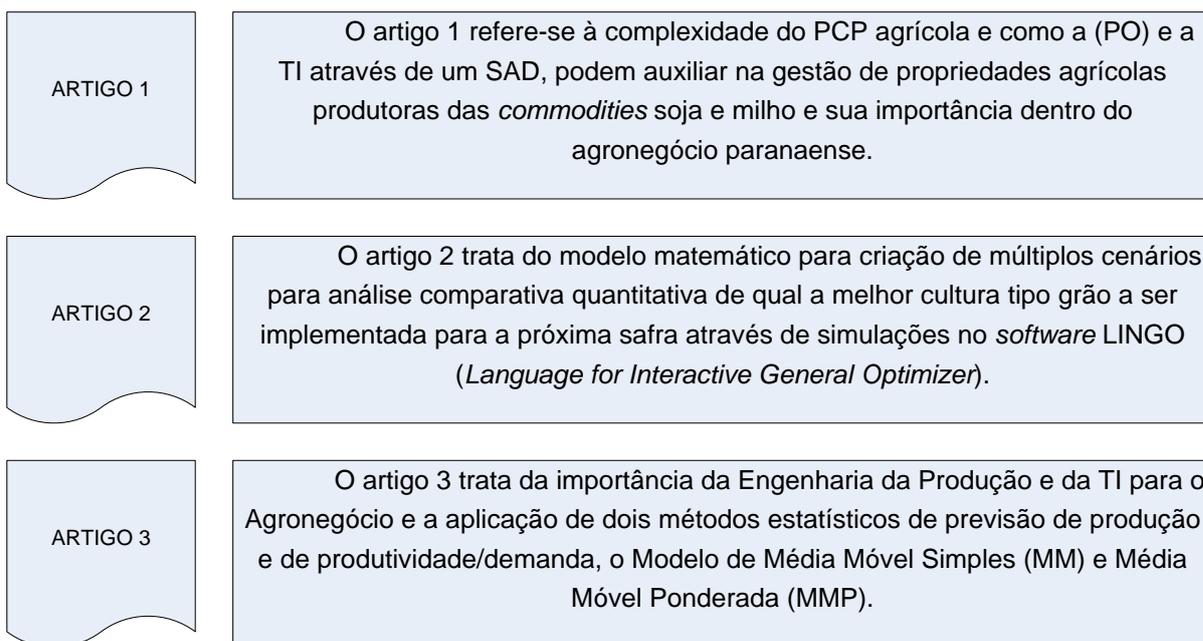


Figura 2– Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida  
Fonte: O Autor (2013)

### 1.6.3. Etapas da Pesquisa

As etapas da metodologia são apresentadas na Figura 3.

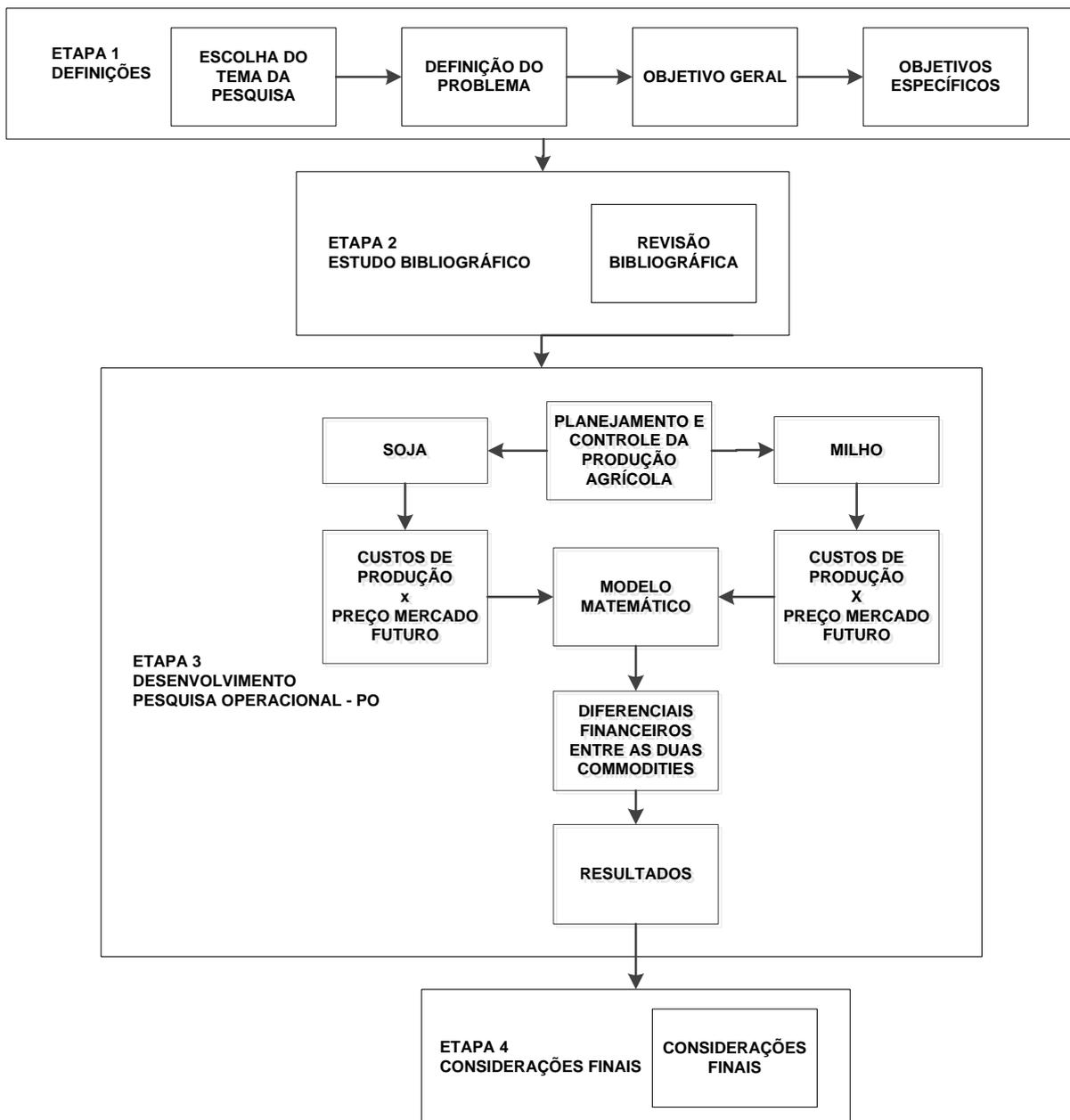


Figura 3– Estrutura da dissertação

Fonte: O autor (2013)

## 1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: além desta estrutura introdutória, é apresentado no capítulo 2 o artigo referente à complexidade do PCP agrícola e como a Pesquisa Operacional (PO) e a Tecnologia da Informação (TI), através de Sistemas de Apoio a Decisão (SAD), podem auxiliar na gestão de

propriedades agrícolas produtoras das *commodities* soja e milho e sua importância dentro do agronegócio paranaense.

No capítulo 3 é realizada a apresentação do artigo que trata do modelo matemático para criação de múltiplos cenários para análise comparativa quantitativa de qual a melhor cultura tipo grão a ser implementada para a próxima safra através de simulações no *software* LINGO (*Language for Interactive General Optimizer*).

No capítulo 4, é apresentado o artigo que trata da importância da Engenharia da Produção e da Tecnologia da Informação – TI para o Agronegócio e a aplicação de dois métodos estatísticos de previsão de produção e de produtividade, o Modelo de Média Móvel Simples (MM) e Média Móvel Ponderada (MMP).

Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as considerações finais do trabalho e sugestões para novas pesquisas.

## 2. ARTIGO 1

### **Sistema de Produção Agrícola no Estado do Paraná: ênfase ao estudo das *commodities* soja e milho em plantio convencional**

Agricultural Production System in the State of Paraná: emphasis on the study of commodity soybean and corn crops in conventional

Paulo Alipio Alves de Oliveira; Maria Teresinha Arns Steiner

*Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR); Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas; Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, CEP: 80.215-901, Curitiba, Paraná, Brasil; e-mails: [paulo\\_alipio@hotmail.com](mailto:paulo_alipio@hotmail.com); [maria.steiner@pucpr.br](mailto:maria.steiner@pucpr.br)*

### **RESUMO**

A gestão de propriedades rurais é complexa e exige informações de tendências, tempo e conhecimento de seus gestores. Assim, os gestores em meio a um grande volume de informações, precisam tomar decisões de como planejar e controlar suas produções agrícolas. Através das técnicas matemáticas da área de Pesquisa Operacional, pode-se modelar problemas reais deste tipo, obtendo-se soluções que poderão auxiliar os gestores agrícolas na maximização dos lucros e na minimização dos custos. O objetivo do presente trabalho é evidenciar o atual cenário do agronegócio e as restrições dos modelos de produção para as *commodities* soja e milho e suas tendências de plantios para a safra 2012/2013 no Estado do Paraná. Como resultado, evidencia-se que precisa haver uma transformação do tradicional agronegócio baseado no capital para uma economia sustentada por informação e conhecimento para que o empresário rural obtenha sucesso neste novo ambiente. A Pesquisa Operacional permite através de modelos matemáticos a gestão eficiente de informações de produção para tomadas de decisão.

**Palavras-chave:** Pesquisa Operacional. Agronegócio. Planejamento e Controle da Produção Agrícola. Maximização de lucros. Minimização de custos.

## ABSTRACT

The management of farms is complex and requires information trends, time and expertise of their managers. Thus, managers amid a large amount of information, must make decisions about how to plan and manage their farms. Through mathematical techniques in the field of Operations Research, can model real problems of this type, yielding solutions that can help land managers maximize profits and minimize costs. The goal of this work is to show the current scenario of agribusiness and restrictions of production models commodities soybean and corn crops and their trends for the season 2012/2013 in the State of Paraná. As a result, it is evident that there must be a transformation of traditional agribusiness based in the capital for an economy underpinned by information and knowledge to the rural entrepreneur succeeds in this new environment. The Operational Research using mathematical models allows the efficient management of production information for decision making.

**Keywords:** Operations Research. Agribusiness. Planning and Control of Agricultural Production. Minimizing costs. Profit maximization.

## 2.1. INTRODUÇÃO

Planejar é necessário em qualquer tipo de atividade. No contexto do agronegócio, devido à complexidade do Planejamento e Controle de Produção (PCP), todas as atividades devem ser muito bem analisadas, pois a maioria das atividades e processos está ligada à sazonalidade. Os produtos agrícolas analisados neste trabalho foram delimitados, visto sua importância para a economia paranaense, brasileira e mundial, as *commodities* soja e milho. Para ambas as *commodities*, cada vez mais os gestores agrícolas precisam otimizar seus processos, tornando-se indispensável o uso da Tecnologia da Informação (TI) para a tomada de decisões, tanto no nível estratégico, quanto tático e operacional.

Dentro da Pesquisa Operacional (PO), os modelos matemáticos de Programação Linear têm auxiliado administradores nos processos de produção agrícola, pois constituem idealizações simplificadas da realidade, permitindo que uma decisão seja simulada e analisada exaustivamente antes de sua implementação prática.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, na seção 2.2 é apresentada uma revisão da literatura abordando dentro do agronegócio, o sistema de produção agrícola flexível para as *commodities* soja e milho no Estado do Paraná, a Tecnologia da Informação como apoio para tomada de decisão no Planejamento e Controle da Produção Agrícola, a Agricultura Convencional, suas vantagens e desvantagens, os aspectos gerais da soja e do milho, a produção de soja e milho no Estado do Paraná, e alguns aspectos sobre os temas Sustentabilidade e Tecnologia da Informação, respectivamente, relacionando-os ao tema aqui desenvolvido. Finalmente, na seção 2.3 são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho.

## 2.2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.2.1. Sistema de Produção Agrícola Flexível

Devido à tendência cada vez maior da “pressão competitiva”, as empresas devem ser mais flexíveis nos controles de seus processos de produção e reagir de forma rápida através das informações à evolução dos mercados, de modo que seus processos sejam executados em um nível superior ao dos seus concorrentes, com custos reduzidos e garantia de qualidade, principalmente as empresas voltadas ao agronegócio.

A gestão de propriedades rurais tem como objetivo a administração dos recursos disponíveis visando o melhor uso da terra, água, pessoal, máquinas e equipamentos em uma propriedade rural específica. As propriedades rurais estão sendo inseridas cada vez mais no agronegócio, envolvendo a produção agropecuária, os fornecedores de insumos, máquinas e implementos agrícolas, o processamento industrial e a distribuição e serviços (PINTO *et al.*, 2010).

Essa gestão envolve um processo decisório que leva em conta variáveis como: seleção e capacitação, gestão de pessoas, área disponível, custos de mecanização e de mão-de-obra, seleção de culturas, aluguel da terra, rendimentos (BROZOVA *et al.*, 2008). Para Bontkes *et al.*, (2003); Pavlovic *et al.* (2008), ao gerenciarem as propriedades rurais, os produtores se deparam com um grande número de variáveis, como: tipo de produção (animal e/ou vegetal), fatores climáticos, planejamento de tarefas de campo, escolha de máquinas, seleção de culturas para plantio, tratamentos fitossanitários, análise de custos, regulamentos a respeito da segurança dos trabalhadores e ambientais.

Existem muitas incertezas inerentes ao processo de gestão de propriedades rurais, tais como: produção altamente variável, recursos naturais frágeis e baixo preço das *commodities*, repercussões de alterações climáticas sobre o sistema agrícola, pragas, evolução do mercado e comportamento das taxas de juros (CARBERRY *et al.*, 2002) e escassez de recursos sazonais (ATTONAY, 1999).

Conforme Girard *et al.* (1999), a gestão agrícola combina processos biotecnológicos e um conjunto de decisões nos diferentes níveis da empresa. O

agricultor precisa lidar com diversos processos de interação e seu ciclo para obter resultados pode durar várias semanas e até meses.

Segundo Fountas *et al.* (2009), o grande volume de informações dificulta o processo de gestão das propriedades agrícolas, e os produtores acabam recorrendo a sua intuição no processo de gerenciamento. A gestão das propriedades rurais exige tempo e conhecimento dos seus gestores, pois são diversos aspectos envolvidos, os quais o gestor agrícola não possui conhecimento completo (MCCOWN, 2002).

No que tange ao suporte acadêmico, Fleck (2011) ressalta que as universidades trabalham pelo progresso, pela mudança e pela qualificação profissional da tríade ensino-pesquisa-extensão dentro de um contexto adequado às necessidades do local onde estão inseridos. Sob a ótica de Callado e Callado (2011), é imprescindível que as empresas rurais tenham um sistema contábil bem estruturado onde o gestor possa acompanhar todos os registros fiscais realizados, possibilitando identificar as causas da obtenção de lucros e prejuízos.

Assim, os gestores das organizações agroindustriais necessitam conhecer e administrar as informações sobre estimativas de vendas, capacidade financeira, estoques, prazos de entrega e custos de produção rural. Junto às informações contábeis, o gestor agrícola também precisa de mecanismos de regime de caixa para realizar acompanhamentos em tempo real, que é a proposta deste trabalho, que serão subsídios fundamentais para o controle da cadeia de suprimentos e de produção, uma vez que este planejamento irá auxiliar o gestor agrícola a melhor explorar as potencialidades disponíveis no mercado, visto as tendências e riscos.

### **2.2.2. Agronegócio**

Davis (1956), define pela primeira vez o conceito de agronegócio e, em 1957, juntamente com e Ray Goldberg, redefine agronegócio como sendo o conjunto de todas as operações envolvidas na fabricação e distribuição de insumos agrícolas, as operações de produção agrícola, o armazenamento, processamento, distribuição de *commodities* agrícolas e itens fabricados a partir deles. A chave da compreensão articulada por Davis e Goldberg (1957) foi que o sistema alimentar precisa ser visto

como um sistema integrado. Segundo King (2010), a gestão do agronegócio está preocupada com a tomada de decisão dentro das organizações que compreende o sistema alimentar.

O agronegócio brasileiro representa um importante segmento gerador de emprego e renda, superando a indústria e se tornando cada vez mais importante para o país (BRESSAN *et al.*, 2008). Segundo Salgado Junior *et al.* (2009), Gasques *et al.* (2008), Zylbersztajn (2000):

A cadeia de produção do agronegócio é uma sucessão de operações comerciais, industriais, de transformação, financeiras e de fluxos de informação que se estabelecem entre fornecedores e compradores situados a montante e a jusante, compreendendo cinco níveis: suprimentos (fontes de matéria-prima); processamento; produção; distribuição; e consumidor final.

Segundo o IPD – Instituto de Promoção do Desenvolvimento (2010), o Brasil é, reconhecidamente, o país do agronegócio. O relatório *Agricultural Outlook 2010-2019*, realizado em conjunto com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e pela *Organization for Economic Co-operation and Development* (OCDE) projeta que o setor agrícola brasileiro terá o maior crescimento do mundo, com mais de 40% de expansão até 2019.

Segundo a Revista Extensão Rural – UFSM (2009):

O agronegócio no Brasil deveria ser uma das atividades mais prósperas, seguras e rentáveis do planeta, pois os países emergentes em ascensão (China, Índia, Rússia, Chile, Argentina, África do Sul e outros) criaram uma oportunidade histórica para nós. Isto sem contar os macrofatores competitivos que dificilmente podem ser encontrados em outros locais, tais como: clima diversificado ao longo do ano, chuvas regulares em praticamente todo território nacional, energia solar abundante, praticamente 13% de toda a água doce disponível no planeta, e 388 milhões de hectares de terras agricultáveis férteis e de alta produtividade, dos quais 90 milhões ainda não foram explorados.

