

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA**

# **Modelos para Escolha de Cultivares em Empreendimentos Agrícolas de Pequeno Porte**

Autor: Randal Victor Gibbin

Orientador: Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques  
de Carvalho

06/2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA**

# **Modelos para Escolha de Cultivares em Empreendimentos Agrícolas de Pequeno Porte**

Autor: Randal Victor Gibbin

Orientador: Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho

Curso: Engenharia Mecânica – Mestrado Profissional

Área de Concentração: Planejamento e Gestão Estratégica de Manufatura

Trabalho Final de Mestrado Profissional apresentado à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Mecânica/Planejamento e Gestão Estratégica de Manufatura.

Campinas, 2005

S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

G352m Gibbin, Randal Victor  
Modelos para escolha de cultivares em  
empreendimentos agrícolas de pequeno porte / Randal  
Victor Gibbin, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Marcius Fabius Henriques de Carvalho.  
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade  
Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia  
Mecânica.

1. Sistemas de suporte de decisão. 2. Programação  
linear. 3. Frutas cítricas – Comercio. 4. Estatística  
analise. I. Carvalho, Marcius Fabius Henriques de. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Mecânica. III. Título.

Titulo em Inglês: Variety selection models for small agricultural business  
Palavras-chave em Inglês: Decision support systems, Linear programming,  
Citrus trade e Statistical analysis

Área de concentração: Planejamento e Gestão Estratégica de Manufatura

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Antônio Batocchio e Sylvio Luís Honório

Data da defesa: 22/06/2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

**Trabalho Final de Mestrado Profissional**

# **Modelos para Escolha de Cultivares em Empreendimentos Agrícolas de Pequeno Porte**

Autor: Randal Victor Gibbin

Orientador: Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho

---

Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho, Presidente

Instituição: Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM/UNICAMP

---

Prof. Dr. Antônio Batocchio

Instituição: Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM/UNICAMP

---

Prof. Dr. Sylvio Luís Honório

Instituição: Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI/UNICAMP

Campinas, 22 de junho de 2005

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha querida esposa Edlene, pelo importante apoio prestado durante a realização deste trabalho.

## **Agradecimentos**

Este trabalho não poderia ser concluído sem o apoio destas pessoas, às quais presto a minha homenagem:

Ao Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho, pela maestria com que me prestou orientação neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Henrique Antunes Rodrigues, pelo apoio prestado em diversas fases deste trabalho.

Aos diretores e funcionários do Grupo Vitória, pela boa vontade ao permitir o acesso aos dados necessários.

Aos meus colegas de curso, pelo enriquecimento profissional e pessoal durante nossos encontros.

A todos os professores do departamento, os quais ajudaram de forma direta ou indireta na conclusão deste trabalho.

*“Não há nada como um sonho para criar o futuro”*

*Victor Hugo*

## Resumo

GIBBIN, Randal Victor, *Modelos para Escolha de Cultivares em Empreendimentos Agrícolas de Pequeno Porte*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 82p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

Neste trabalho procurou-se desenvolver uma ferramenta de suporte à decisão para a seleção de cultivares de Citrus em uma fazenda em fase de implantação localizada em Porto Ferreira/SP. Foram utilizadas as técnicas de Programação Linear para a seleção de cultivares e a Análise de Retorno Esperado para o auxílio na determinação da estimativa de retorno do investimento. Foram determinadas sugestões de ocupação do empreendimento através de três modelos em programação linear, dos quais um foi desenvolvido em programação inteira, os modelos trabalharam com sete cultivares de Citrus desempenhando o papel de variáveis e com restrições de investimento total em insumos, mão-de-obra e área de plantio. Foi realizada uma análise da demanda de laranja de mesa no Estado de São Paulo, determinando-se a equação de regressão descrevendo seu comportamento, a partir desta análise foi construída uma distribuição de probabilidade de demanda de laranja de mesa para o Estado de São Paulo e para o empreendimento, objeto de estudo. A partir destes resultados foi gerada a curva de retorno esperado do empreendimento para a construção de cenários de retorno do investimento. Este trabalho demonstrou a facilidade de aplicação das ferramentas utilizadas em empreendimentos de pequeno porte, fornecendo subsídios para decisões do investidor.