Atualmente, no Brasil, o agronegócio responde por um em cada três reais gerados no país; 33% do Produto Interno Bruto (PIB); 42% das exportações totais; e 37% dos empregos brasileiros. No vácuo dessa poderosa máquina econômica ainda não plenamente desenvolvida, existem outras atividades e relevantes segmentos que estão ligados ao agronegócio. Todo este contexto deverá estar cada vez mais adaptado às ações de produção com sustentabilidade.

### 2.2.3. Oportunidades e Desafios para o Futuro do Agronegócio

Segundo King (2010), novas forças a partir de agora deverão nortear as mudanças futuras do agronegócio:

- a) o setor agrícola é cada vez mais uma fonte de matérias-primas para setores fora do contexto de sistema tradicional de alimentos e de fibras. Os produtos agrícolas estão sendo usados para produzir biocombustíveis; produtos industriais, tais como polímeros e bio-sintéticos à base de produtos químicos e fibras; produtos farmacêuticos e de saúde como hormônios de crescimento e transplante de órgãos. Isto tem estabelecido as fronteiras setoriais e criação de uma nova estratégia competitiva como desafio às empresas do agronegócio e que trará cada vez mais profundas implicações estruturais e funcionamento da oferta das cadeias da indústria;
- b) organizações do agronegócio estão se tornando mais flexíveis e complexas, mais descentralizadas e dependentes de ações coletivas e de coesão. Isto coloca desafios aos gestores em projetar sistemas de incentivos internos que são a base estratégica e de governança. Ao mesmo tempo, a mudança tecnológica e as emergentes tensões globalizadas irão estimular mudanças sócioeconômicas, remodelar o escopo e a escala da economia, os riscos aumentam e introduzem novas interdependências, concebendo novos rivais e parceiros em potencial e moldarão mais formas de organizações híbridas;
- c) com a aproximação do pico de produção mundial de petróleo, a perspectiva internacional de reduzir emissão de gases de efeito estufa acompanha mudanças climáticas e, com isso, mudanças geográficas na produção de alimentos, carregando com isso, susceptíveis mudanças dos preços relativos sobre o próximo quarto de século. Isso poderia desencadear uma reestruturação radical e imprevisível do sistema alimentar. Compreender e antecipar a dinâmica do ambiente do agronegócio mundial onde os desafios serão cada vez mais críticos, e será necessário apoiar-se em referenciais teóricos, ferramentas de diagnóstico e técnicas empíricas para enfrentá-los.

#### 2.2.4. Ciclo Operacional e Financeiro do Setor Agrícola

No agronegócio o ciclo pode ser extenso (dias, meses ou anos) para adquirir os insumos necessários para a produção de bens e/ou serviços, produzir, vender e receber o resultado da venda (ROSS *et al.*, 2002). De modo geral, a dimensão do ciclo operacional no setor de agronegócio é mais longa do que na maioria dos segmentos industriais, comerciais e prestadores de serviços, com exceção feita é claro para algumas atividades agrícolas específicas de ciclo curto, tais como plantio de hortaliças (que não é o foco deste trabalho).

Enquanto uma indústria automobilística, por exemplo, consegue fechar o ciclo operacional de um produto em até 10 dias (comprar matérias-primas, produzir, vender e receber das concessionárias autorizadas), uma empresa agrícola pode demorar meses ou até anos. Isso provoca impactos significativos nos seguintes processos: formação do ciclo financeiro, capital de giro e gerenciamento e mitigação dos riscos associados ao recebimento das vendas.

O ciclo financeiro está diretamente ligado ao ciclo operacional e pode ser definido como o tempo (dias, meses ou anos) que uma empresa demora a pagar os insumos de produção adquiridos de fornecedores e receber o resultado das vendas dos clientes, determinando a formação do capital de giro da empresa (ROSS *et al.*, 2002).

No agronegócio, a gestão do caixa pode até parecer mais simples do ponto de vista acadêmico, mas em contrapartida, é muito mais crítica e difícil para o agricultor/empresário, pois os movimentos de caixa caracterizam-se por longo período de desembolsos (saídas de caixa) e recebimento único no ciclo pela venda da colheita.

O capital de giro é uma parcela significativa do capital total de uma empresa, e sua gestão tem sido cada vez mais relevante em função do dinamismo das decisões a serem tomadas no dia-a-dia de uma empresa: comprar insumos, pagar, vender, receber de clientes, negociar com fornecedores e clientes, etc.

Segundo Agustini (2009):

A correta adequação do capital de giro, em relação aos aspectos quantitativos e qualitativos, bem como selecionar, de forma eficiente, as formas de financiamento, poderá representar a diferença entre a liquidez e a insolvência, crucial para as empresas, principalmente para o agronegócio, dada a natureza do seu ciclo operacional e financeiro, ou ainda, ser um fator determinante para o lucro ou prejuízo.

O preço de um produto agrícola, de uma forma geral, é definido da seguinte maneira:

$$\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Margem de Lucro}$$

O preço é entendido como dispêndio monetário realizado pelos clientes pela aquisição dos produtos e serviços. Esse desembolso é traduzido em valor, ou seja, numa forma de percepção de benefícios em função do desempenho ou utilidade que o produto/serviço proporciona ao cliente (AGUSTINI, 2009).

Neste contexto, o preço decorre de *benchmarking* constante em relação ao valor percebido pelos produtos ofertados ao mercado (concorrentes), e pelo controle rígido de custos e relações com os fornecedores. Conforme defendia o ilustre matemático e físico britânico Lord Kelvin (1824–1907), “a teoria começa com a medição”. Assim, o que não se pode medir não se pode compreender nem controlar.

#### **2.2.5. Mercado Futuro**

Segundo Pennings *et al.* (2005), a teoria econômica fornece várias explicações para a existência de mercados futuros organizados, sendo que os primeiros estudos sobre o tema foram conduzidos por pensadores proeminentes como Marshall (1919), Keynes (1930), Hicks (1939) e Kaldor (1940), segundo os quais, a existência desses mercados derivam de sua capacidade de oferecer segurança de preços.

Para Mineo (2010), os preços de produtos agrícolas são substancialmente mais instáveis que os preços da maioria dos produtos e serviços não-agrícolas, acarretando em um elevado grau de incerteza associado ao preço futuro de uma *commodity*, tornando a especulação algo inerente à sua comercialização. Para que a agricultura seja uma atividade mais atrativa, é necessário que exista uma maior previsibilidade dos preços de seus produtos, seja via políticas agrícolas governamentais, seja via mercado com ênfase nas *commodities* agrícolas com contratos futuros negociados na BM&F (principalmente o boi gordo, o café, o milho e a soja) e avaliar seu impacto na variabilidade de seus preços no mercado físico.

Os negócios relacionados com *commodities* agrícolas envolvem negociações a vista e por contratos futuros. Este último (contrato futuro) caracteriza-se por ter um expressivo volume de negociações frente às vendas a vista. Isso se dá em decorrência da presença de diferentes tipos de atores que atuam no mercado futuro, principalmente os investidores que, na maioria das vezes, não se interessam pelo produto, mas sim em realizar operações financeiras para obter ganho de capital (CORSINI *et al.*, 2008).

### 2.2.6. Gestão de Custos

Gerenciamento de custos é um conjunto de ações tomadas pelos gestores para satisfazer seus *stakeholders*<sup>2</sup>, principalmente as voltadas para a ótica do consumidor (os efetivos e os potenciais). Nesta linha de pensamento, Hornegren *et al.* (2004) citam que os esforços contínuos para redução de custos entre concorrentes levaram as organizações a terem como principal tarefa o gerenciamento de custos, pois as decisões tomadas hoje muitas vezes comprometerão a empresa na incidência de custos subsequentes. Para Seuring *et al.* (2002), a gestão de custos deve ser proativa, uma vez que os custos devem ser previamente estimados, planejados, controlados e avaliados.

Conforme Leone (2009), todas as organizações planejam seus objetivos e os meios para atingi-los. Com a finalidade de obter receitas, todas elas realizam gastos, despesas e custos. A diferença (preço – custos) positiva é chamada de lucro ou superávit. Entretanto, os objetivos somente poderão ser atingidos se as empresas obtiverem continuamente bons lucros. A busca por lucros máximos, trabalhando dentro de uma estrutura bem definida, será sempre um dos objetivos principais das empresas.

---

<sup>2</sup> O termo inglês Stakeholders significa “*stake*”, interesse; e “*holder*”, aquele que possui. Na prática são todos aqueles que influenciam uma empresa, como os colaboradores, funcionários, clientes, consumidores, planejadores, acionistas, fornecedores, governo e demais instituições que direta ou indiretamente interfiram nas atividades gerenciais e de resultado de uma organização.

### **2.2.7. Agricultura Convencional**

Segundo Amaranthus (2012), a agricultura convencional nos dias atuais visa, acima de tudo, a produção sem se preocupar na mesma proporção com a conservação do Meio Ambiente e a qualidade nutricional dos alimentos. Os insumos agrícolas utilizados são na sua maioria derivados direta ou indiretamente do petróleo.

### **2.2.8. Aspectos Gerais da Soja e do Milho**

#### **2.2.8.1. Soja Convencional**

Segundo a Revista Extensão Rural – UFSM (2009), a importância econômica da soja deriva do número e da função de seus usos alternativos (alimentação humana e de animais, produtos industriais e matéria-prima para agroindústrias).

Nas últimas décadas, em decorrência da adoção de novas tecnologias, nas indústrias mecânica (tratores e colheitadeiras mais avançadas), química (adubação adequadas às distintas exigências dos solos) e biotecnológica (desenvolvimento de variedades adequadas às diferentes regiões), o sistema de produção se alterou e a atividade passou por transformações significativas (COSTA *et al.*, 2011).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012), a soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada em grãos do país. O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. A indústria nacional transforma, por ano, cerca de 30,7 milhões de toneladas de soja, produzindo 5,8 milhões de toneladas de óleo comestível e 23,5 milhões de toneladas de farelo proteico, contribuindo para a competitividade nacional na produção de carnes, ovos e leite. Além disso, a soja e o farelo de soja brasileiro possuem alto teor de proteína e padrão de qualidade, o que permite sua entrada em mercados extremamente exigentes como os da União Europeia e do Japão. A soja também se constitui em alternativa para a fabricação do biodiesel,

combustível capaz de reduzir em 78% a emissão dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera.

De acordo com Lal (2008), a demanda global por energia crescerá a uma taxa de 2,23% ao ano até 2025. Diversas oleaginosas podem ser empregadas na produção de biodiesel, comprovando competitividade técnica e socioambiental, restando somente à execução de projetos e estudos ecoambientais que garantam a disponibilidade de matéria-prima nos períodos de maior demanda. Dados de 2007 revelam que 80% do biodiesel produzido pelas usinas instaladas no Brasil utilizaram o óleo de soja como matéria-prima, 15% correspondem à gordura animal e 5% a outras oleaginosas.

Segundo Dall'agnol (2008), existem diversos aspectos condicionantes destas preferências, dentre eles:

- a) a cadeia produtiva da soja é bem estruturada;
- b) tecnologias de produção são bem definidas e modernas;
- c) ampla rede de pesquisas que assegura pronta solução de qualquer novo problema que possa aparecer na cultura;
- d) é um cultivo tradicional e adaptado para produzir com igual eficiência em todo território nacional;
- e) oferece rápido retorno do investimento (ciclo de 4 a 5 meses);
- f) fácil venda do produto porque são poucos os ofertantes mundiais (EUA, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai), poucos exportadores (EUA, Brasil, Argentina e Paraguai), porém muitos demandantes, resultando em garantia de comercialização a preços normalmente compensadores;
- g) pode ser armazenada por longos períodos, aguardando a melhor oportunidade para a comercialização;
- h) o biodiesel feito com óleo de soja não apresenta qualquer restrição para consumo em climas quentes ou frios.

No Gráfico 1 podemos visualizar os principais estados produtores de soja convencional no Brasil, onde o Paraná ocupa o segundo lugar de maior produtor nacional, com 16%.

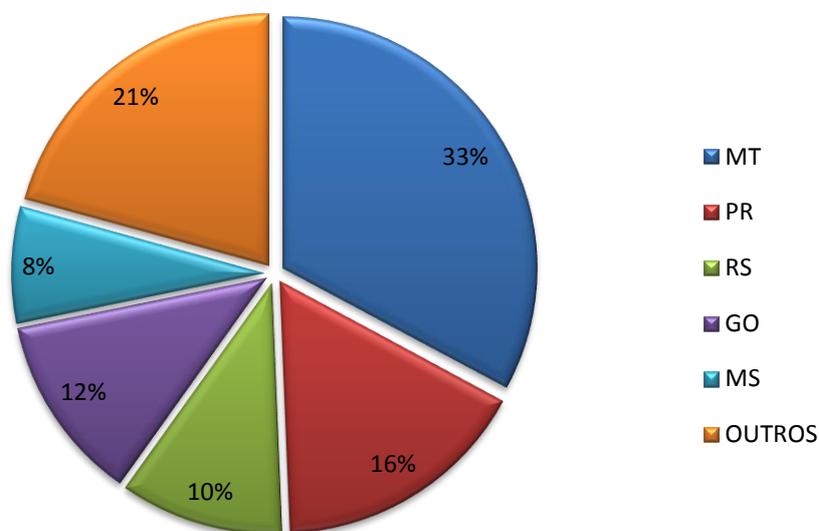


Gráfico 1 – Produção de soja – Brasil 2011/12  
Fonte: Adaptado CONAB, outubro 2012.

### 2.2.8.2. Milho Convencional

O milho é uma das culturas comerciais mais importantes e compete com o trigo e o arroz como grão mais produzido no mundo, havendo provas de que é cultivado há pelo menos 5.000 anos e embora seja de origem tropical, é cultivado em praticamente todas as partes do mundo (DUARTE, 2004). O milho representa um dos principais cereais em todo mundo, sendo cultivado em pequenas, médias e grandes propriedades (FANCELLI *et al.*, 2000). Sua importância econômica é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização. O uso do milho em grão como alimento animal representa cerca de 70% do consumo deste cereal no mundo. No Brasil, o consumo do milho para alimentação animal varia de 70 a 80% (EMBRAPA (b), 2011).

A produção mundial de milho encontra-se, hoje, por volta de 835 milhões de toneladas. Desse total, 40,67% provêm dos EUA, maior produtor, produzindo aproximadamente 2,1 vezes mais que a China, segundo maior produtor, e 5,94 vezes mais que o Brasil, terceiro maior produtor. Esses três países contribuem com 66,68% da produção mundial. Os EUA também alcançam o mais alto índice de

produtividade com 10,67 t/ha, sendo esse 2,54 vezes maior do que a produtividade no Brasil, que é de 4,2 t/ha (CONAB, 2012).

Verifica-se um decréscimo na área plantada de milho no período da primeira safra 2012/13, em decorrência da concorrência com a soja, o que tem sido parcialmente compensado pelo aumento dos plantios na "safrinha" (safra de inverno). Embora realizados em uma condição desfavorável de clima, os plantios da "safrinha" vêm sendo conduzidos dentro de sistemas de produção que tem sido gradativamente adaptado a estas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras (EMBRAPA, 2012).

O maior destino do milho é para a produção de ração para a avicultura e a suinocultura, setores de grande importância econômica e social, tanto em âmbito nacional quanto em estadual.

O Paraná é o líder na produção brasileira de milho convencional, participando com 23% do total produzido em 2011/12, conforme mostrado no Gráfico 2, a seguir.

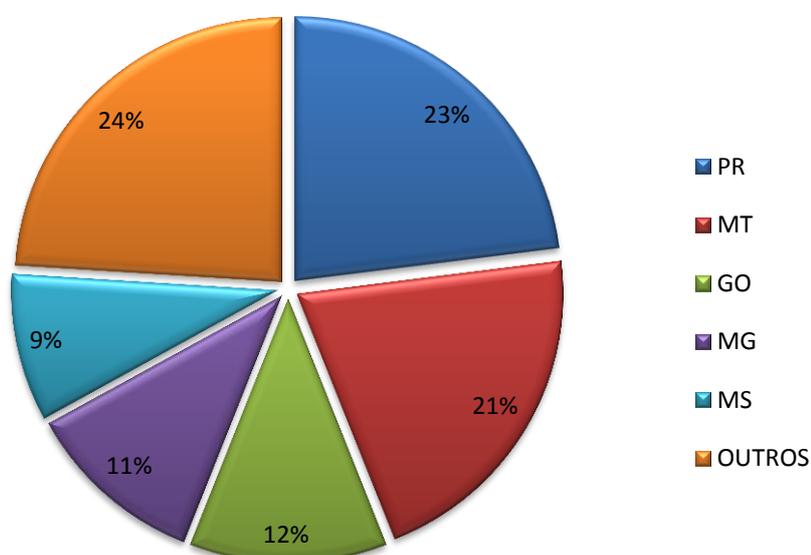


Gráfico 2 – Produção de milho – Brasil 2011/12  
Fonte: Adaptado CONAB, outubro 2012. Elaboração: DERAL

### **2.2.9. Produção e Soja e Milho no Estado do Paraná**

As duas culturas (soja e milho), ganharam destaque principalmente a partir da década de 1960, com o advento da Revolução Verde, no processo de modernização da agricultura, sendo importantes absorvedoras de máquinas, insumos e mão-de-obra, e grandes fornecedoras de insumos à agroindústria, especialmente à relacionada aos produtos suínos e avícolas.

O cultivo da soja e do milho constitui uma importante atividade no Estado do Paraná, dada a múltipla diversidade de utilização desses grãos, que são usados para a alimentação humana e animal e a geração de energia. Segundo o IPARDES (2012), o Paraná é o maior produtor nacional de grãos, apresentando uma pauta agrícola diversificada. A soja e o milho têm destaque na estrutura produtiva agrícola estadual.

Em termos de participação no valor bruto da produção agropecuária (VBP) do estado, segundo o Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento do Paraná, o segmento agricultura é o que apresenta a maior participação: em 2010, teve participação de 49% do VBP (R\$ 22,7 bilhões), enquanto a participação da pecuária foi de 43% (R\$ 18,4 bilhões) e a de produtos florestais foi de 8% (R\$ 3,2 bilhões) (PARANÁ, 2012a).

Ao se analisar a participação por produto, verifica-se que a soja e o milho aparecem entre os três primeiros produtos agrícolas em importância na composição do VBP de 2010: a soja em primeiro, participando com R\$ 8,1 bilhões no VPB, e o milho em terceiro, com R\$ 3,7 bilhões. Tais fatos estão diretamente relacionados à opção dos produtores rurais pelos seus cultivos, gerando impactos importantes no estado paranaense em geral, pois apresentaram o maior número de municípios com especialização em seu cultivo.

O cultivo do milho se deu em quase todos os municípios paranaenses (397 dos 399) e o cultivo da soja esteve presente em grande parte dos municípios (332), sendo que a proporção de área ocupada com tal cultura aumentou bastante: em 124 municípios, a área destinada ao plantio da soja foi igual ou superior a 40% da área plantada total. Não há, pois, como negar o deslocamento, observado ao longo dos anos, da destinação de áreas cultivadas com milho de primeira safra (safra de verão) para a produção de soja. Dados da Seab/Deral (PARANÁ, 2011a) apontam

que a área de cultivo do milho de primeira safra reduziu-se significativamente em decorrência do aumento da área da soja.

Segundo Hubner (2010), o plantio de milho na segunda safra (safrinha) mostrou-se viável nas regiões mais quentes do Estado do Paraná, causando com isso a substituição das áreas de cultivo de milho da safra de verão (primeira safra) pelo plantio da soja e por esta proporcionar melhores resultados econômicos do que o cultivo de milho. Segundo o mesmo autor, as produções de soja e de milho incorrem em riscos, o que pode comprometer seu desempenho, cabendo ao produtor a aplicação de seus recursos na atividade que lhe oferecer maiores probabilidades de retorno, com vista à melhor alocação dos recursos disponíveis.

Em comparação com outros grãos, o milho tem se mantido na 2ª colocação, ficando atrás apenas da soja, que lidera o *ranking*. A maior parte do milho produzido no Paraná é consumida no próprio estado, onde a maior parte é destinada às atividades pecuárias, mais especificamente, para a avicultura e suinocultura. Nos últimos anos, tanto o Brasil, como o Paraná, conquistaram um importante papel no mercado internacional como exportadores de milho (PARANÁ, 2011a).

A soja ganha cada vez mais importância na agricultura mundial devido a sua grande diversidade de uso e o aumento da demanda global por alimentos (principalmente a carne) e, como consequência, a área destinada ao cultivo de soja vem crescendo anualmente. Após o aumento de área na safra 2011/12, a 1ª safra de milho, temporada 2012/13, apresentou redução de 13% de área. Esse cenário deve-se principalmente pelo avanço na área de soja no Estado do Paraná, motivado pelos bons preços da oleaginosa e pela maior rentabilidade em relação ao milho e outras culturas de verão (PARANÁ, 2011a).

No Paraná, entre outras atividades agropecuárias, as culturas soja e milho se destacam notadamente como importantes componentes de Valor Bruto de Produção (VBP), taxas de crescimento na área colhida e de produtividade. E a cada ano as duas *commodities* conquistam papel importante no mercado internacional como grandes exportadores.

No cenário atual, devido às variações do setor, principalmente as intempéries climáticas e preços, para a safra 2012/13, a 1ª safra de milho terá redução de 13% da área plantada, área esta sendo substituída pela soja, justamente pelos bons

preções da oleaginosa e pela maior rentabilidade em relação ao milho e outras culturas de verão.

#### **2.2.10. Rotação de Culturas**

Segundo a Embrapa (2010), a rotação de culturas contribui para a preservação ambiental, pois influencia positivamente na recuperação, manutenção e melhoria dos recursos naturais, principalmente na preservação do solo e no controle de plantas daninhas, doenças e pragas. A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais no correr do tempo numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter propósito comercial e de manutenção ou recuperação do meio-ambiente. A rotação possibilita o estabelecimento de esquemas que envolvam apenas culturas anuais, tais como soja, milho, arroz, sorgo, algodão, feijão e girassol ou de culturas anuais e pastagem.

#### **2.2.11. Sustentabilidade Agrícola**

A sustentabilidade envolve desenvolvimento econômico, social e respeito ao equilíbrio e às limitações dos recursos naturais. De acordo com o relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela ONU em 1983, o desenvolvimento sustentável visa "ao atendimento das necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às próprias necessidades".

A mudança de paradigmas estabelece um novo cenário para o processo de desenvolvimento das atividades agrícolas, florestais e pecuárias privilegiando os aspectos sociais, econômicos, culturais, bióticos e ambientais. Nesse caso, estão incluídos sistemas de produção integrada, de plantio direto, agricultura orgânica, integração lavoura-pecuária-floresta plantada, conservação do solo e recuperação de áreas degradadas (MAPA, 2012).

Segundo Elgar (2005), nos últimos anos, o debate sobre aspectos ambientais agrícolas e política comercial internacional continuou a angariar manchetes e a

atenção dos decisores políticos, organizações não-governamentais globais e grupos de agricultores. Da mesma forma, os economistas têm dedicado crescente esforço de pesquisa referente às políticas de *commodities* e suas implicações para o meio ambiente.

#### **2.2.12. Tecnologia da Informação como Apoio à Tomada de Decisão**

Através da tecnologia, o agronegócio brasileiro avança na adoção de sistemas de produção agrícola sustentáveis. A inovação tecnológica se dá pela integração entre governo, instituições de pesquisa, mundo acadêmico, os próprios agricultores e fornecedores de máquinas, insumos e assistência técnica agrícola. Neste contexto, a permanente participação de representantes setoriais, principalmente do setor produtivo rural, permite uma melhor percepção das demandas tecnológicas da agropecuária (MAPA, 02/2012).

Para Cassarro (1994), “o que movimenta a empresa e lhe dá dinamismo, é o conjunto de seus sistemas de informações”, os quais se entendem como essenciais para a tomada de decisões. Oliveira (2001) afirma que “gerenciar é o processo administrativo (planejamento, organização, direção e controle) voltado para resultados”, sendo assim, o gerenciamento não acontece sem agir e, para existir a ação, são necessárias as informações.

Devido à complexidade do PCP Agrícola, planejar o uso dos recursos e seus custos é vital para que em um período futuro determinado sejam alcançados os objetivos fixados para a propriedade rural. Para Nepomuceno (2004), “o orçamento é uma ferramenta de aperfeiçoamento da administração na atividade rural, que permite trabalhar com os olhos voltados para o que vai acontecer”. Para Crepaldi (2005), “a propriedade rural é a unidade de produção em que são exercidas atividades que dizem respeito a culturas agrícolas, criação do gado ou culturas florestais, com a finalidade de obtenção de renda”.

Oliveira (2001), afirma que “o propósito básico da informação é o de habilitar a empresa a alcançar seus objetivos pelo uso eficiente dos recursos disponíveis, nos quais se inserem pessoas, materiais, equipamentos, tecnologia, dinheiro, além da própria informação”.

O conhecimento dos dados operacionais é essencial para a administração de qualquer empresa. Nesse aspecto, o sistema de informação gerencial vem para ajudar a análise, o planejamento, a operação e o controle empresarial. No agronegócio existem particularidades inerentes ao setor e, por este motivo o agronegócio precisa de modelos específicos de planejamento, gerenciamento e controle. A principal particularidade é a sazonalidade de disponibilidade de matérias-primas, cuja produção obedece a regimes de safra e entressafra. Empresas de segunda transformação muitas vezes usam como matéria-prima vários produtos com características de produção e sazonalidade diferentes (BATALHA, 2008).

Turban (2005), define Sistema de Apoio a Decisões (SAD - *Decision Support System*) como “um sistema de informações baseado que combina modelos e dados em uma tentativa de resolver os problemas semiestruturados e alguns problemas não-estruturados com intenso envolvimento do usuário”. Os SADs também utilizam modelos matemáticos e possuem uma capacidade especial conhecida como análise de sensibilidade. A análise de sensibilidade é o estudo do impacto que as mudanças em uma ou mais partes de um modelo exercem sobre as outras partes. Geralmente, verificamos o efeito que as mudanças nas variáveis de entrada causam sobre as variáveis de saída.

A análise de sensibilidade é extremamente valiosa em um SAD porque torna o sistema flexível e adaptável a condições mutantes e às diversas exigências das diferentes situações de tomada de decisão. Esta análise permite entender melhor o modelo e o problema que ele simula descrever. Ela pode aumentar a confiança dos usuários do modelo, especialmente quando o modelo não é tão suscetível a mudanças. Um modelo sensível significa que pequenas mudanças nas condições determinam uma solução diferente. Um modelo insensível é aquele em que as mudanças nas condições não alteram significativamente a solução recomendada. Isso significa que a probabilidade de uma solução específica obter êxito é muito alta (TURBAN, 2005).

Com objetivo de auxiliar os gestores na tomada de decisão, vários sistemas de apoio a decisão têm sido desenvolvidos. Entre os sistemas estão os métodos de simulação e de Programação Linear (MEINKE, 2001); (MAYER, 2001); Mapas Cognitivos (ISAAC *et al.*, 2009); *Expert Systems* (MCCOWN, 2002); *System Management Information* (FOUNTAS *et al.*, 2009).

Considerando o desenvolvimento e aplicação destes sistemas de apoio à decisão, podem-se apontar algumas limitações apontadas pela literatura. Meinke (2001) observou que sistemas de simulação em uma propriedade rural demandam estudos para identificação dos fatores-chave para seu sucesso e estes estudos e coletas de informações podem perdurar por longo período (anos) e, nesse período, a tecnologia evolui, tornando muitas vezes o estudo superado.

Keating (2001), afirma que apesar dos avanços técnicos dos modelos e *softwares* para a gestão agrícola, o sucesso na resolução de problemas é decepcionante, pois não atende as necessidades dos gestores. Para Bontkes (2003), este fenômeno está relacionado com a complexidade subestimada, a incerteza, peculiaridade das fazendas, preferências dos gestores e existência de conflitos de interesses dentro das comunidades rurais, tornando os métodos de suporte à decisão inadequados. Os SADs para terem aderência pelos gestores rurais devem considerar os seguintes aspectos:

- a) o envolvimento dos decisores é um dos principais fatores para aprovação e utilização dos sistemas de apoio a decisão (MEINKE, 2001; ATTONATY, 1999);
- b) os SADs não substituem a decisão humana, mas ampliam os elementos cognitivos do tomador da decisão (CHANG *et al.*, 1994);
- c) o desenvolvimento dos SADs devem representar a realidade dos processos agrícolas nas propriedades rurais de forma específica e particular (dotação de recursos individuais e alternativa de recursos, as preferências dos gestores e suas crenças) (MCCOWN, 2002).

Segundo Zamcope *et al.*, (2010), há a necessidade de se considerar os contextos individuais do gestor ao construir um SAD, ao invés de utilizar metodologias que se valem de valores e preferências coletivas ou determinadas por meio de métodos estatísticos. Considerando estas características é que, academicamente é sugerido um modelo matemático para verificar qual (ou quais) cultura(s) agrícola(s) serão as mais e menos rentáveis dentro de um universo estabelecido.

Segundo Purcidonio *et al.*, (2006):

Visto como competência essencial e vantagem competitiva sustentável da organização, o conhecimento empresarial e sua

gestão têm alterado os paradigmas gerenciais e demandado uma postura gerencial mais preocupada com este ativo intangível.

A decisão lógica sempre é considerada uma boa decisão, pois está baseada na análise de incertezas, valores e preferências do tomador de decisão (HOWARD, 1989). Para Clemen *et al.* (2001), a tomada de decisão possui quatro pontos de dificuldade: complexidade; incerteza; objetivos múltiplos que se inter-relacionam; possibilidade de diferentes perspectivas levarem a diferentes conclusões de análise.

### 2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A competitividade tem imposto às empresas rurais paranaenses produtoras das *commodities* soja e milho a gerir cada vez mais suas informações de custeio e rentabilidade. Mesmo sendo consideradas *commodities* com sistemas de produção complexos, evidencia-se que a preferência dos produtores rurais é sobre a soja, visto sua rentabilidade e demanda em crescimento superior ao do milho.

O esforço desta pesquisa foi de reforçar de que pouco tem sido feito em termos de desenvolvimento de técnicas de gestão do PCP Agrícola, pois possuem particularidades específicas e que tem carência tanto da academia, quanto da tecnologia da informação para implementar ferramentas que auxiliem o gestor agrícola a planejar e controlar seu processo produtivo.

Fortemente sugere-se que se faça uso de técnicas matemáticas da área de Pesquisa Operacional para otimizar os recursos e, com isso, tomar as decisões mais apropriadas. Fatores econômicos, competitivos, políticos, legais, sociais, ambientais, tecnológicos e principalmente a sazonalidade ajudam a aumentar a complexidade da gestão do PCP Agrícola. Outras limitações são com relação aos gestores quanto ao conhecimento e acesso às tecnologias da informação em forma de sistemas para apoio a tomada de decisão.

Visando a gestão estratégica, tática e operacional de uma propriedade rural produtora das *commodities* soja e milho, sugere-se que através da Tecnologia da Informação seja desenvolvido e implementado um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) adequado à cultura organizacional com arquitetura simples e capaz de apresentar informações seguras e relevantes. Para isto, pode-se fazer uso de

modelos matemáticos de Programação Linear, permitindo ao gestor agrícola flexibilidade, interatividade e pró-atividade para a geração de cenários produtivos e, assim, poder escolher o melhor e mais adequado cenário a ser implementado.

## REFERÊNCIAS

AGUSTINI, C.A. **Gestão financeira nos micros e pequenos empreendimentos no contexto do agronegócio: uma abordagem de desenvolvimento sustentável** – Revista da Micro e Pequena empresa, Campo Limpo Paulista, v.3, n.1, p.3-24, 2009.

AMARANTHUS - **Grupo de Agricultura Orgânica** – USP  
<[http://www.amaranthus.esalq.usp.br/agric\\_conv.htm](http://www.amaranthus.esalq.usp.br/agric_conv.htm) Acesso em 12/04/2012>

ATTONATY, J.M.; CHATELIN, M.H.; GARCIA, F. **Interactive simulation modeling in farm decision-making. Computers and Electronics in Agriculture.** v.22, n.3, p. 157-170, 1999.

BATALHA, M.O. **Gestão agroindustrial.** 3ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BONTKES, T.S.; VAN KEULEN, H. **Modelling the dynamics of agricultural development at farm and regional level.** Agricultural Systems, v.76, n.1, p. 379-396, 2003.

BRESSAN, V.G.; BRESSAN, A.A.; LIMA, J.E.; BRAGA, M.J. **Análise da alavancagem das empresas de capital aberto do agronegócio brasileiro: uma abordagem usando logit multinomial.** Revista de Economia e Agronegócio, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 51-78, 2008.

BROZOVA, H.; SUBRT, T.; BARTOSKA, J. **Knowledge maps in agriculture and rural development.** Agricultural Economics-Zemeda Iska Ekonomika. v. 54, n. 11, p. 546-553, 2008.

CALLADO, A.A.C.; CALLADO, A.L.C. **Relações entre o grau de sofisticação do sistema de custos sobre as práticas de gestão de custos em empresas agroindustriais.** UnB Contábil, v.4, p. 16-25, 2011.

CARBERRY, P.S.; HOCHMAN, Z.; MCCOWN, R.L.; DALGLIESH, N.P.; FOALO, M.A.; POULTON, P.L. **The farmscape approach to decision support: farmers, advisers, researchers monitoring, simulations, communication and performance evaluation.** Agricultural Systems. v.74, n.1, p. 141-147, 2002.

CASSARRO, A. **Sistemas de informações para tomada de decisões.** 2ª. ed. São Paulo: Pioneira. p. 26, 1994.

CHANG, A.M.; HOLSAPPLE, C.W.; WHINSTON, A.B. **A hyperknowledge framework of decision support systems.** Information Process and Management 30, p. 473-498, 1994.

CLEMEN, R.T.; REILLY, T. **Making hard decisions with decision tools.** Belmont, Duxbury, 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: quarto levantamento, janeiro/2012.** Brasília, 2012. 28-30 p.

Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_01\\_10\\_10\\_53\\_02\\_boletim\\_graos\\_3o\\_levantamento.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_01_10_10_53_02_boletim_graos_3o_levantamento.pdf)>. Acesso em: 28 dez. 2012.

CORSINE, F.P.; RIBEIRO, C.O. **Dinâmica e previsão de preços de commodities agrícolas com o filtro de Kalman**. In: XIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais... Rio de Janeiro, 2008.

COSTA, N.L.; BASTOS, A.P.V.; BRUM, A. **Análise dos determinantes da expansão da soja no Brasil e na Amazônia Legal**. A. L. Folha Socioambiental, Ano 02, n° 4 março/abril 2011.

CREPALDI, S.A., **Contabilidade rural: uma abordagem decisória**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, p. 23, 2005.

DALL'AGNOL, A. Embrapa, 2008. Disponível em: <http://brasilbio.blogspot.com/2008/02/porque-fazemos-biodiesel-desoja.html>. Acesso em 13 abr 2012.