### *Palavras Chave:*

- Sistemas de suporte de decisão, Programação linear, Frutas cítricas – comércio, Estatística análise

## **Abstract**

GIBBIN, Randal Victor, *Variety Selection Models for Small Agricultural Business*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 82p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

This investigation describes a set of models to support the decision of a citrus variety selection for an agricultural enterprise located at Porto Ferreira/SP. To achieve this goal were applied the Linear Programming and Expected Return Analysis techniques. By the use of three linear programming models, one of them developed on Integer Programming, were considered seven citrus varieties as decision variables and three constraints: total investment in agro-chemicals, labor and area; the models provided suggestions of land occupation. By the analysis of historical information regarding Citrus production in São Paulo Estate, was developed a Expected Return Analysis for the Citrus production in São Paulo Estate and for the enterprise as well, focused on return on investment. The results obtained from this investigation are important to describe a methodology for supporting the investor decision making process in small agricultural business, due to the easy application of the techniques.

### *Key Words:*

- Decision support systems, Linear programming, Citrus trade, Statistical analysis

## Sumário

Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	v
Nomenclatura	viii
1 Introdução	1
1.1 Caracterização do ambiente da proposta	1
1.2 Formulação do problema	1
1.3 Objetivo geral	3
1.4 Objetivos específicos	4
1.5 Justificativa	4
1.6 Viabilidade e importância	6
1.7 Plano de trabalho	6
2 Revisão da Literatura	8
2.1 Importância e desafios da citricultura brasileira	8
2.2 A natureza do processo de tomada de decisão	10
2.3 Fundamentos teóricos da programação linear	11
2.4 O papel da tecnologia da informação nas micro e pequenas empresas	14
2.4.1 <i>O ambiente da pequena empresa</i>	14
2.4.2 <i>A tecnologia da informação na pequena empresa</i>	15
2.5 O planejamento na pequena empresa agropecuária	16
2.5.1 <i>O planejamento operacional e a determinação de objetivos</i>	16
2.5.2 <i>Sistemas de informações gerenciais em empresas agropecuárias</i>	19

2.6	Construção de modelos para empresas agropecuárias	21
2.6.1	<i>Tipificação dos modelos para uso no meio agropecuário</i>	21
2.6.2	<i>Plano orçamentário global</i>	22
2.6.3	<i>Plano orçamentário parcial</i>	23
2.6.4	<i>Modelo de margem líquida</i>	23
2.6.5	<i>Problemas na aplicação dos modelos</i>	24
2.6.6	<i>Etapas do processo de construção de modelos em programação linear</i>	26
2.7	Geração de cenários para a tomada de decisões	28
2.8	Aplicações da programação linear na agricultura	30
3	Método de Pesquisa	34
3.1	Apresentação do estudo de caso	34
3.2	Descrição do modelo genérico	36
3.2.1	<i>Função objetivo</i>	36
3.2.2	<i>Restrições do modelo</i>	37
3.3	Descrição do modelo 01	38
3.3.1	<i>Função objetivo para o modelo 01</i>	38
3.3.2	<i>Restrições do modelo 01</i>	39
3.4	Descrição do modelo 02	40
3.4.1	<i>Função objetivo para o modelo 02</i>	40
3.4.2	<i>Restrições do modelo 02</i>	41
3.5	Descrição do modelo 03	42
3.5.1	<i>Função objetivo para o modelo 03</i>	42
3.5.2	<i>Restrições do modelo 03</i>	43
3.6	Solução de modelos de Programação Linear por computador	44
3.7	O mercado de laranja no Brasil	44
3.8	Geração de cenários através da previsão de demanda futura	45
3.8.1	<i>Predição de demanda</i>	45
3.8.2	<i>Análise do retorno esperado</i>	47
4	Resultados e Discussões	53
4.1	Produção, consumo de insumos e mão-de-obra da Fazenda Vitória I	53
4.2	Restrições de área, consumo de insumos e mão de obra para a Fazenda Vitória II	55