DAVIS, J.H. **From agriculture to agribusiness**. Harvard Business Review 34, p. 107-115, 1956.

DAVIS, J.H.; GOLDBERG, R.A. **A concept of agribusiness**. Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1957.

DUARTE, J.O. **Importância econômica**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Sistema de Produção, 2004.

ELGAR, E. **Global agricultural policy reform and trade: environmental Gains and Losses** – Cheltenham, UK – 2005, p. 202. Book Reviewed: Amer. J. Agr. Econ. 91(2) (May 2009): 546–554 - 2009 - Agricultural and Applied Economics Association

EMBRAPA (b). **Economia da produção**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sogo, 2011. Disponível em: <[http://www.cnpmis.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/economia.htm](http://www.cnpmis.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/economia.htm)>. Acesso em: 17 jan. 2011, 23:54:10.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, v.18, p. 360, 2000.

FLECK, C.F. **A tríade ensino-pesquisa-extensão e os vetores para o desenvolvimento regional**. G&DR. v.7, n.3, p. 270-298, 2011.

FOUNTAS, S., KYHN, M.; LIPCZAK, J.H. **A systems analysis of information system requirements for an experimental farm**. Precision Agriculture. v.10, n.3, p. 247-261. 2009.

GASQUES, J.G.; REZENDE, G.C.; VERDE, C.M.V.; SALERNO, M.S.; CONCEIÇÃO, J.C. P. R.; CARVALHO, J.C.S. **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil**. Piracicaba: IPEA, 2008. (Texto para discussão, 1009). Disponível em: <[www.ipea.gov.br/pub/td/2008/td\\_1009.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/2008/td_1009.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2012.

GIRARD, N.; HUBERT, B. **Modelling expert knowledge with ledge-based systems to design decision aids – The example of knowledge-based model on grazing management**. Agricultural Systems. v. 59, n.2, p. 123-44, 1999.

HICKS, J.R. **Value and capital**. London: Oxford University Press, 1939.

HORNEGREN, G.T.; DATAR, S.M.; FOSTER, G. **Contabilidade de custos: uma abordagem gerencial**. 11. ed., v.1. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

HOWARD, R.A. **The evolution of decision analysis**. In: Howard, R. A. *et al.* Readings on the principles and applications of decision analysis - Vol. I. California: Strategic Decision Group, p. 5-16, 1989.

HUBNER, O. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2010/11 – soja**. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento-Departamento de Economia Rural, 2010.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Sobre o Paraná: setores econômicos: agropecuária**. Disponível em: [http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=1](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1). Acesso em 11/08/2012

ISAAC, M.E.; DAWOE, E.; SIECIECHOWICZ, K. **Assessing Local Knowledge Use in Agroforestry Management with Cognitive Maps**. Environmental Management, v. 43, n. 6, p. 1321-1329, 2009.

KALDOR, N. **A symposium on the theory of the forward market**. Review of Economic Studies 7 (1940): p. 196-201.

KEATING, B.A.; MCCOWN, R.L. **Advances in farming systems analysis and intervention**. Agricultural Systems. V.70, n. 2-3, p. 555-579, 2001.

KEYNES, J.M. **A treatise on money**. London: Macmillan, 1930.

KING, R.P.; BOEHLJE, M.; COOK, M.L.; SONKA, S.T. **Agribusiness economics and Management** - Published by Oxford University Press on behalf of the Agricultural and Applied Economics – 2010.

LAL, R. **Soil quality impacts of residue removal for bioethanol production**. Soil and Tillage Research, v.102, p. 233-241,2008.

LEONE, G.S.G. **Curso de contabilidade e custos**. 3ª. Ed. P. 445. São Paulo: Atlas, 2009.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel> Acesso:23/03/2012.

MAPA-<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/tecnologia-agropecuaria> Acesso: 18/02/2012.

MAPA (2012) – fonte: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja/saiba-mais> Acesso em 23/03/2012.

MARSHALL, A. **Industry and trade**. London: Macmillan, 1919.

MAYER, D.G.; BELWARD, J.A. ;BURRAGE, K. **"Robust parameter settings of evolutionary algorithms for the optimisation of agricultural systems models."** Agricultural Systems v.69, n. 3, p.199-213. 2001.

MCCOWN, R.L.. **"Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects."** Agricultural Systems. v. 74, n.1, p. 179-220. 2002.

MEINKE, H.; BAETHGEN, W.E.; CARBERRY, P.S. **Increasing profits and reducing risks in crop production using participatory systems simulation approaches.** *Agricultural Systems*, v. 7, n. 2-3, p. 493-513, 2001.

MINEO, J.C.F. **A previsibilidade dos preços agrícolas e as perspectivas do mercado de futuros no Brasil**, p. 5, UFPR, 2010.

NEPOMUCENO, F. **Contabilidade rural e seus custos de produção.** São Paulo: IOB – Thomson, p. 91, 2004.

OLIVEIRA, D.P.R. **Sistemas de informações gerenciais.** 7ª. Ed. São Paulo: Atlas. P. 37-39, 2001.

PARANÁ 2012a SEAB, **Valor bruto da produção agropecuária paranaense 2010.** Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br>. Acesso em: 10 agosto/2012.

PARANÁ 2011a SEAB, **Comparativo de área, produção e produtividade.** Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br>. Acesso em: 10 agosto/2012.

PAVLOVIC, M., KOUMBOULIS, F.N.; TZAMTZI, M.P.; ROZMAN, C. **Role of automation agents in agribusiness decision support systems.** *Agrociência*. v.42, n.8, p. 913-923. 2008.

PENNINGS, J.M.; EGELKRAUT, T.M. (2005). **Why Do Commodity Futures Markets Exist?** *American Agricultural Economics*.

PINTO, F.R.; LEMOS, A.Q.; ROCHA, J.A.; FERREIRA, J.W. **A percepção dos empresários do setor do agronegócio sobre as práticas de responsabilidade sócio-ambiental.** *G&DR*. V.6 n.2. p. 73-96, 2010.

PURCIDONIO, P.M.; OLIVEIRA, L.S.; HATAKEYAMA, K.; SCANDELARI, L. (2006), **A gestão eficaz do conhecimento através da integração entre ERP e CRM: um estudo de caso em uma indústria do setor metalúrgico.** In: Encontro Nacional de Produção, XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza, CE.

REVISTA EXTENSÃO RURAL, DEAER/PPGExR – CCR – UFSM, Ano XVI, nº 17, Jan – Jun de 2009.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.F. **Administração financeira.** 2. Ed. P. 776. São Paulo: Atlas, 2002.

SALGADO JUNIOR, A.P.; BONACIM, C.A.G.; PACAGNELLA JUNIOR, A.C. **Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação de eficiência de usinas de açúcar e álcool da região nordeste do Estado de São Paulo.** *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Lavras, v.11, n.3, 2009.

SEURING, S.; GOLDBACH, M. **Cost management in supply chains.** *Physica-Verlag Heidelberg New York.* A Springer-Verlag Company. Oldenburg: Germany. P. 435, 2002.

TURBAN, E.; RAINER, R.K. JR.; POTTER, R.E. **Administração de tecnologia da informação – teoria & prática**, 3. Ed. p. 355-380, Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

ZAMCOPE, F.C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; DUTRA, A. **Modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos – um estudo de caso na indústria têxtil**. Gestão e Produção. v. 17, n.4, p. 693-705, 2010.

ZYLBERSZTAJN, D. **Conceitos gerais, evolução e apresentação do sistema agroindustrial**. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Orgs.). Economia e gestão dos negócios agroalimentares. São Paulo: Pioneira, 2000.

### 3. ARTIGO 2

#### **Modelo Matemático de Programação Linear para a Tomada de Decisão no Planejamento e Controle de Produção do Agronegócio no Estado do Paraná para as *commodities* soja e milho**

Mathematical Model Linear Programming for Decision Making in Planning and Production Control of Agribusiness in the state of Paraná for commodity soybean and corn

Paulo Alipio Alves de Oliveira; Maria Teresinha Arns Steiner

*Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR); Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas; Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, CEP: 80.215-901, Curitiba, Paraná, Brasil; e-mails: [paulo\\_alipio@hotmail.com](mailto:paulo_alipio@hotmail.com); [maria.steiner@pucpr.br](mailto:maria.steiner@pucpr.br)*

#### **RESUMO**

O presente artigo apresenta a importância da técnica de Programação Linear como ferramenta de suporte para tomada de decisão no Planejamento e Controle da Produção Agrícola (PCPA). Teve como princípio a obtenção de solução ótima para o PCPA para as culturas tipo grão mais expressivas no Estado do Paraná, soja e milho. O objetivo foi a utilização da Pesquisa Operacional através da implementação de um modelo matemático para otimizar os recursos disponíveis de modo a minimizar os custos e maximizar os resultados, considerando as restrições do modelo. O modelo apresentado mostra ser capaz de auxiliar o tomador de decisão no que diz respeito sob qual cultura fazer-se os devidos investimentos. No entanto, o modelo proposto serve apenas de ferramenta de apoio à tomada de decisão, pois não descarta-se a interpretação técnica e o conhecimento tácito do gestor agrícola. As variáveis tratadas no modelo foram: a área plantada, os custos de produção e o valor de venda das *commodities* no mercado futuro e, com isso, avaliar através de cenários quantitativos, qual cultura pode obter a melhor rentabilidade.

**Palavras-chave:** Modelo Matemático de Programação Linear. Tomada de Decisão. Planejamento e Controle de Produção Agrícola.

## ABSTRACT

This paper presents the importance of the technique of linear programming as a tool to support decision making in the Planning and Control of Agricultural Production (PCPA). Principle was to obtain the optimal solution to the PCPA for crops like grain marked in the State of Parana, soybean and corn. The goal was the use of Operations Research through the implementation of a mathematical model to optimize the available resources to minimize costs and maximize results, considering the constraints of the model. The model presented shows to be able to help the decision maker regarding under which culture make up the necessary investments. However, the proposed model is only a tool to support decision making, because it discards the technical interpretation and tacit knowledge of agriculture manager. The variables in the model were treated: acreage, production costs and the sale value of the commodity futures market and thereby assess through quantitative scenarios, which culture can get the best return.

**Keywords:** Mathematical Model Linear Programming. Decision Making. Planning and Control of Agricultural Production.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O produtor agrícola, de uma forma geral, visa encontrar meios para diminuir seus custos de produção, evitar desperdícios e melhorar seu planejamento e controle de produção agrícola (PCPA), acarretando na maximização de suas receitas. Isto possibilitará ao produtor obter informações mais precisas e pontuais sobre sua real situação e conseguir apurar quais culturas deverão ser produzidas em sua propriedade (LOURENÇO, 2008). Para Batalha (2008), o processo de PCPA é um dos principais segmentos que compõe o agronegócio.

Callado *et al.* (2005), caracterizam a gestão de custos agrícolas como apoio ao seu planejamento, pois permite confrontar a realidade vivida pela empresa rural e o planejamento estabelecido, permitindo diagnosticar riscos através da análise de composição dos custos agrícolas e avaliar o rendimento da atividade desenvolvida. Nesse sentido, Hall *et al.* (2008) concluíram que a maioria dos empresários rurais tem consciência da importância da gestão de custos para a tomada de decisão e que seu nível de conhecimento sobre planejamento dos custos de produção não é satisfatório, restringindo-se ao fluxo de caixa obtido junto a seus contadores.

Devido à complexidade do processo produtivo agrícola das *commodities* soja e milho, aos riscos e incertezas que norteiam este segmento do agronegócio, principalmente a política de formação de preço (ditada pelo mercado), e a questão climática, fazem com que as empresas agrícolas necessitem de mecanismos de formação e controle de custos, preços e remuneração dos seus investimentos bem definidos.

Com a globalização da economia, os produtores rurais não conseguem determinar os preços de venda dos seus produtos tipo *commodity*, pois os mesmos são determinados pelo mercado internacional e, como consequência direta, os lucros ficam dependentes destes valores. Esse fato implica na competitividade, onde a qualidade e a produtividade se tornam metas prioritárias na busca por novos planejamentos, novas tecnologias, novas variedades de sementes e insumos, bem como, a reorganização e otimização do sistema produtivo (SBARDELOTTO, 2006).

Neste trabalho será apresentado um modelo matemático agrícola com o objetivo de maximizar a rentabilidade de proprietários rurais a um mínimo custo, considerando as *commodities* soja e milho. A escolha destas duas *commodities*

deve-se ao fato das mesmas serem as mais plantadas no estado do Paraná e por representarem os produtos agrícolas com maior Valor Bruto de Produção (VBP) agropecuário paranaense, e pelo fato de que as informações de custos de produção, produtividade e preço de venda serem de fontes oficiais.

Sabendo-se que as *commodities* soja e milho têm seus preços determinados pela moeda americana (dólar), neste trabalho será considerada a moeda nacional (Real) para facilitar a correlação entre as análises. A rentabilidade será proveniente da função lucro ( $Z$ ), clássica da literatura, é dada por  $L = R - C$ , onde  $L$  é o lucro ou rentabilidade obtida;  $R$  é a receita e  $C$  representa os custos.

A gestão de propriedades rurais é complexa e exige tempo e conhecimento dos seus gestores. Assim, os gestores agrícolas ao tomarem decisões se defrontam com um grande volume de informações e, para conseguir analisá-las, se faz necessário o uso de ferramentas computadorizadas, como os Sistemas de Apoio a Decisão (SADs). Neste contexto, é que este artigo se atém ao fato de que os gestores agrícolas precisam de SADs que contenham em seu cerne, um modelo matemático simples e específico para o caso agrícola, para sugerir qual ou quais culturas agrícolas serão as mais e menos rentáveis dentro de um contexto de simulações matemáticas.

O objetivo principal deste artigo é mostrar como um modelo matemático de Programação Linear, da área de Pesquisa Operacional, pode ser utilizado como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, objetivando a maximização de receitas de produtores agrícolas.

O artigo está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, na seção 3.2 é apresentada uma breve introdução sobre modelos de Programação Linear, através de seus conceitos básicos. Na seção 3.3 são apresentados três cenários para tomada de decisão "do quê" e "quanto" plantar de cada uma das *commodities* analisadas, sendo que para a resolução do modelo matemático foi utilizado o *software* LINGO (*Language for Interactive General Optimizer*). Na seção 3.4 são descritas as considerações finais do trabalho.

## 3.2. REVISÃO DA LITERATURA

### 3.2.1. Programação Linear

Segundo Puccini *et al.* (1990), os modelos de Programação Linear (PL) possuem as seguintes características:

- a) um critério de escolha das variáveis de decisão constituído por uma função linear das variáveis. Esta função é denominada de função objetivo e seu valor deve ser otimizado (maximizado ou minimizado);
- b) as relações de interdependência entre as variáveis de decisão se expressam por um conjunto de equações e/ou inequações lineares. Essas relações são denominadas restrições;
- c) as variáveis de decisão do modelo são não-negativas, ou seja, positivas ou nulas.

O modelo matemático (1) de PL possui a seguinte forma:

$$\text{Max (Min) } Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

$$\text{Sujeito a: } a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$$

.....

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0$$

ou, simplesmente em notação matricial:

$$\text{Max (Min) } Z = c x$$

$$\text{Sujeito a: } A x \leq b$$

$$x \geq 0$$

A função  $Z$ , da equação (1), a ser encontrada é chamada de função-objetivo e as inequações (2), (3), ... (n), (n+1) são as restrições. Definido o modelo linear, composto pela função-objetivo linear e pelas restrições lineares, o método de resolução (em geral o Método Simplex) se incumbe de encontrar a solução ótima, ou

seja, de encontrar os valores das variáveis de decisão  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , que maximize (minimize) a função  $Z$ , sem violar as restrições.

Segundo Frossard (2009):

O modelo visa determinar o valor ótimo de uma função linear, dado um conjunto de restrições lineares de natureza estrita e não estrita. A função objetivo mede a eficiência e desempenho do sistema (no caso de maximização mede, por exemplo, o valor do lucro e no caso de minimização mede, por exemplo, o valor do custo). As restrições garantem que as soluções encontradas estão de acordo com as limitações técnicas impostas pelo sistema. Existem ainda outras restrições que exigem a não negatividade das variáveis de decisão.

Não há uma regra fixa para a definição do modelo matemático agrícola, objetivo deste trabalho, porém existe um roteiro que ajuda o raciocínio, como o apresentado a seguir.

- a) quais deverão ser as variáveis de decisão? Ou seja, sobre o que desejamos decidir? No caso do presente trabalho desejamos definir as quantidades (em termos de área) das *commodities* (soja e milho) a serem produzidas;
- b) qual deverá ser o objetivo do modelo? No caso do problema aqui abordado, o objetivo será a maximização do lucro/receita;
- c) quais deverão ser as restrições? No caso do problema, as restrições serão com relação a área máxima da qual o produtor dispõe para o plantio e, também, se ele já possui alguma ideia pré-definida sobre “o quê” plantar e/ou “quanto”, em termos de área, plantar.

Segundo Merlo *et al.* (2012), as dificuldades encontradas pelas empresas nacionais fizeram com que a busca por informações com qualidade passassem a ter grande importância no apoio à tomada de decisão. Através da aplicação da Programação Linear, foi elaborado um modelo matemático ao problema proposto no seu estudo, o qual foi resolvido com a utilização do *software* LINGO sendo que os resultados apresentados trouxeram a possibilidade e um incremento significativo no lucro.

Para Donato *et al.* (2008), a utilização de um modelo matemático de otimização fornece à empresa uma visibilidade sobre o maior retorno dadas as restrições existentes para a formação de um plano de produção baseado em uma demanda do mercado. Utilizando a Programação Linear, a empresa possui uma

poderosa ferramenta estruturada para visibilidade e controle sobre os pontos de melhoria, além de facilitar todo o entendimento da organização sobre os processos de planejamento e processo decisório. Para Barros (2012), com um conjunto de informações detalhadas de todo o sistema produtivo agrícola, suas restrições, e a utilização de Programação Linear para planejamento e otimização de uma propriedade agrícola, justifica-se a aplicação do modelo matemático para encontrar a solução ótima da maximização dos lucros.

Para Oening *et al.* (2004), na busca pela maximização da lucratividade, os gestores podem dispor da otimização da produção utilizando ferramentas desenvolvidas e embasadas na Pesquisa Operacional através da Programação Linear, pois em sua linha de pesquisa, a Programação Linear é eficiente quanto à evidenciar a maximização dos lucros na produção. Noutra pesquisa, os mesmos autores evidenciam que o modelo matemático de Programação Linear se mostrou eficiente ao evidenciar a lucratividade dos produtos estudados pelo seu preço de venda descontando-se todos os gastos variáveis e diretos de produção e vendas (OENING *et al.* 2006).

A utilização de um modelo matemático de Programação Linear com a possibilidade de criação de vários cenários para o Planejamento e Controle da Produção em empresas produtoras de sementes ficou evidenciado no trabalho de Junqueira *et al.*, 2006, onde considerados os custos produtivos e as variáveis da atividade para maximização dos lucros permite uma visão sistêmica, aumentando a competitividade das empresas agrícolas.

### **3.3. MODELO MATEMÁTICO AGRÍCOLA**

Os modelos matemáticos têm grande importância para o setor agrícola, pois apontam para tomadas de decisão ótimas a serem tomadas pelos gestores agrícolas.

Segundo Bessler *et al.* (2010), os economistas agrícolas foram os pioneiros da criação de modelos matemáticos agrícolas por quantificar relações de demanda para várias *commodities*, a fim de explorar ciclos observados na produção, preços e rentabilidade da produção de seus produtos, estudando o impacto das políticas

governamentais ou a introdução de novas tecnologias, na “tentativa de prever” o futuro. Tais economistas agrícolas basearam-se em técnicas de estimativas lineares, incluindo análise de correlação múltipla, estimativa de variável de negócio, estimativa de análise de ciclo e estatística de curvas de oferta e demanda. Com o passar do tempo, os métodos evoluíram e agora temos disponível um volume de dados muito mais rico e completo para as análises e, com isso, apontar as tendências.

Segundo Megliorini (2002), em um mercado altamente competitivo, o conhecimento e a arte de bem administrar são fatores determinantes do sucesso de um empreendimento. Assim, não se pode relegar a um plano secundário os cálculos de custos, pois estes serão ferramentas auxiliares de uma boa administração. Este autor reforça que cada empresa tem suas peculiaridades e, portanto, os custos para serem úteis devem refletir a empresa e servir de base para atender às necessidades para as quais foi designado.

No modelo matemático proposto, como os custos de produção e preço de venda estão constantemente sujeitos às restrições e variações, a intenção é proporcionar ao gestor agrícola uma ferramenta capaz de contribuir na gestão dos seus processos estratégicos, táticos e operacionais, a fim de maximizar a sua rentabilidade, a custos mínimos de produção.

O modelo matemático proposto poderá ser utilizado por produtores rurais para optar sobre qual a melhor cultura a ser plantada, pois apontará o montante dos custos de produção e da rentabilidade prevista. Também será apresentada a gestão de compras sazonais dos insumos agrícolas, visto a disponibilidade e risco se não adquiridos no período estabelecido pelo mercado fornecedor.

A formulação das estratégias empresariais é complexa, uma vez que a própria estratégia está mergulhada em uma multiplicidade de fatores e de componentes internos e externos. Muitos destes fatores estão situados completamente fora do controle das organizações (BARBOSA *et al.*, 2008). Segundo Heifner *et al.* (1999) *apud* Esperancini (2006), as maiores fontes de riscos e incertezas na agricultura são: a produção, preços dos produtos e custos de produção.

Diante deste cenário, o modelo matemático proposto surge como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, pois permite nortear as ações gerenciais

das organizações agrícolas ao PCPA dentro de um plano de criação prévia de cenários produtivos de culturas agrícolas, diminuindo com isso, a possibilidade de tomada de decisões equivocadas.

Sendo assim, neste trabalho é realizada a análise de rentabilidade da produção da soja e do milho convencionais na safra de verão, associada às variáveis de riscos e incertezas: preço dos produtos (receita) e custos de produção (custos fixos e variáveis).

Segundo Sbardelotto (2006) *apud* Gibbin (2005), o processo de construção de um modelo matemático deve ser estruturado como um conjunto de etapas:

- a) coleta de dados;
- b) formulação/construção do modelo;
- c) resolução e interpretação do modelo;
- d) tabulação dos resultados.

As simulações para aplicação do modelo matemático se refere a 1ª. safra 2012/2013 (safra de verão) e para o universo da pesquisa, são aqui considerados três cenários para exemplificação, considerando os produtos soja e milho convencionais. Apesar de serem semelhantes, possuem diferenciais de restrições, as quais determinam qual cultura poderá ser a mais rentável. Nestes modelos, a área das lavouras foi considerada em hectares (ha) e os custos, em reais. As variáveis foram limitadas ao total da área plantada em ha, produtividade média por ha, preço de venda da saca de 60 kg, os custos de produção e, conseqüentemente a rentabilidade.

A pesquisa foi delimitada ao estado do Paraná e, como a maioria das propriedades paranaenses tem extensão de até 50 ha, este foi o valor referência de área a ser plantada nas duas culturas: milho e soja. Cada cenário do modelo apontará para o gestor agrícola o resultado econômico ótimo (máximo lucro).

### **3.3.1. Coleta de Dados**

Para efetivação deste estudo, considerou-se como fonte de dados para as *commodities* soja e milho convencionais, a CONAB (Companhia Nacional de

Abastecimento), DIGEM (Diretoria de Logística e Gestão Empresarial) e SUINF (Superintendência de Informações do Agronegócio) de outubro/2012.

Na Tabela 1, apresentada a seguir, estão apresentados, para cada uma das duas culturas, os valores relacionados:

- 1) Receitas Previstas, considerando a produtividade por saca (SC de 60 kg/ha); valor de venda (R\$/SC); valor da receita (R\$/ha);
- 2) Descrição das Despesas, e as mesmas estão subdivididas em despesas diretas e indiretas. Custos diretos são ocasionados pela produção, como: sementes, adubos, fertilizantes e defensivos agrícolas, horas máquina de plantio, colheita e venda, mão-de-obra, seguro de produção, assistência técnica e despesas gerais. Já os custos indiretos ocorrem independentemente de se estar produzindo ou não, que são a manutenção e depreciação de máquinas e equipamentos/ implementos agrícolas, benfeitorias, seguro, dentre outros.

O universo do estudo limitou-se ao estado do Paraná. A moeda padrão foi o real e a unidade de medida para as áreas plantadas foi o hectare (ha). As informações de preço de venda para as *commodities* soja e milho convencionais, foram obtidas da Bolsa de Valores de Chicago em 29/10/2012 em dólar americano e convertidos para a moeda nacional (Real), com previsão de venda para março de 2013.

Tabela 1 - Dados sobre as duas culturas analisadas (Milho e Soja Convencionais)

<b>LAVOURA</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>
<b>RECEITAS</b>		
PRODUTIVIDADE (SC 60 kg/ha)	116,66	50
VALOR VENDA (R\$/SC)	35,23	71,10
<b>DESPESAS</b>		
Operação de máquinas e implementos	114,87	148,29
Benfeitorias em máquinas e encargos sociais	27,47	40,8
Mão-de-obra temporária	7,07	11,3
Sementes	218,14	99
Fertilizantes	855,27	306,45
Defensivos	200,68	178,66
Recepção, limpeza, secagem e armazenagem	396,57	85,13
Transporte externo	3,42	48,9
Assistência técnica	32,20	15,74

Proagro / seguro	46,69	22,83
Juros de Financiamento	65,86	41,72
Depreciação de máquinas e implementos	60,63	107,69
Depreciação de benfeitorias e instalações	60,85	61,54
Sistematização e correção de solo e CESSR	53,97	64,07
Seguro do capital	3,73	6,16
Mão-de-obra permanente	49,76	43,52
Remuneração do capital próprio	36,12	59,67
Remuneração da terra	290,40	290,4
<b>TOTAL DAS DESPESAS</b>	<b>2.523,70</b>	<b>1.631,87</b>

Fonte: CONAB/DIGEM/SUINF - Out/2012

Abaixo, seguem informações utilizadas para elaboração da Tabela 1.

<b>SOJA</b> - Acesso à Bolsa de Chicago em 29/10/12 para venda em Março de 2013 = U\$ 16,00 / bushel = 2,2 bushel/sc 60kg = U\$ 35,2/sc
Valor em R\$ Soja na Bolsa de Chicago em Março/2013 = R\$ 71,10
Cotação Dólar Comercial Venda em 29/10/12 = R\$ 2,02
Fonte: CONAB/DIGEM/SUINF - OUT/2012
1 Bushel Soja = 27,2kg.
<b>MILHO</b> - Acesso à Bolsa de Chicago em 29/10/12 para venda em Março de 2013 = U\$ 7,39 / bushel = 2,36 bushel/sc 60kg = U\$ 17,44/sc
Valor em R\$ Milho na Bolsa de Chicago em Março/2013 = R\$ 35,23
Cotação Dólar Comercial Venda em 29/10/12 = R\$ 2,02
Fonte: CONAB/DIGEM/SUINF - OUT/2012
1 Bushel Milho = 25,2kg.

Tendo em vista os valores da Tabela 1, têm-se os seguintes valores para a Rentabilidade/ha, de acordo com a equação (1), considerando a Produtividade (SC 60 kg/ha); Valor da Venda (R\$/SC) e o Desembolso (ha):

$$\text{Rentabilidade} = \text{Produtividade} \times \text{Valor da Venda} - \text{Desembolso} \quad (1)$$

1. Milho convencional:  $(116,66 \times \text{R\$ } 35,23) - \text{R\$ } 2.523,70 = \text{R\$ } 1.586,23$ .

2. Soja convencional:  $(50 \times \text{R\$ } 71,10) - \text{R\$ } 1.631,87 = \text{R\$ } 1.923,13$ .

De imediato observa-se que a cultura que apresenta a maior rentabilidade é a da soja. O objetivo do modelo matemático é mostrar a cultura mais rentável, ficando a critério do gestor agrícola optar (ou não) pela cultura, conforme sua estrutura e adesão ao tipo de plantio. O gráfico 3 compara as receitas, custos e rentabilidade para as duas commodities abordadas.

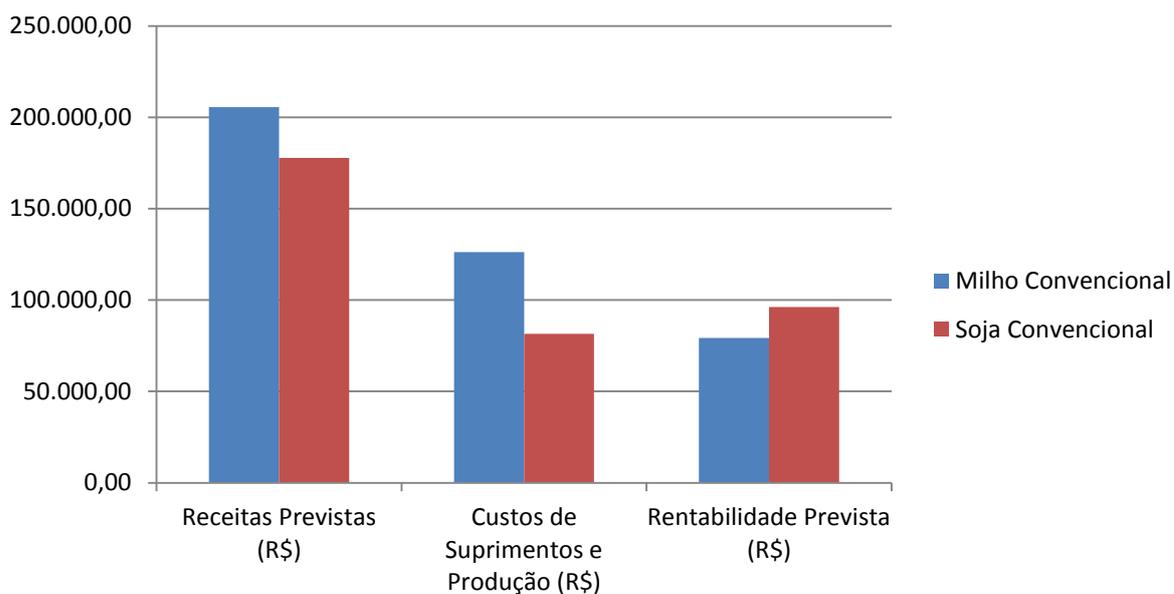


Gráfico 3 – Receitas – custos – rentabilidade das culturas  
Fonte: O Autor (2013)

Vê-se que o milho convencional tem a maior receita prevista, mas os maiores custos de suprimentos e produção e, a menor rentabilidade, fazendo com que a análise não fosse favorável como melhor opção de plantio para a safra de verão 2012/13. Já a soja convencional apresentou a melhor receita prevista, assim como seus custos de suprimentos e produção, e rentabilidade.

A soja convencional é a cultura mais propícia a ser plantada na safra 2012/13, pois os bons preços recebidos pelos produtores rurais nas últimas safras (gráfico 4), tem contribuído pelo crescimento da área plantada tanto no Paraná, quanto no Brasil. Por ter maior liquidez, além de exigir menores custos de suprimentos e de produção comparada com o milho, tem sido a opção de plantio preferida pelos produtores paranaenses na primeira safra. Para a segunda safra (de inverno), o milho, por suas características, tem maior adesão ao plantio.

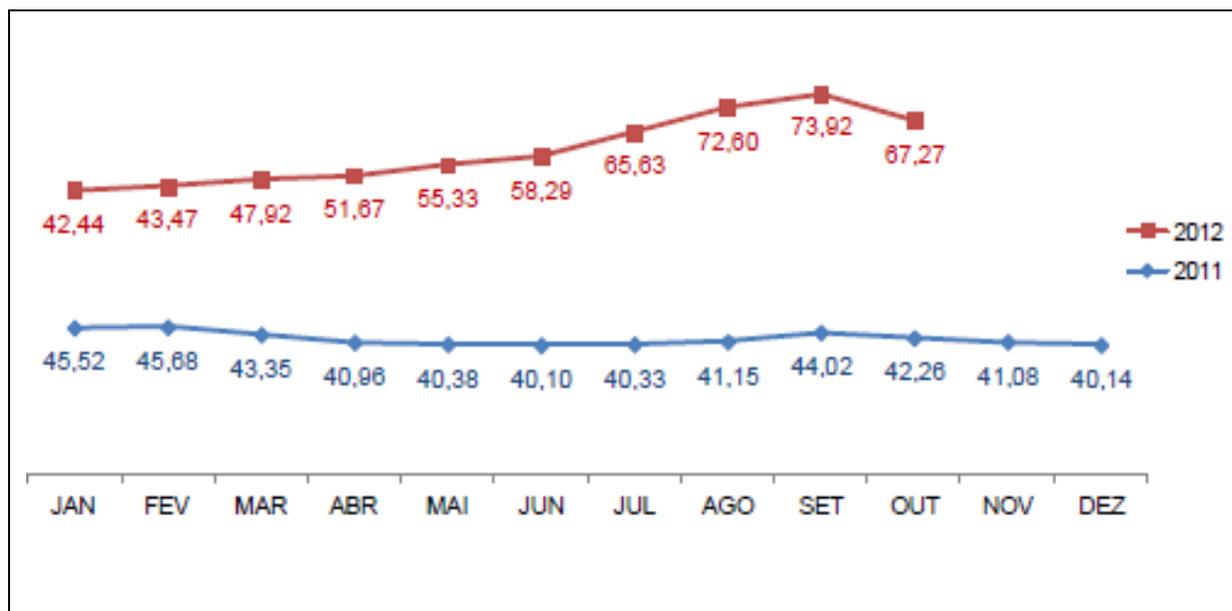


Gráfico 4 - Soja - Preços médios recebidos pelos produtores paranaenses 2011/12 - sc/60Kg  
Fonte: SEAB/DERAL (2012)

Em anexo a este artigo, são apresentadas duas tabelas adicionais que mostram a composição dos volumes de insumos para a safra de soja 2012/13, assim como o planejamento das compras dos insumos, pois devido à sazonalidade, os insumos tem período certo de aquisição em decorrência de oferta também ser sazonal para muitos dos produtos agrícolas, principalmente sementes.

### 3.3.2. Construção do Modelo Matemático

Para a construção do modelo matemático em pauta, foram consideradas como variáveis de decisão, as seguintes:

- $x_m$  = quantidade (área) de milho a ser plantada;
- $x_s$  = quantidade (área) de soja a ser plantada;

Desta forma, o modelo matemático apresentado na seção (3.2), fica definido conforme o modelo (1).

$$\text{Max Lucro/Rentabilidade} = c_m x_m + c_s x_s \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \begin{array}{rcl} x_m + & x_s & = T \\ x_m & & \leq T_m \end{array}$$

$$x_s \leq T_s$$

$$x_j \geq 0, \text{ com } j = m, s$$

onde, conforme mostrado na seção 3.3.1, os valores de  $c_m = 1586,23$  e  $c_s = 1923,13$ , sujeitos a constantes atualizações.