4.3 Aplicação do modelo 01 de maximização do lucro operacional (LOP) para a Fazenda Vitória II	56
4.4 Aplicação do modelo 02 de maximização do lucro operacional (LOP) para a Fazenda Vitória II	58
4.5 Aplicação do modelo 03 de maximização do lucro operacional (LOP) para a Fazenda Vitória II	59
4.6 Predição de demanda e análise de retorno esperado para a Fazenda Vitória II	61
5 Conclusões	77
6 Sugestões para Trabalhos Futuros	79
Referências Bibliográficas	80

## Lista de Figuras

Figura 3.1: Representação da distribuição de cultivares em uma dada fazenda	36
Figura 3.2: Análise de uma série história para previsão de demanda, adaptado de Gaither & Fraizer (2002)	46
Figura 3.3: Probabilidade de vendas	47
Figura 3.4: Curva de retorno esperado	50
Figura 3.5: Curva de retorno esperado dado um custo fixo de produção	51
Figura 4.1: Demanda de laranja para mesa e suco no Estado de São Paulo (ABECITRUS, 2004)	62
Figura 4.2: Curva da distribuição de probabilidade de produção de laranja para mesa no Estado de São Paulo	64
Figura 4.3: Curva do retorno esperado para a produção de laranja para mesa no Estado de São Paulo	66
Figura 4.4: Curva do retorno esperado para a produção de laranja para mesa no Estado de São Paulo considerando custo variável de produção de R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/ cx 40,8kg	69
Figura 4.5: Curva da distribuição de probabilidade de produção de laranja para mesa no empreendimento (Pf)	72
Figura 4.6: Curva do retorno esperado para a produção de laranja para mesa no empreendimento considerando custo variável de produção de R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx40,8kg	75

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Probabilidades de demanda	48
Tabela 3.2: Matriz retorno por unidade entregue [milhares de R\$]	49
Tabela 3.3: Retorno para a produção de 12.000 unidades	51
Tabela 3.4: Retorno esperado considerando custo fixo e sazonalidade	52
Tabela 4.1: Dados de produção e consumo de recursos da Fazenda Vitória I em 2003	53
Tabela 4.2: Dados resumidos para cada cultivar referentes à produção e consumo de recursos para a Fazenda Vitória I em 2003	55
Tabela 4.3: Área das quadras na Fazenda Vitória II	55
Tabela 4.4: Restrições pertinentes aos recursos disponíveis para a Fazenda Vitória II	56
Tabela 4.5: Desenvolvimento do modelo 01 para a Fazenda Vitória II	56
Tabela 4.6: Desenvolvimento do modelo 02 para a Fazenda Vitória II	58
Tabela 4.7: Desenvolvimento do modelo 03 para a Fazenda Vitória II	59
Tabela 4.8: Resultados obtidos nos três modelos de maximização do lucro operacional da Fazenda Vitória II	60
Tabela 4.9: Demanda em milhões de cx 40,8kg e preços praticados em R\$/cx40,8kg para laranja de mesa (PM) de suco (PI) no Estado de São Paulo (ABECITRUS, 2004)	61
Tabela 4.10: Coeficientes da equação de regressão, média e desvio para a demanda de laranja para suco e mesa no Estado de São Paulo	61
Tabela 4.11: Intervalos de confiança para produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo em milhões de cx 40,8kg	62
Tabela 4.12: Distribuição de probabilidade, segundo a distribuição Student, para a produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo em milhões de cx 40,8kg	63

Tabela 4.13: Intervalos da distribuição de probabilidade para a produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo	65
Tabela 4.14: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004)	66
Tabela 4.15: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 66,89 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg	67
Tabela 4.16: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 94,74 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg .e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg	67
Tabela 4.17: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 107,77 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg	68
Tabela 4.18: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 120,80 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg .e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg	68
Tabela 4.19: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 148,66 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg	68
Tabela 4.20: Distribuição de probabilidade, segundo a distribuição Student, para a produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo (PM) em milhões de cx 40,8kg e para o empreendimento (Pf) em milhares de cx 40,8kg	71
Tabela 4.21: Intervalos da distribuição de probabilidade para a produção de laranja de mesa no empreendimento	73

- Tabela 4.22: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 68,09 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg 73
- Tabela 4.23: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 96,759 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg 73
- Tabela 4.24: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 110,05 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg 74
- Tabela 4.25: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 123,36 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg 74
- Tabela 4.26: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 151,80 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg 74

## Nomenclatura

### *Letras latinas*

<b>AREA</b>	- Disponibilidade total de área cultivável	[ha]
<b>D</b>	- Demanda de um dado produto	[Unidades]
<b>a</b>	- Área do pomar de Citrus	[ha]
<b>I</b>	- Total de pomares de citrus disponíveis para produção	[Unidades]
<b>INS</b>	- Custos dos insumos para todos os pomares de Citrus	[R\$]
<b>INVEST</b>	- Total de recursos disponíveis para investimento em insumos e mão-de-obra	[R\$]
<b>K</b>	- Total de cultivares plantadas	[Unidades]
<b>LI</b>	- Limite inferior do intervalo de confiança de uma variável contínua	[Unidades]
<b>LOP</b>	- Lucro operacional auferido pela venda de frutas na fazenda	[R\$]
<b>LS</b>	- Limite superior do intervalo de confiança de uma variável contínua	[Unidades]
<b>MOBT</b>	- Custo total da mão-de-obra para produção em todos os pomares	[R\$]
<b>p</b>	- Probabilidade de uma dada variável contínua	[-]
<b>P</b>	- Produção de um dado produto	[Unidades]
<b>Pf</b>	- Produção de laranja da fazenda	[cx 40,8kg]
<b>PI</b>	- Produção de laranja para indústria de suco	[cx 40,8kg]
<b>PM</b>	- Produção de laranja de mesa	[cx 40,8kg]
<b>RELM</b>	- Receita média do pomar de Citrus	[R\$/ha]
<b>S</b>	- Desvio Padrão	[Unidades]

### *Subscritos*

<i>i</i>	- Designação de um pomar específico de Citrus
<i>k</i>	- Designação de uma cultivar específica de Citrus

### *Abreviações*

- CEAGESP** - Companhia Estadual de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo
- ERP** - Enterprise Resource Planning (Planejamento de Recursos do Empreendimento)
- ROI** - Return on Investment (Retorno sobre o Investimento)
- SEBRAE** - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

# **Capítulo 1**

## **Introdução**

### **1.1 Caracterização do ambiente da proposta**

Este trabalho propõe a utilização do ambiente Excel™ para desenvolver modelos matemáticos aplicáveis a um empreendimento de exploração agrícola em citricultura, os modelos matemáticos desenvolvidos apresentam o enfoque na otimização da utilização dos recursos, os quais foram baseados em um modelo de margem líquida formatado para aplicação em programação linear, combinando a análise de retorno esperado do negócio a partir de informações de mercado.

Através destas abordagens, pretende-se, por meio da geração de cenários, auxiliar o empreendedor na decisão de investimento em pomar de laranja nesta propriedade. A construção de diferentes cenários constitui-se em um suporte à tomada de decisão do negócio e deixa ao estrategista a decisão final que certamente será ponderada entre estas medidas quantitativas tratadas neste trabalho e sua percepção e intuição sobre o futuro.

### **1.2 Formulação do problema**

O estudo de caso em si consiste na determinação da combinação ideal de cultivares de laranja para uma propriedade, localizada na região de Porto Ferreira/SP, com área total de 154,67

ha ou 61,87 alqueires paulista ocupados com pastagens, dos quais 136,81ha podem ser empregados para agricultura, dada a condições topográficas.

Esta a propriedade possui relevo pouco ondulado, característico da região, o que lhe confere alta capacidade de aproveitamento, bem como um suprimento de água por meio de um rio que a corta.

O clima da região é o mesotérmico úmido e a temperatura média local oscila entre 20°C e 25°C, as estações são bem distintas, com um período chuvoso compreendendo os meses de outubro e março, sendo a precipitação média anual de 1600mm. (GALETI, 1989)

O grupo empresarial, que recém adquiriu esta fazenda, possui outros empreendimentos, os quais consistem em uma fazenda de laranja em plena produção situada em Casa Branca/SP, uma unidade de processamento de laranjas *in natura* também localizada em Casa Branca/SP e um box no CEAGESP (Companhia Estadual de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo) em São Paulo/SP. Sob o aspecto de suprimento, o grupo possui uma cadeia que contempla as atividades de plantio, colheita, transporte e vendas em grandes lotes.