Neste modelo matemático tem-se que a função objetivo (1) maximiza a rentabilidade associada a cada uma das três culturas. A restrição (2) garante que as culturas selecionadas para o plantio totalizem a área total ( $T$ ) disponibilizada para tal. As restrições (3) e (4) garantem que as culturas de milho e soja não ultrapassem o total de área ( $T_m, T_s$ ) a elas destinada.

### 3.3.3. Desenvolvimento de Cenários

O modelo matemático apresentado na seção 3.3.2 requer dados específicos de cada produtor, ou seja, os valores para os parâmetros  $T$ ,  $T_m$  e  $T_s$ . Assim, foram gerados alguns cenários com diferentes valores para tais parâmetros.

Vale enfatizar que para a resolução de cada um dos modelos gerados para cada uma das situações, requereu a utilização de um *software* que proporcionasse tanto precisão quanto agilidade no processo de compilação dos dados da amostra escolhida. Para tanto, foi empregado o *software MS-Excel* que permitiu a realização da análise propriamente dita para validação da modelagem proposta. Já para a resolução do modelo matemático de Programação Linear foi feito uso do *software LINGO (Linear Interactive Genral Optimizer)*, versão 12.0.

Foram executados dois cenários conforme apresentados a seguir.

#### A) Cenário 1:

Para este cenário 1, supõe-se que os dados da área do produtor agrícola sejam os seguintes:  $T = 50$  ha;  $T_m = 50$  ha.;  $T_s = 0$ ; ou seja, o desejo do produtor é investir toda a sua área em milho.

Assim, o modelo matemático apresentado na seção 3.3.2 assume a forma (2).

$$\text{Max Lucro/Rentabilidade} = 1.586,23 x_m + 1.923,13 x_s \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Sujeito a:} \quad & x_m + x_s = 50 \\ & x_m \leq 50 \\ & x_s \leq 0 \\ & x_j \geq 0, \text{ com } j = m, s \end{aligned}$$

A resolução deste modelo através do *software LINGO* fornece os seguintes valores:

$$x_m = 50; x_s = 0; \text{Rentabilidade} = 79.311,50.$$

### B) Cenário 2:

Para este cenário 2, supõe-se que os dados da área do produtor agrícola sejam os seguintes:  $T = 50$  ha;  $T_m = 0$  ha.;  $T_s = 50$ , ou seja, o desejo do produtor é investir toda a sua área em soja convencional.

Assim, o modelo matemático apresentado na seção 3.3.2 assume a forma (3).

$$\text{Max Lucro/Rentabilidade} = 1.586,23 x_m + 1.923,13 x_s \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Sujeito a:} \quad & x_m + x_s = 50 \\ & x_m \leq 0 \\ & x_s \leq 50 \\ & x_j \geq 0, \text{ com } j = m, s \end{aligned}$$

A resolução deste modelo através do *software LINGO* fornece os seguintes valores:

$$x_m = 0; x_s = 50; \text{Rentabilidade} = 96.156,50.$$

E assim pode-se imaginar em diversos outros cenários que, apesar de bastante simples, auxiliará o produtor a melhor se organizar. É claro que o modelo matemático apresentado poderá sofrer complementações em termos de restrições, assim como atualizações, de acordo com a rentabilidade dos produtos analisados.

Os resultados para os cenários 1 e 2 de forma sucinta estão apresentados na Tabela 2, mais adiante.

### 3.3.4. Tabulação dos Resultados

De acordo com os cenários apresentados na seção 3.3.3, têm-se, então, os resultados tabulados na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Resultados das culturas estudadas/sugeridas

Cenários	Cultura	Receitas Previstas (R\$)	Custos de Suprimentos e Produção (R\$)	Rentabilidade Prevista (R\$)	Margem de Lucro
1	Milho Convencional	205.496,59	126.185,00	79.311,59	1,63
2	Soja Convencional	177.750,00	81.593,50	96.156,50	2,18

Fonte: O Autor (2013)

Além da análise dos resultados, através da visualização da melhor rentabilidade prevista, também há a possibilidade de visualização através da margem que é uma das técnicas mais utilizadas para formação de preço de venda, considerado relevante para um preço justo e ao mesmo tempo, como fator de rentabilidade para as empresas, considerando os custos fixos e variáveis (VIEIRA, 2008). Ou seja, margem é a razão, em percentual, entre a receita prevista de um bem ou serviço e o seu custo de produção. A margem de lucro pode ser encontrada através da equação (2) a seguir.

$$Margem = \frac{\text{Receita Prevista}}{\text{Custos de Suprimentos e de Produção}} \quad (2)$$

Vemos então na Tabela 2 que a soja convencional obteve margem de 2,18 que representa 118% de rentabilidade (cenário 2), e o milho convencional apresentou a menor margem apontada, ou seja, 1,63 que representa 63% de rentabilidade. Vê-se que o modelo matemático é flexível e permite múltiplas combinações de possíveis cenários.

### 3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como auxílio à tomada de decisão do produtor agrícola paranaense do que e quanto plantar de tipos de grãos visando a maior rentabilidade e viabilidade, o presente trabalho de pesquisa se propôs a apresentar um modelo matemático, através da programação linear que oferecesse esta condição de maneira simples e amigável com a implementação de uma ferramenta computacional, denominada Sistema de Apoio à Decisão (SAD). O modelo matemático proposto mostrou-se aderente, pois após descrição do problema e implementação dos cenários, análises foram realizadas onde comprovou-se que, matematicamente, o cultivo da soja é a mais rentável atualmente, com margem de 2,18, que representa 118% de rentabilidade, mas que fica a critério de cada gestor rural e sua disponibilidade de infraestrutura para implementar tal tipo de cultura. Numa visão mercadológica, vê-se que atualmente a soja convencional é a mais indicada para médias e grandes propriedades rurais e com perspectivas comerciais de crescimento para os próximos anos, o que provoca uma maior adesão para a safra de verão em comparação com o milho, o qual ganha força de cultivo na safra de inverno (que não é propício à soja no Paraná).

Observa-se que as variáveis preço de venda, produtividade por ha, área plantada e custos de produção afetarão os resultados, e é justamente este o principal objetivo do modelo matemático, poder fornecer através da ferramenta computacional, controle de toda uma safra quanto ao previsto e realizado, possibilitando adequar o modelo de tempo em tempo para visualizar o real resultado e possíveis tendências e, com o passar dos anos/safras, ter informações históricas para auxiliar os gestores agrícola nas tomadas de decisão de maneira mais precisa e eficiente.

Considerando o contexto nacional e paranaense e suas especificidades do agronegócio, ainda há uma carência para novos trabalhos de pesquisa e suas implementações, pois além de ser necessário propor e evidenciar novas ferramentas computacionais para planejamento e controle da produção agrícola, estas devem compor uma metodologia a ser disseminada no setor produtivo agrícola.

As cadeias de produção do agronegócio passam por uma fase de aprimoramento tecnológico, devido à necessidade de aperfeiçoar os processos de

produção. Isto significa reduzir custos, aumentar a produtividade e, conseqüentemente, aumentar a rentabilidade. O uso de técnicas da área de Pesquisa Operacional possibilita estruturar processos produtivos, propor um conjunto de alternativas de ação e, com isso, poder prever e comparar valores e cenários produtivos.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, E. R.; BRONDANI, G. **Planejamento estratégico organizacional**. Revista Eletrônica de Contabilidade, v.1, n.2, dez/2008.

BARROS, C.S.; RAINERI, C.; FIGUEIREDO, A.L.A.G.; CAMPOS, L. S.; GAMEIRO, A. H. **Modelo matemático para otimizar a produção de uma propriedade rural**, UTFPR – Synergismus Scientifica UTFPR, Pato Branco-PR, 2012.

BATALHA, M.O. **Gestão agroindustrial**. 3ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BESSLER, D. A.; DORFMAN, J. H.; HOLT, M. T.; LAFRANCE, J. T. **Econometric Developments in Agricultural and Resource Economics: The First 100 Years** - Published by Oxford University - *Amer. J. Agr. Econ.* 92(2): 571–589; Received December 2009; accepted January – 2010.

CALLADO, A.L.C.; ALMEIDA, M.A. **Perfil dos artigos sobre custos no agronegócio publicados nos anais do Congresso Brasileiro de Custos**. Custos e Agronegócio Online, 2005, v.1, n. 1, p. 42-61.

DONATO, F.A.S.; MAYERLE, S.F.; FIGUEIREDO, J.N. **Um modelo de planejamento agregado da produção para otimizar o mix de produtos e clientes em uma indústria metal-mecânica**, FGV/EAESP (Escola de Administração de Empresas de São Paulo) – SIMPOI - Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2008.

ESPERANCINI, M. S. T. **Avaliação econômica de sistemas de sucessão de culturas sob condições de risco no estado de São Paulo**, 2006. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu.

FROSSARD, A.C.P. **Programação linear: maximização de lucro e minimização de custos**. Revista Científica da Faculdade Lourenço Filho - v.6, n.1, 2009.

GIBBIN, V.R. **Modelos para escolha de cultivares em empreendimentos agrícolas de pequeno porte**. Dissertação de Mestrado, p. 25. Master's Thesis, Universidade Estadual de Campinas-SP, 2005.

HALL, R.J.; FERREIRA, A.M.S.; AZEVEDO, A.P.; SHIMIDT, B.M.S. **Gestão de custo das empresas rurais produtoras de grãos**. In: Anais do 2º Congresso UFSC de controladoria e Finanças e 2º Congresso UFSC de Iniciação Científica em Contabilidade. Florianópolis/SC, 2008.

HEIFNER, R.; COBLE, K. **Managing risk in farming: concepts, research and analysis**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Economic Report n° 774, 1999.

LOURENÇO, J.C.; PAULINO, R.D.; LIMA, K.A.; FERRAZ, E.V. **A evolução do agronegócio brasileiro no cenário atual**. Administradores, 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/a-evolucao-do-agronegocio-brasileiro-no-cenario-atual/24824/>>. Acesso em: fevereiro de 2013.

JUNQUEIRA, R.A.R.; MORABITO, R. **Um modelo de otimização para o planejamento agregado da produção e logística de sementes de milho**, Revista Produção, v. 6, n. 3, p. 510-525, 2006.

MEGLIORINI, E. **Custos**. São Paulo: Makron Books, p. 193, 2002.

MERLO, E.P.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D.R.; LIMA, J.D.; COLOMBO, J.A. Programação da produção de artefatos de alumínio por meio da programação linear, Conbrepur – II Congresso Brasileiro de Engenharia da Produção, Pota Grossa-PR, 2012.

OENING, V.; RODRIGUES, L.H.; CASSEL, R.A.; ANTUNES JR., J.A.V. **Teoria das restrições e programação linear. Uma análise sobre o enfoque de otimização da produção**. XXIV Encontro Nacional de Engenharia da Produção. Florianópolis-SC, 2004.

OENING, V.; RODRIGUES, L.H.; CASSEL, R.A.; ANTUNES JR., J.A.V. **Maximização da lucratividade em produção conjunta: um caso na indústria frigorífica**. Revista Produção, v. 16, n. 2, p.244-257, 2006.

PUCCINI, A. L.; PIZZOLATO, N. **Programação Linear**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1990. Editora Livros Técnicos e Científicos.

REICHERT AGROPECUÁRIA LTDA. FAZENDA CAMPO BOM-MS. Disponível em: <http://www.fcbempresas.com.br/site/>. Acesso em: 04/06/2012.

SBARDELOTTO, A. **A modelagem matemática como ferramenta de apoio à decisão na escolha de cultivares de soja**. Dissertação de Mestrado. P.615, UNIJUI, 2006.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, DERAL – Departamento de Economia Rural, MOREIRA, M. G. (Economista), **Soja – análise da conjuntura agropecuária**, outubro/2012.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - DERAL – Departamento de Economia Rural, **Soja – análise da conjuntura agropecuária**, outubro de 2012. Disponível:[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja\\_2012\\_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf)

VIEIRA, E. P. **Custos e formação de preço de venda**. Ijuí: Coleção a Distância, 2008.

## ANEXOS

Anexo 1 - Planejamento de dosagem de insumos por ha para a safra de verão de soja convencional 2012/13.

<b>CULTURA</b>	<b>SOJA</b>		<b>Dosagem por ha</b>	<b>Cotação (R\$)</b>	<b>Custo por ha (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
<b>Área em ha</b>	<b>50</b>					
<b>ITENS</b>	<b>Grupo Produto</b>	<b>Unid.</b>				
Óleo Diesel	Combustíveis	lts	40	1,96	78,4	3.920
<b>TOTAL COMBUSTÍVEIS (R\$)</b>						<b>3.920</b>
Sem. Nabo Forrag.	Cobertura	kgs	20	1,50	30	1.500
Super Fosfato Simples	Fertilizante Macro	ton	0,2	745,00	149	7.450
Cloreto de Potássio	Fertilizante Macro	kgs	29	3,80	110,2	5.510
Starter Mn	Fertilizante Macro	lts	5,56	2,71	15,0676	753
Starter Zn	Fertilizante Macro	lts	0,80	2,72	2,181712	109
<b>TOTAL FERTILIZANTES E COBERTURA (R\$)</b>						<b>15.322</b>
Roundup WG	Dessecante	kgs	1,3	20,00	26	1.300
Palisade	Fungicidas	lts	0,2	95,00	19	950
Priori	Fungicidas	lts	0,12	152,00	18,24	912
Sulfur	Fungicidas	kgs	0,83	2,50	2,075	104
Classic	Herbicidas	kgs	13	0,70	9,1	455
Pivot	Herbicidas	lts	0,16	55,00	8,8	440
Pódium-S	Herbicidas	lts	0,26	35,00	9,1	455
Dimilin	Inseticidas	lts	0,1	117,00	11,7	585
Endosulfan	Inseticidas	lts	0,70	15,00	10,5	525
Karatê	Inseticidas	kgs	0,8	40,00	32	1.600
Stron	Inseticidas	lts	0,7	19,00	13,3	665
Vertimec	Inseticidas	lts	0,13	145,00	18,85	943
<b>TOTAL DEFENSIVOS AGRÍCOLAS (R\$)</b>						<b>8.933</b>
Semente de Soja	Semente	Scs	1,694680	58,42	99,00	4.950
<b>TOTAL SEMENTES (R\$)</b>						<b>4.950</b>

Fonte: Reichert Agropecuária Ltda – Fazenda Campo Bom – MS (2011)

## Anexo 2 - Plano de compras de insumos para soja a safra de verão 2012/13

Materiais	Grupo	Unid.	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Qtde. Total	Custo Unit. (R\$)	Custo Total (R\$)
Semente de Soja	Semente	sc	0,0	0,0	84,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>84,7</b>	58,42	<b>4.950</b>
Semente de Nabo Forrageiro	Cobertura	kgs	1.000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>1.000,0</b>	1,50	<b>1.500</b>
Óleo Diesel	Combustível	lts	185,0	185,0	185,0	185,0	185,0	185,0	240,0	240,0	200,0	70,0	70,0	70,0	<b>2.000,0</b>	1,96	<b>3.920</b>
Super Fosfato Simples	Fertilizante Macro	tons	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,0</b>	745,00	<b>7.450</b>
Cloreto de Potássio	Fertilizante Micro	kgs	1.450,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>1.450,0</b>	3,80	<b>5.510</b>
Starter Mn	Fertilizante Micro	lts	278,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>278,0</b>	2,71	<b>753</b>
Starter Zn	Fertilizante Micro	lts	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>40,0</b>	2,72	<b>109</b>
Roundup WG	Dessecante	kgs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>65,0</b>	20,00	<b>1.300</b>
Palisade	Fungicida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,0</b>	95,00	<b>950</b>
Priori	Fungicida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>6,0</b>	152,00	<b>912</b>
Sulfur	Fungicida	kgs	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>41,5</b>	2,50	<b>104</b>
Classic	Herbicida	kgs	0,0	0,0	0,0	0,0	540,0	0,0	110,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>650,0</b>	0,70	<b>455</b>
Pivot	Herbicida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>8,0</b>	55,00	<b>440</b>
Pódium-S	Herbicida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>13,0</b>	35,00	<b>455</b>
Dimilin	Inseticida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>5,0</b>	117,00	<b>585</b>
Endosulfan	Inseticida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>35,0</b>	15,00	<b>525</b>
Karatê	Inseticida	kgs	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>40,0</b>	40,00	<b>1.600</b>
Stron	Inseticida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>35,0</b>	19,00	<b>665</b>
Vertimec	Inseticida	lts	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>6,5</b>	145,00	<b>943</b>

Fonte: Reichert Agropecuária Ltda – Fazenda Campo Bom – MS (2011).

## 4. ARTIGO 3

A Importância da Engenharia da Produção e da Tecnologia da Informação  
como suporte às projeções do Agronegócio brasileiro

The Importance of Production Engineering and Information Technology to  
support the projections of the Brazilian Agribusiness

Paulo Alipio Alves de Oliveira; Maria Teresinha Arns Steiner

*Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR); Programa de Pós-Graduação em Engenharia da  
Produção e Sistemas; Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, CEP: 80.215-901, Curitiba, Paraná,  
Brasil; e-mails: [paulo\\_alipio@hotmail.com](mailto:paulo_alipio@hotmail.com); [maria.steiner@pucpr.br](mailto:maria.steiner@pucpr.br)*

### Resumo

Com a projeção do agronegócio brasileiro em expansão para os próximos anos, na busca de dados mais precisos para agricultura e na sua flexibilização, com o objetivo de se aumentar a produtividade de grãos por hectare, foram aqui validados dois modelos matemáticos para previsão de produção e de produtividade. Enfatiza-se, aqui, a necessidade de se envolver cada vez mais profissionais especialistas em produção e, nessa linha, a Engenharia da Produção tem diferencial relevante a ser considerado. Em paralelo, a Tecnologia da Informação (TI) torna-se indispensável para concatenar informações e gerar conhecimento para tomadas de decisão aos gestores agrícolas. As análises matemáticas utilizadas através da Média Móvel (MM) e Média Móvel Ponderada (MMP) apresentaram resultados satisfatórios quanto às variáveis de produção e produtividade quanto às séries históricas e futuras. O principal indicador da pesquisa foi a média móvel de produtividade de soja que apresentou 2,8 t/ha para as próximas 9 safras (safras 2012/13 a 2020/21) no Paraná, igualando-se à previsão do MAPA que utilizou os modelos matemáticos de Suavização Exponencial, Box & Jenkins (Arima) e Modelo de Espaço de Estados.