A receita anual bruta do grupo foi da ordem de R\$ 10 milhões no exercício de 2004, o que a qualifica como uma empresa de pequeno porte. (BRASIL, 2000)

As três unidades de negócio citadas possuem, desde junho de 2002, dados relativos às áreas de finanças (contas a pagar, contas a receber, controle de caixa e bancário), de produção (produtividade, lotes processados, classificação do produto e consumo de insumos) e de recursos humanos (horas trabalhadas e custo-hora).

Especificamente à fazenda situada em Casa Branca/SP, esta possui um banco de dados com os registros de consumo de agro-químicos (adubos e defensivos) por gleba cultivada, correspondendo cada gleba a uma quadra da fazenda dedicada a uma cultivar de laranja.

Este banco de dados também discrimina todas as atividades desempenhadas (pulverização, capina, dentre outras) em cada quadra, com suas respectivas horas-homem e horas-máquina utilizados.

Dada a proximidade geográfica entre as duas fazendas (60km) e às semelhanças de clima e solo, bem como a disponibilidade de informações, tomou-se a hipótese de usar alguns dados oriundos da fazenda em Casa Branca/SP, conhecida como Fazenda Vitória I, na formulação do modelo de construção de cenários da fazenda em Porto Ferreira/SP, denominada Fazenda Vitória II, objeto de nosso estudo.

### **1.3 Objetivo geral**

A capacidade de adaptação das empresas a novos contextos passa invariavelmente pelo processo de tomada de decisões, que é particularmente complexo para os empreendimentos em agronegócio, visto que seu ambiente de decisão contempla fatores como os de natureza climática e edafológica, bem como fatores pertinentes às oportunidades e sazonalidade de mercado.

Com o intuito de contribuir para o processo de tomada de decisão do empreendedor rural, considerando pelo menos os macrofatores quantificáveis que afetam a decisão, este trabalho busca, por meio de um estudo de caso, aplicar elementos de pesquisa operacional, particularmente a programação linear, como ferramenta para a elaboração de cenários, a partir de dados reais.

Propõe-se o aprofundamento da reflexão do processo de tomada de decisão por intermédio da geração de diferentes cenários que buscam identificar tendências de comportamentos futuros, otimistas e pessimistas, estabelecendo um corredor de soluções visando, como objetivo final, ajudar o decisor a encontrar uma resposta que teoricamente busque a maximização do lucro do empreendimento.

## **1.4 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Triagem dos dados disponíveis para análise, através da coleta, seleção de dados pertinentes e sua devida organização para tratamento posterior;
- Desenvolvimento de modelos em programação linear considerando as restrições do negócio (insumos, mão-de-obra e área)
- Geração de cenários a partir da análise de retorno esperado do empreendimento fornecendo subsídios à tomada de decisão do empreendedor rural.

## **1.5 Justificativa**

Do ponto de vista macro econômico, o desempenho da atividade agropecuária tem vital importância em qualquer sociedade e tal afirmação se acentua no caso brasileiro, no qual evidencia-se um forte potencial produtivo.

Este potencial se solidifica em aspectos geográficos, discriminados pela disponibilidade de terras cultiváveis e pela diversidade de climas, o que permite o desenvolvimento de atividades diversas, bem como a ampla expansão das atividades correntes.

Ressalta-se que a ampla oferta de produtos agropecuários é vital para a estabilidade do equilíbrio macroeconômico nacional, traduzido na relação oferta/demanda que rege cada micromercado.

Verifica-se também que, principalmente nos últimos anos, o complexo agropecuário brasileiro desempenhou importante papel no balanço de pagamentos, representado por sucessivos superávits da balança comercial, dados oficiais apontam que, no período de janeiro a outubro de 2004, o saldo na balança comercial brasileira do agronegócio atingiu a cifra de US\$ 26,82 bilhões, contra US\$ 20,15 bilhões no mesmo período em 2003. (BRASIL, 2004)

Face ao exposto, a colocação da atividade agropecuária em patamares superiores de desempenho cumpre um importante papel no crescimento econômico do país sob a ótica de longo prazo, quer pelo fornecimento de produtos para o mercado interno ou intensificação do comércio internacional.