**Palavras-chave:** *Agribusiness* Paranaense. Tecnologia da Informação. Engenharia de Produção. Técnicas de Previsão. Soja.

### Abstract

With the projection of Brazilian agribusiness expansion in the coming years, in search of more accurate data for agriculture and its flexibility, with the goal of increasing grain yield per hectare, were validated here two mathematical models to forecast production and productivity. We emphasize here the need to increasingly involve specialists in production, and this line, the Production Engineering relevant differential has to be considered. In parallel, the Information Technology (IT) becomes indispensable to concatenate information and generate knowledge for decision making for land managers. Mathematical analysis used by the Moving Average Weighted Moving Average and showed satisfactory results for the variables of production and productivity and the historical data and future. The main indicator of research was the moving average soybean yield which showed 2.8 t / ha for the next nine seasons (seasons 2012/13 a 2020/21) in Paraná, matching the forecast models which used MAP mathematical Exponential Smoothing, Box & Jenkins (Arima) and State Space Model.

**Keywords:** Agribusiness Paranaense. Information Technology. Production Engineering. Forecasting Techniques. Soybean.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A previsão da tendência do mercado, variações climáticas e o controle do processo de produção agrícola têm forte influência sobre o desempenho estratégico e financeiro das empresas relacionadas ao agronegócio. Com o auxílio da Tecnologia da Informação (TI), através de sistemas computadorizados simulando diversos cenários, pode-se estimar com maior precisão a produção de *commodities* agrícolas. A Engenharia da Produção, atualmente muito forte e aplicada na indústria metal-mecânica, com utilização de metodologias como o Sistema Toyota de Produção (STP), está cada vez mais sendo inserida na agroindústria no sentido à montante da sua cadeia, nas atividades primárias de produção dos produtores agrícolas, os quais necessitam de soluções computadorizadas simples para auxílio nas tomadas de decisão “o que” e “quanto” plantar. Temos que nos valer de que a extensão das terras agricultáveis são finitas, e que para continuar “a alimentar o mundo”, é necessário produzir mais em menor espaço de terra. É neste contexto que entram as técnicas de produção otimizadas, aplicadas pelos Engenheiros de Produção em todos os segmentos do mercado e, também, no agronegócio.

Este estudo foi direcionado para a *commodity* soja por ser o grão de maior representatividade atualmente não só no Brasil, mas no estado do Paraná - universo desta análise.

Para todos os ramos de atividades das empresas, a informação é vital para sua sobrevivência e competitividade. A TI tem impactado consideravelmente no modelo tradicional de gestão da cadeia de produção e de suprimentos das empresas. A Cadeia de Suprimentos Agrícola tem suas especificidades, tornando-a complexa e demandando informações integradas para poder planejar suas operações produtivas e gerenciais e, com isso, poder tomar decisões antes e durante o processo produtivo (safras). Apesar da TI estar cada vez mais disponível a todos, seu uso no setor agrícola para pequenos e médios produtores rurais é bastante limitado. Com isso, há a necessidade de se desenvolver sistemas de apoio a tomadas de decisão (SATD) simples e amigáveis, principalmente para realizar previsões de produção, produtividade e demanda.

Segundo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011), o estudo de tendências do agronegócio considera aspectos globais como o crescimento da economia mundial, o envelhecimento populacional e a mudança nos

hábitos alimentares, bem como o desenvolvimento tecnológico e a evolução da consciência ambiental. A avaliação desses aspectos, ligados às características do setor no Brasil, permite a elaboração de projeções de produção, consumo e comércio exterior. Os índices atuais apontam para um mercado internacional de consumo em expansão, cada vez mais exigente no quesito de qualidade dos produtos agrícolas. Prever a demanda é vital, pois pode revelar as tendências mercadológicas e contribuir no planejamento e controle estratégico das empresas (WERNER *et al.*, 2003). Para Gaither *et al.* (2005), previsão deve fazer parte do planejamento dos negócios.

O objetivo principal deste artigo foi utilizar as técnicas estatísticas de Média Móvel (MM) para justificar a previsão de produção e produtividade/demanda da *commodity* soja entre as futuras safras de 2012/13 a 2020/21, e a Média Móvel Ponderada (MMP) para justificar a previsão de produção e produtividade nas safras reais de 2000/01 a 2011/12, utilizando o *software Microsoft Office Excel*.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, a seção 2 trata da revisão da literatura abordando dentro da previsão de demanda, os métodos quantitativos com abordagens sobre Média Móvel (MM) e Média Móvel Ponderada (MMP). Na seção 3 é apresentada a coleta de dados e seu desmembramento em forma de previsão de demanda e da produção da *commodity* soja no Paraná. Na seção 4 são apresentados os resultados obtidos e, finalmente, na seção 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

## **4.2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **4.2.1. Tecnologia da Informação Aplicada ao Agronegócio**

Para Turban *et al.* (2005), “a Tecnologia da Informação engloba a sua infraestrutura e todos os sistemas de informação dentro das organizações”.

O uso da TI é de extrema importância para as organizações, fornecendo suporte às atividades essenciais do negócio e sua eficiência, sendo vista como um diferencial competitivo oferecendo novas alternativas de negócio e sua lucratividade (REZENDE *et al.* 2001).

Segundo Laudon e Laudon (2007), Sistema de Informação (SI) são elementos inter-relacionados objetivando coletar, processar, armazenar e distribuir informações que auxiliam os gestores nas tomadas de decisão e controles organizacionais.

Há problemas relatados por Araújo (2003) que limitam o uso de SI por agricultores, dentre os quais se destacam os seguintes:

- a) falta de *softwares* específicos ao setor agrícola;
- b) agricultores com pouca escolaridade e idade média avançada;
- c) pouco ou nenhum contato com informatização;
- d) não haver processo ou histórico de coleta de dados;
- e) resistência à inovação.

Conforme Batalha *et al.* (2001), “o segmento de produção rural carece de sistemas de planejamento integrados”. O motivo desta falta de integração é a complexidade que há no setor do agronegócio.

#### **4.2.2. A Engenharia da Produção e o Agronegócio**

A Engenharia de Produção aborda uma grande variedade de funções e os Engenheiros de Produção estão capacitados a desempenhar múltiplas tarefas dentro de uma organização. Como o agronegócio está em expansão, há a necessidade de profissionais flexíveis e capacitados para atividades relacionadas aos processos produtivos agrícolas.

Segundo Azevedo (2003), os Engenheiros de Produção são capacitados para desenvolver métodos de engenharia, assim como gestão de projetos em sistemas produtivos em organizações de bens e serviços, procurando racionalizar e otimizar recursos, tanto materiais quanto humanos. Em suma, são profissionais flexíveis e multifuncionais que, direcionados ao agronegócio, são capazes de atender as necessidades de planejamento, controle e avaliação de processos, bem como questões de processos produtivos e seu aperfeiçoamento, qualidade total, prevenção da evolução e/ou degradação do meio ambiente, dentre outros.

No agronegócio existem especificidades inerentes ao setor que aumentam a complexidade de administração de empresas agrícolas. Por este motivo, há a necessidade de modelos específicos de planejamento, gerenciamento e controle para adequar os produtos à realidade nacional e internacional, o que significa

redução de custos e produção de melhores produtos com qualidade superior (BATALHA *et al.* 2001).

Para Araújo (2003), muitas empresas do segmento agrícola não possuem técnicas de gestão, visto a falta de qualificação técnica e formal dos gestores agrícolas. Qualificação esta, que pode ser absorvida por Engenheiros de Produção, visto sua abrangência técnica e administrativa e, com isso, alcançar vantagens competitivas.

#### **4.2.3. Previsão de Demanda**

A previsão de demanda é crucial para as empresas, pois proporciona artefatos para o planejamento e controle de todas as áreas (BALLOU, 2006). E seus gestores precisam de previsões de curto e longo prazo para tomar decisões estratégicas imediatas da organização (GAITHER *et al.*, 2005).

Para Martins *et al.* (2005), previsão de demanda é um processo baseado em metodologia para determinação estatística, matemática ou econométrica de dados futuros.

Os métodos de previsão são definidos basicamente em quantitativos e qualitativos. Segundo Lemos (2006), métodos quantitativos de previsão são estruturados matematicamente e podem ser reaplicados em diversas análises. Já os métodos qualitativos de previsão, também chamados de intuitivos ou subjetivos, dependem exclusivamente da experiência dos especialistas envolvidos. Para Corrêa & Corrêa (2006), as técnicas qualitativas "incorporam mais fatores de julgamento e intuição".

#### **4.2.4. Métodos Quantitativos de Previsão de Demanda e de Produção**

Os métodos quantitativos utilizam dados históricos para poder realizar a previsão futura de demanda e de produção, objetivo deste trabalho. Estes dados históricos fazem parte de uma série temporal e requerem modelagem matemática para prever sua demanda futura (PELLEGRINI, 2000). O principal objetivo das séries temporais é realizar previsões futuras tendo como base o comportamento passado

dos dados. Gaither *et al.* (2005), afirmam que os métodos quantitativos ou matemáticos utilizam modelos matemáticos para encontrar previsões de valores futuros. Para Tubino (2000), o método de séries temporais é o mais simples e usual de previsão e, quando bem elaborado, proporciona bons resultados.

#### **4.2.5. Média Móvel e Média Móvel Ponderada**

O método de Média Móvel (MM) é amplamente utilizado por apresentar facilidade de implementação e por necessitar de poucos dados históricos para sua aplicação, calculando a média dos dados de períodos curtos e recentes, a qual se torna a previsão do período seguinte (LEMOS, 2006). Este método é apropriado apenas para realizar previsões de curto prazo, onde a série temporal não apresenta tendência de sazonalidade (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998). Como alternativa para este tipo de carência pode-se empregar a Média Ponderada (MP) onde se aplicam pesos diferenciados aos dados históricos, com pesos maiores para os valores mais recentes, por serem considerados mais importantes (CYRNE *et al.*, 2009). Essa simples alteração permite que a importância relativa de cada período passado seja considerada na elaboração da previsão (GAITHER *et al.* 2005).

#### **4.2.6. Suavização Exponencial**

Miranda (2009) afirma que “os modelos de suavização exponencial se caracterizam por decompor uma série temporal em componentes, suavizar seus valores passados (dar pesos diferenciados que decaem exponencialmente com o tempo) e depois recompor os componentes para fazer as previsões. Os três componentes na suavização exponencial são: nível, tendência e sazonalidade. O nível é o valor médio da observação no período (valor observado excluindo a sazonalidade e o erro aleatório); a tendência é a diferença sequencial de dois níveis consecutivos e a sazonalidade é um evento que se repete com uma periodicidade constante”. A suavização exponencial baseia-se somente nos dados da própria série para realizar previsões, sem precisar de nenhuma variável externa. Isto evidencia a

vantagem da rapidez, uma vez que não é preciso buscar ou medir outras variáveis (COELHO, 2008).

### 4.3. COLETA DE DADOS

#### 4.3.1. Agronegócio Soja

A *commodity* soja ganha cada vez mais importância na agricultura mundial devido a sua grande diversidade de uso da oleaginosa. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a área plantada no mundo teve um aumento de 33% na última década, passando de 81,48 milhões de hectares na safra 2002/03 para 108,55 milhões na safra 2012/13 (SEAB-DERAL, 2012). Nos últimos quatro anos a produção mundial aumentou de 211,64 milhões de toneladas para 264,28 milhões, um crescimento de 25%, conforme visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Histórico dos dados da soja, safra 2008 a 2013

Safra	Área (milhões de ha)	Produção (milhões de t)	Produtividade (kg/ha)
2008/09	96,34	211,64	2.197
2009/10	102,18	261,09	2.555
2010/11	102,85	264,68	2.576
2011/12	102,16	238,11	2.331
2012/13*	108,55	264,28	2.435

Fonte: USDA (2012)

(\*) Estimativa

A coleta dos demais dados foi realizada sobre estudo realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), através do Departamento de Economia Rural (DERAL), datado de outubro de 2012.

As tabelas 4 e 5 apresentam números dos maiores produtores mundiais e os maiores estados produtores nacionais para ter-se ideia da magnitude do estudo. Posteriormente, os dados foram transferidos para o *software MS-Excel* onde foram organizados para tratar do estudo objeto deste trabalho. Na Tabela 4 destaca-se que o Brasil que, devido à estiagem americana, foi o maior produtor na safra 2012/13.

Tabela 4 - Principais países produtores de soja, safra 2008 a 2013

(em milhões de t)

Países	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13 (*)
Brasil	57,80	69,00	75,50	66,50	81,00
EUA	80,75	91,42	90,61	84,19	77,84
Argentina	32,00	54,50	49,00	41,00	55,00
China	15,54	14,98	15,10	13,50	12,60
Índia	9,10	9,70	9,80	11,00	11,50
Paraguai	3,65	7,38	8,31	4,00	8,10
Canadá	3,34	3,51	4,35	4,25	4,30
Outros	9,46	10,61	12,02	13,67	13,94
<b>TOTAL</b>	<b>211,64</b>	<b>261,10</b>	<b>264,69</b>	<b>238,11</b>	<b>264,28</b>

Fonte: USDA (2012) (\*) Estimativa

Vemos na tabela 5 os maiores produtores de soja no Brasil, onde o Paraná ocupa a segunda posição.

Tabela 5 - Principais estados produtores de soja, safra 2008 a 2013

(em milhões de t)

Estados	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13 (*)
MT	17,96	18,77	20,41	21,85	23,70
PR	9,51	14,08	15,42	10,94	15,08
RS	7,91	10,22	11,62	6,53	11,96
GO	6,84	7,34	8,18	8,25	8,79
MS	4,18	5,31	5,17	4,63	6,17
BA	2,42	3,11	3,51	3,18	3,76
MG	2,75	2,87	2,91	3,06	3,25
MA	0,98	1,33	1,60	1,65	1,73
SP	1,31	1,59	1,71	1,60	1,72
SC	0,97	1,35	1,49	1,09	1,53
PI	0,77	0,87	1,14	1,26	1,40
TO	0,86	1,07	1,23	1,38	1,38
OUTROS	0,72	0,79	0,92	0,96	0,97
<b>TOTAL</b>	<b>57,18</b>	<b>68,70</b>	<b>75,31</b>	<b>66,38</b>	<b>81,44</b>

Fonte: CONAB (2012)

(\*) Estimativa

#### 4.4. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS

Com o intuito de comparar a eficiência dos métodos estatísticos adotados pelo MAPA para previsão futura, onde utilizaram Suavização Exponencial, Box & Jenkins (ARIMA) e o Modelo de Espaço de Estados, foram aqui utilizadas as técnicas de MM e MPM para o mesmo período de dados, a fim de comprovar a acurácia da previsão.

##### 4.4.1. Cálculo de Previsão por Média Móvel (MM)

A tabela 6 apresenta a produção e produtividade real da soja desde as safras 2000/01 até 2011/12 para o estado do Paraná, onde percebe-se a variação entre a menor produção em 2000/01 (8,6 milhões de t) e a maior produção em 2010/11 (15,4 milhões de toneladas) e a menor e maior produtividade por hectare (2.337 kg/ha em 2008/09 e 3.360 kg/ha em 2010/11). Podemos atribuir estas variações às variações climáticas relacionadas à estiagem, o que compromete tanto a produção quanto a produtividade por hectare.

Tabela 6 - Produção e produtividade real da soja no estado do PR

Período	Produção (1000 t)	Produtividade (kg/ha)
2000/01	8.623,10	3.060,00
2001/02	9.502,30	2.887,00
2002/03	10.971,00	3.016,00
2003/04	10.036,50	2.550,00
2004/05	9.707,30	2.340,00
2005/06	9.645,60	2.422,00
2006/07	11.915,60	2.995,00
2007/08	11.896,10	2.991,00
2008/09	9.509,70	2.337,00
2009/10	14.078,70	3.139,00
2010/11	15.424,10	3.360,00
2011/12	10.941,90	2.453,00

Fonte: SEAB/DERAL (2012).

No gráfico 5, a seguir, apresenta-se a evolução da produção de soja (em mil t) entre as safras 2000/01 a 2011/12.