Analisando este ambiente com maior profundidade, tem-se como ator principal o agricultor, pois parte deste um grande número de decisões sobre a atividade na propriedade, decisões estas que podem influenciar diretamente o abastecimento nacional ou internacional.

O processo de tomada de decisão do agricultor é geralmente árduo, dada à complexidade inerente à atividade. Neste incluem-se elementos de tradição e aprendizado, condições de infraestrutura, motivos psicológicos e sociais, para não dizer o maior de todos, a realização de maiores lucros. (CONTINI et al., 1986)

Assim como nas organizações em geral, os empreendimentos agropecuários encontram-se, em grande parte, vulneráveis a fatores alheios à fronteira da propriedade, muitos dos quais além das fronteiras nacionais.

Tal vulnerabilidade se concretiza no processo de globalização que segue em curso desde meados da década de 90 e impõe a todas as empresas, incluindo as agropecuárias, a busca de novos graus de competitividade, o que as conduz a um processo de seleção natural. (CARVALHAL & FERREIRA, 2001)

Este ambiente de risco exige do empreendimento agrícola a capacidade de adaptação a novos contextos, traduzidos em condições mercadológicas, econômicas, políticas e sociais nas quais sua atividade está inserida.

## **1.6 Viabilidade e importância**

Apesar das limitações quanto ao número de variáveis e restrições, optou-se pela planilha eletrônica Microsoft Excel™ por ser uma ferramenta amplamente difundida no ambiente da microempresa e empresa de pequeno porte, presente em 70% do total de micro e pequenas empresas informatizadas no Estado de São Paulo, apresentando uma interface mais acessível pelo usuário, facilitando a aplicação no ambiente empresarial em estudo. (SEBRAE, 2003)

Ressalta-se que todo modelo em si consiste apenas em uma representação aproximada da realidade, a qual neste estudo foi simplificada, dada a complexidade e mutabilidade de fatores tais como climáticos, biológicos, sociais e mercadológicos. (LACHTERMACHER, 2002)

No entanto a importância deste modelo não fica diminuída, uma vez que foi construído levando em consideração o maior número possível de fatores determináveis, para que possa gerar cenários com consistência e conseqüentemente apoiar a tomada de decisão do empreendedor.

## **1.7 Plano de trabalho**

Este trabalho foi organizado de forma que no capítulo 2 temos a Revisão da Literatura descrevendo o ambiente da citricultura brasileira e paulista, as particularidades do processo de tomada de decisão, noções fundamentais de programação linear, considerações sobre a tecnologia da informação e seu papel no universo das pequenas e médias empresas, planejamento de pequenos empreendimentos agropecuários, principais abordagens e o processo de geração de modelos para o agronegócio, técnicas de geração de cenários e a revisão de uso de modelos, particularmente em programação linear, em trabalhos anteriores dedicados a estudos de caso no agronegócio.

O capítulo 3 descreve o Método de Pesquisa, com a apresentação detalhada do estudo de caso seguido da apresentação dos modelos em Programação Linear, também está contemplada neste capítulo a fundamentação da Análise de Retorno Esperado que será empregada para a geração de cenários do empreendimento.

O capítulo 4 apresenta os Resultados e Discussões originadas da execução do Método de Pesquisa, iniciando pela seleção, organização e tabulação os dados do negócio, de forma a servirem como dados de entrada nos modelos em programação linear, também mostra os resultados das resoluções dos modelos com as sugestões de ocupação e considerações sobre a influência das restrições sobre a maximização da função objetivo, no caso o lucro operacional.

A partir dos resultados gerados pelos modelos, selecionou-se os resultados obtidos pelo modelo desenvolvido em programação inteira para servir de dados de entrada para a análise de retorno esperado, juntamente com a análise da demanda de laranja de mesa para o Estado de São Paulo, culminando com a criação da curva de retorno esperado do empreendimento, a qual serve como instrumento de geração de cenários para o investidor.

O capítulo 5 apresenta as Conclusões geradas com a obtenção e discussão dos resultados obtidos no capítulo 4, as quais confirmam a aplicabilidade deste conjunto de ferramentas como instrumento de apoio à decisão do investidor, pois são capazes de gerar cenários que consideram aspectos internos do empreendimento, como produtividade, restrições de investimento em insumos, mão-de-obra e área, bem como aspectos externos como a demanda de mercado e preços de comercialização do produto.

No capítulo 6 temos as Sugestões para Trabalhos Futuros tratando da ampliação deste estudo através do uso da Análise de Retorno Esperado para a seleção de cultivares de Citrus no empreendimento.

## **Capítulo 2**

### **Revisão da Literatura**

#### **2.1 Importância e desafios da citricultura brasileira**

O suco concentrado de laranja tem destacada importância na balança comercial brasileira, com uma produção exportada de 1.131 mil toneladas na safra 1999/2000 e gerando divisas que ultrapassam US\$ 1 bilhão/ano, colocando o Brasil como o primeiro produtor e exportador mundial. (NEVES et al, 2001) (GHILHARDI et al, 2002)

Do total exportado na safra 1999/2000, 64% foi destinado para a União Européia, 22% aos Estados Unidos e Canadá, 10% aos países asiáticos, sendo 4% direcionados aos demais importadores, reforçando a importância da citricultura brasileira no cenário internacional.

Neste contexto, tem destaque a citricultura paulista que participa com aproximadamente 80% do total nacional colhido, passando de 167 milhões de caixas 40,8kg em 1980 para 269 milhões em 1990 e atingindo a cifra de 400 milhões de caixas em 1999. (GHILHARDI et al, 2002)

Deste total colhido no Estado, aproximadamente 70% destina-se ao processamento industrial para suco concentrado e congelado, sendo este direcionado quase que totalmente para o mercado externo, atingindo 97% da produção de suco em 2001. (GHILHARDI et al, 2002)

Analisando-se do ponto de vista da área colhida, a citricultura paulista evoluiu vigorosamente, partindo de 427,4 mil hectares em 1980 para 773,4 mil em 1999, o que representa um crescimento de 81% em vinte anos, sendo que as áreas produtoras encontram-se concentradas nas regiões noroeste e leste do Estado.

Garcia (2000) descreve a importância da citricultura brasileira através de sua participação no mercado internacional e como fator gerador de empregos, respondendo esta atividade por 50% do suco de laranja produzido no mundo e por 80% do suco comercializado no mercado internacional, gerando 420 mil empregos diretos e movimentando US\$ 5 bilhões em negócios.

No entanto, a citricultura brasileira, a despeito de seu vigor nos mercados interno e externo, passa por fatores adversos muito relevantes. Ghilhardi et al (2002) cita alguns destes elementos: crescimento da competição norte-americana, elevadas barreiras tarifárias, redução nas cotações de suco geradas por uma conjuntura de super oferta no mercado mundial.

A combinação destes fatores, com destaque para o último, traz como consequência uma redução dos preços recebidos pelos produtores, sendo esta situação agravada pela proliferação de novas pragas nos pomares, com destaque à morte súbita dos citrus (MSC), que atinge principalmente os pomares do noroeste paulista.

Troccoli (1999) reafirma estes fatores adversos que afligem a citricultura no Brasil e destaca o momento decisivo pelo qual a atividade passa em nosso país, exigindo uma nova postura desta cadeia de produção, anteriormente habituada a um ambiente de baixa competitividade e com foco no curto prazo, passando para uma nova conjuntura focada na melhora do rendimento nas diversas fases do processo de produção.

Com base no exposto, é de grande importância para a atividade o controle sobre todas as etapas de produção, desde os pomares até a geração e distribuição do suco, focando toda cadeia produtiva no desempenho e rentabilidade sustentáveis.

## 2.2 A natureza do processo de tomada de decisão

Lachtermacher (2002) define a tomada de decisão como sendo um processo de identificação de um dado problema seguido de uma seleção de uma ação ou conjunto de ações para resolve-lo.