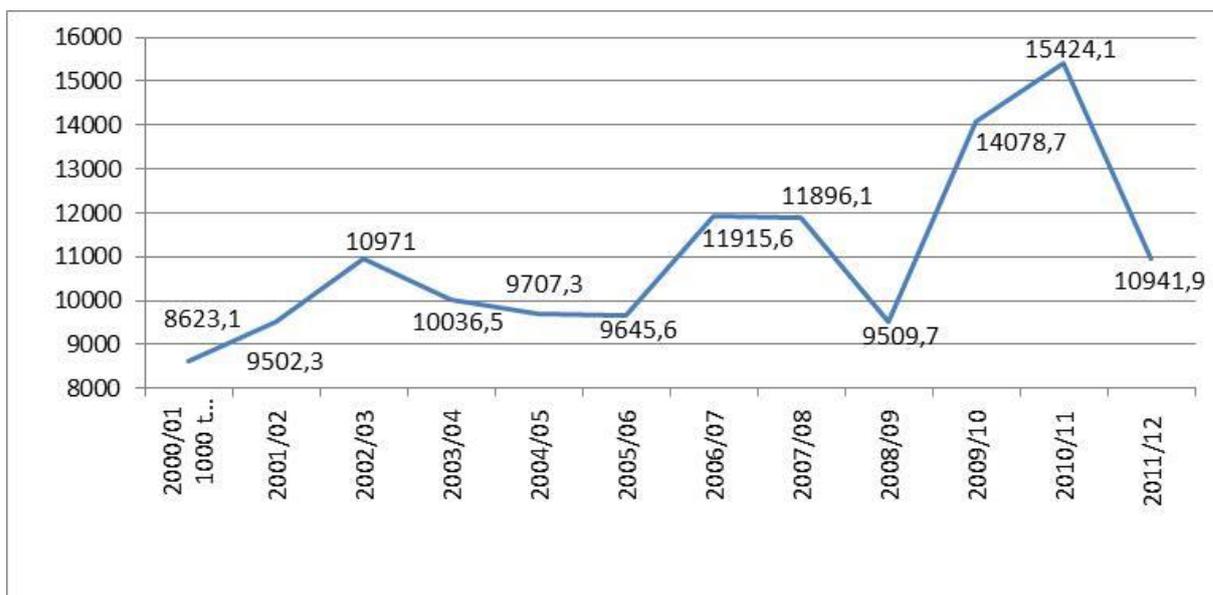


Gráfico 5 - Evolução da produção de soja no PR, safras 2000/01 a 2011/12, mil t.  
Fonte: SEAB/DERAL (2012).

No gráfico 6 é apresentada a evolução da produtividade em kg/ha entre as safras 2000/01 a 2011/12, demonstrando a variação expressiva decorrente de variáveis climáticas.

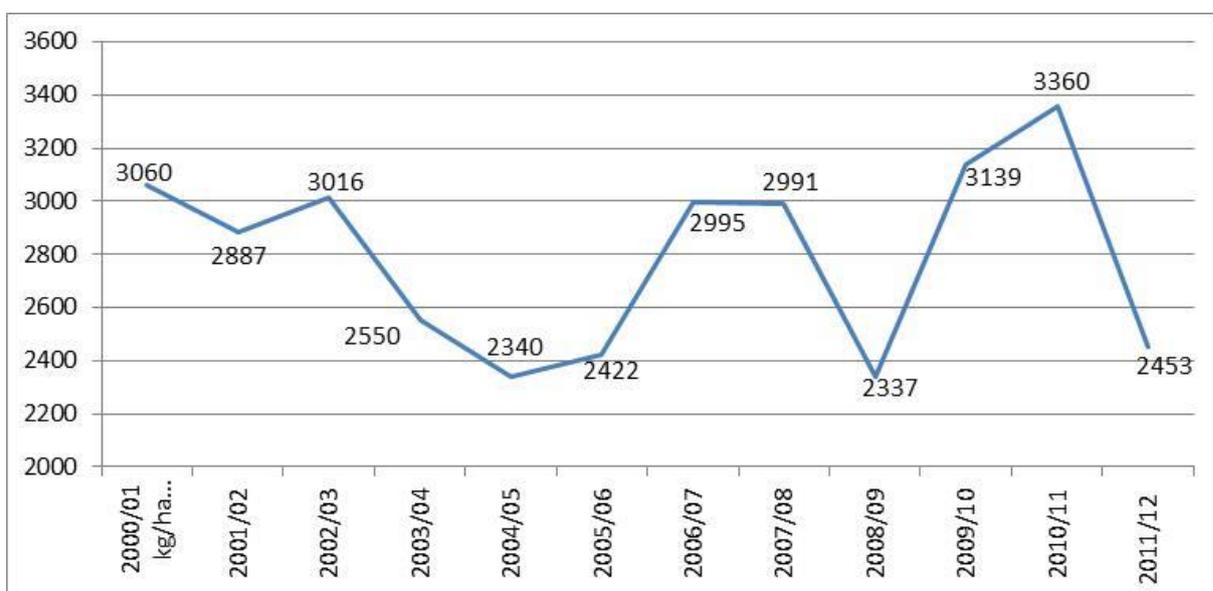


Gráfico 6 - Evolução da produtividade da soja no PR, safras 2000/01 a 2011/12  
Fonte: SEAB/DERAL (2012).

Na Tabela 7 é apresentada a previsão para as safras futuras onde utilizou-se a Média Móvel Simples (MM) utilizando os seis anos antecedentes para cálculo entre

2012/13 a 2020/21 no Paraná. Pode-se perceber a constância média de produção em 12 milhões de toneladas, assim como uma média na produtividade por hectare (2,8/2,9 mil kg/ha). Como estes dados dependem significativamente da situação climática (favorável ou não), as variações podem ocorrer de maneira considerável, visto os dados reais da Tabela 6 e suas variações.

Tabela 7 - Previsão de produção e produtividade da soja no PR através da MM

<b>Período</b>	<b>Produção (1000 t)</b>	<b>Produtividade (kg/ha)</b>
2012/13	12.294,35	2.879,16
2013/14	12.357,48	2.859,86
2014/15	12.434,37	2.838,00
2015/16	12.921,81	2.921,50
2016/17	12.729,00	2.885,25
2017/18	12.279,81	2.806,12
2018/19	12.502,80	2.864,98
2019/20	12.537,54	2.862,62
2020/21	12.567,55	2.863,08

Fonte: O autor.

Mesmo considerando as variações climáticas e que afetam a produtividade, o objetivo deste trabalho é evidenciar a importância da Engenharia da Produção na aplicação de ferramentas consagradas nas práticas de planejamento e controle de produção no Agronegócio e também no processo produtivo para aumentar a quantidade de grãos por hectare e, conseqüentemente, apoiar as demais áreas da cadeia de suprimentos do setor agrícola brasileiro/paranaense. Segundo o MAPA, Assessoria de Gestão Estratégica (2011), “nos últimos anos a produtividade da soja tem-se mantido estável em 2,8 toneladas por hectare, e esse número está sendo mantido para os próximos 11 anos”. O método aqui aplicado de MM confirma a previsão estatística obtida pelo MAPA (2011), confirmando a produtividade média por hectare.

#### **4.4.2. Cálculo da Previsão por Média Móvel Ponderada (MMP)**

No cálculo da MMP, o resultado, em geral, é mais refinado, pois o mesmo pondera os últimos resultados de produção real como mais importantes. Neste

artigo, para o cálculo de MMP, as safras anteriores são ponderadas da seguinte forma: última safra com peso “3”; penúltima safra com peso “2” e a antepenúltima safra com peso “1”. Na Tabela 8, a seguir, pode-se verificar que o percentual de erro varia entre 0,53% a 28% aproximadamente, e isso se deve as grandes variações ocorridas em decorrência da situação climática (estiagem ou excesso de chuvas) que assolam as lavouras em determinados períodos (safras). O percentual de dispersão ficou em 14,64%.

Tabela 8 - Previsão de produção de soja prevista no PR através da MMP

Período	Produção Real (1000 t)	Produção Prevista (1000 t)	Diferença	% Relação à Demanda Real	% Absoluto
2000/01	8.623,10				
2001/02	9.502,30				
2002/03	10.971,00				
2003/04	10.036,50	10.090,11	-53,61	0,53	0,53
2004/05	9.707,30	10.258,11	-550,81	5,67	5,67
2005/06	9.645,60	10.027,65	-382,05	3,96	3,96
2006/07	11.915,60	9.731,32	2.184,28	-18,33	18,33
2007/08	11.896,10	10.790,88	1.105,22	-9,29	9,29
2008/09	9.509,70	11.527,52	-2.017,82	21,22	21,22
2009/10	14.078,70	10.706,15	3.372,55	-23,95	23,95
2010/11	15.424,10	12.191,93	3.232,17	-20,96	20,96
2011/12	10.941,90	13.989,90	-3.048,00	27,86	27,86

Fonte: SEAB/DERAL Out/2012

#### 4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi realizar a previsão de produção e produtividade da soja no Estado do Paraná através das técnicas estatísticas MM e MMP. Para o cálculo de previsão de produção e produtividade da soja no Paraná para as futuras safras de 2012/13 a 2020/21, foi utilizada a MM, onde evidenciou-se que através da MM a estimativa condiz com a previsão do MAPA - Assessoria de Gestão Estratégica que utilizou as técnicas estatísticas de Suavização Exponencial, Box & Jenkins (ARIMA) e modelo de Espaço de Estados. Obteve-se, assim, a produtividade estimada de 2,8 t/ha. Para o cálculo sobre as safras reais de soja no

Estado do Paraná durante as safras 2000/01 a 2011/12, foi utilizado o método MMP onde se evidenciou uma variação nos últimos 11 anos de 3,87%, e que apesar de variações mais expressivas (entre 0,53% e 28%) em determinadas safras, em decorrência de variáveis climáticas (estiagem e excesso de chuvas), o resultado dentro do período total analisado ficou muito próximo entre real e estimado, certificando ser eficiente o modelo de MMP.

A Engenharia da Produção e o setor de Agronegócios precisam interagir de maneira mais abrangente, principalmente com os processos de produção agrícola, incorporando ferramentas e controles consagrados nos sistemas produtivos da produção agrícola. Para transformar dados em informações e estas, por sua vez, em conhecimento para tomadas de decisão, é fundamental o uso da TI de maneira otimizada e em tempo real.

Sabendo-se que a variável terra para plantio é finita, em contrapartida a produtividade deve ser sempre crescente. Para suprir o mercado consumidor crescente, o grande desafio é utilizar-se de técnicas de produção consagradas pela Engenharia da Produção para aumentar gradativamente a média de produtividade por ha. Hoje, o desafio é alcançar ou ficar acima da maior média registrada no período estudado, ou seja, 3.360 t/ha na safra 2010/11, mesmo conhecendo-se as variáveis climáticas. Esse é o grande desafio interdisciplinar.

Para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento da implementação de ferramentas de controle da produção já consagradas em muitas áreas, também na agroindústria, principalmente nos processos de produção agrícola primários.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de Agronegócios**. São Paulo: Atlas, 2003.

AZEVEDO, D. L., **A engenharia de produção no agronegócio brasileiro como fator de excelência na capacitação de recursos humanos**, UFSC – Revista Produção, p. 17, 2003.

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

BATALHA, M. O; (Org.), *et al.* **Gestão Agroindustrial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

COELHO, L. C. **Utilização de modelos de suavização exponencial para previsão de demanda com gráficos de controle combinados Shewhart-CUSUM.** Dissertação de mestrado – UFSC – Engenharia da Produção, 2008

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Atlas. 2006

CYRNE, C. C. S.; FRIZZO, M. **Previsão de vendas como suporte na programação e controle da produção em uma empresa de alimentos – um estudo de caso.** Disponível em; [www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2000\\_E0098.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2000_E0098.PDF). Acesso em: 15/03/2013.

GAITHER, N.; FRAIZER, G. **Administração da produção e operações – 8ª. Ed.** – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

LAUDON, K. C.; LAUDON J. P. **Sistemas de informações gerenciais.** 7. Ed. São Paulo: Person Prentice Hall, p. 480, 2007.

LEMO, F.O. **Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda.** Dissertação de mestrado em Engenharia da Produção e Transportes. Porto Alegre – Universidade Federal do rio Grande do Sul. 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica, **Projeções do agronegócio Brasil 2010/11 a 2020/21** – Brasília, 2011.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.C.; HYNDMAN, R.J. **Forecasting methods and applications.** 3ª ed. – New York: John Wiley & Sons, 1998.

MARTINS, P.G. & LAUGENI, F.P. **Administração da produção.** 2ª. Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MIRANDA, R.G. **Espaço admissível para os parâmetros do modelo de suavização exponencial com dupla sazonalidade aditiva.** Tese Doutorado Engenharia da Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, 2009

PELLEGRINI, F.R. **Metodologia pra implementação de sistemas de previsão de demanda.** Dissertação de mestrado de Engenharia da Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

REZENDE, D. A.; ABREU, A. F. **Tecnologia da informação aplicada à sistemas de informação empresarial.** 2. Ed. São Paulo: Atlas, p. 311, 2001.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, DERAL – Departamento de Economia Rural – **Soja – análise da conjuntura agropecuária** – outubro/2012.

TUBINO, D.F. **Manual de planejamento e controle da produção.** São Paulo: Atlas, 2000.

TURBAN, E.; RAINER, R.K. JR.; POTTER, R.E. **Administração de tecnologia da informação – teoria & prática**, 3. Ed. p. 355-380, Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

WERNER, L.; RIBEIRO, J.L.D. **Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais**. Revista Gestão & Produção, v.10, n.1, p. 47-67, 2003.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS DO TRABALHO

Nesta seção final, avalia-se o alcance dos objetivos da pesquisa. Na primeira etapa (1º. artigo), o objetivo era discorrer através da revisão bibliográfica como está inserido atualmente o agronegócio nos níveis mundiais, nacionais e principalmente estadual. Apresentou-se características que tornam o planejamento e controle da produção agrícola altamente complexo e, também, como a Pesquisa Operacional e a Tecnologia da Informação podem auxiliar no desenvolvimento de soluções informatizadas simples para que o produtor rural possa tomar a melhor decisão “o que” e “quanto” plantar. Como objeto de estudo, as duas *commodities* de maior expressão atualmente no mercado agrícola foram escolhidas, a soja e o milho.

Mesmo sendo consideradas as duas *commodities* (soja e milho) com sistemas de produção complexos, evidenciou-se que a preferência dos produtores rurais é sobre a soja, visto sua rentabilidade e demanda em crescimento superior ao do milho. Outro fator relevante levantado foi a limitação dos gestores rurais quanto ao conhecimento e acesso às tecnologias da informação em forma de sistemas de apoio a tomada de decisão e, com isso, deu-se argumentação favorável a segunda etapa (2º. artigo) implementado, que tratou da implementação de uma solução informatizada utilizando o *software* LINGO (*Language for Interactive General Optimizer*) para criação de um modelo matemático para simular cenários produtivos onde se confronta custos de produção contra seus preços de venda futuros e, com isso, apontar a rentabilidade por cultura, seja soja ou milho (objetos deste trabalho). O melhor resultado foi da soja na safra de verão e milho na safra de inverno no estado do Paraná.

A última etapa (3º. artigo), teve como objetivo justificar a implementação de métodos estatísticos mais simples para previsão de produção e produtividade da soja no Estado do Paraná através de Média Móvel (MM) e Média Móvel Ponderada (MMP). Para a MM o período de estudo foi de previsão entre as safras 2012/13 a 2020/21, onde confrontaram-se as análises já realizadas pelo MAPA utilizando os métodos matemáticos de Suavização Exponencial, Box & Jenkins (ARIMA) e modelo de Espaço de Estados com a MM proposta neste trabalho, e o resultado da produção estimada para as duas análises foi de 2,8 t/ha, confirmando o mesmo resultado para ambos modelos. Já para a análise dos dados históricos de produção

das safras reais de soja no Estado do Paraná durante as safras 2000/01 a 2011/12, foi utilizado o método MMP onde evidenciou-se uma variação nos últimos 11 anos de 3,87%, e que apesar de variações mais expressivas (entre 0,53% e 28%) em determinadas safras, em decorrência de variáveis climáticas (estiagem e excesso de chuvas), o resultado dentro do período total analisado (2000/01 a 2011/12) ficou muito próximo entre real e estimado, certificando ser eficiente o modelo de MMP.

Evidenciou-se a necessidade de incrementar o agronegócio com técnicas e ferramentas de controle de produção já utilizadas atualmente por Engenheiros da Produção na indústria, como por exemplo, na metal-mecânica.

Como trata-se de previsão de produção e produtividade, é necessário levar em conta todos os detalhes e possíveis variáveis para a construção de uma boa previsão e considerar que a variável “terra para plantio” é finita e, em contrapartida, a produtividade deve ser sempre crescente por hectare para suprir o mercado consumidor que também é crescente e consome cada vez mais.

Evidencia-se que o Brasil está se firmando como maior celeiro mundial de alimentos e precisa buscar cada vez mais a maximização da produtividade por hectare, utilizando técnicas, conceitos e ferramentas de planejamento e controle de produção.

Para trabalhos futuros sugere-se o aprofundamento da implementação de ferramentas de controle da produção já consagradas em muitas áreas, também na agroindústria, principalmente nos processos de produção agrícola primários.

## REFERÊNCIAS

BARROS, A. J. da S.; LEHFELD, N. A. de S. **A pesquisa científica e a iniciação científica**. São Paulo: Editora Markron Books, 2000.

BESSAN, J.; Tidd, J. **Inovação e empreendedorismo**. Porto alegre: Editora Bookman, 2009.

FAEP – Federação da Agricultura do Estado do Paraná, **Agronegócio: mercado da soja e do milho**, BOZZA, Gilda M., Maio/2008.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MOREIRA, D.A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 5. ed., p. 269, São Paulo: Atlas, 2009.

LUSTOSA, L.P. e Mesquita, M.A. **Planejamento e controle de produção**. Editora Campus: Rio de Janeiro, 2008.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011) – **PIB, Empregos e Exportações** Fonte:<http://www.agricultura.gov.br/ministerio/gestao-estrategica/projecoes-do-agronegocio> Acesso: 26/12/2011.

Yin, R.K. **Estudo de casos: planejamento e métodos**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2001.