Segundo o autor diversos fatores afetam a tomada de decisão, tais como:

- Tempo disponível
- Importância da decisão
- Ambiente de decisão
- Certeza/incerteza e risco da decisão
- Agentes decisores
- Conflito de interesses

Angeloni (2003) destaca que o processo de tomada de decisão tem como subsídios essenciais o *dado*, a *informação* e o *conhecimento*, definindo *dado* como um elemento bruto, sem significado e desvinculado da realidade, já a *informação* consiste em um dado dotado de significado, apresentando assim relevância e propósito; o *conhecimento* por fim é considerado como a informação processada pelo indivíduo, ou seja convertida em um conjunto de ações a serem implementadas.

Assim, no processo de tomada de decisão, é importante a disponibilidade de dados, informações e conhecimentos, no entanto tais conhecimentos estão dispersos, fragmentados e armazenados na mente dos especialistas, sofrendo a interferência de seus modelos mentais. (ANGELONI, 2003)

Ademais, o aumento constante do volume de dados, informações e conhecimentos tem tornado o ambiente do decisor cada vez mais difícil, visto que este necessita discernir neste universo os elementos relevantes para a tomada de decisão.

Lachtermacher (2002) destaca esta dificuldade encontrada no ambiente de decisão atual e sugere a construção de modelos computacionais como uma alternativa em situações na qual estão presentes propostas conflitantes e concorrentes, nas quais a opção usual seria somente o uso de um modelo mental preexistente no especialista. Por modelos computacionais entende-se um conjunto de relações matemáticas e hipóteses lógicas, implantadas em um computador de tal forma a representar um problema real de tomada de decisão.

### 2.3 Fundamentos teóricos da programação linear

Caixeta Filho (2001) enquadra a programação linear sob o ponto de vista da modelagem normativa, consistindo assim em um aprimoramento da técnica de resolução de sistemas de equações lineares através de inversões sucessivas de matrizes, as quais fazem parte de um modelo cumprindo o papel de restrições. Nesta modelagem tem-se sempre uma equação linear adicional, a função objetivo, que traduz um dado comportamento a ser otimizado, seja por minimização ou maximização, traduzindo-se em uma solução ótima.

Lachtermacher (2002) descreve um problema de programação linear da seguinte forma:

Otimizar:  $z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Sujeito a: 
$$\left. \begin{array}{l} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{array} \right.$$

Onde:  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n$ , para  $i = 1, \dots, m$

Nesta descrição temos que  $z$  é a função objetivo a ter o seu valor otimizado (quer por minimização ou maximização),  $g_1$  a  $g_m$  representam as inequações das restrições, que limitam assim a solução do problema,  $b_1$  a  $b_m$  representam os valores das restrições,  $n$  corresponde ao o número de variáveis de decisão ( $x_1$  a  $x_n$ ),  $m$  ao número de restrições do problema,  $i$  ao índice de uma determinada restrição, os termos  $c_1$  a  $c_n$  representam coeficientes aplicados a cada uma das variáveis de decisão na função objetivo, já  $a_{i1}$  a  $a_{in}$  representam os coeficientes aplicados a cada uma das variáveis de decisão nas inequações das restrições.

Todo problema de programação linear tem as seguintes hipóteses preestabelecidas: (LACHTERMACHER, 2002)

- a) Proporcionalidade: O valor da função objetivo é diretamente proporcional ao nível de atividade de cada variável de decisão;
- b) Aditividade: Todas as variáveis de decisão são independentes entre si;
- c) Divisibilidade: Qualquer variável de decisão pode ser dividida a qualquer nível;
- d) Certeza: Todos os parâmetros do modelo são constantes conhecidas, cabe ressaltar que esta condição é particularmente difícil de ser cumprida no mundo real, o que requer uma análise crítica dos resultados e a geração de diferentes cenários que venham representar possíveis variações nos parâmetros.

Caixeta Filho (2001) cita que historicamente, a proliferação da técnica de programação linear se deve à equipe de cientistas liderada por George B. Dantzig nos anos 40, que tinha como desafio oferecer soluções ótimas para a distribuição de tropas entre as diferentes frentes de batalha dos aliados na 2ª Grande Guerra, sendo através destes trabalhos que o cientista e sua equipe desenvolveram o *método simplex* em 1947, sendo o trabalho publicado posteriormente.

Com o desenvolvimento da informática, diversos softwares foram desenvolvidos e muitos dos quais fazem uso do método simplex como algoritmo de resolução, reforçando o poder desta ferramenta ainda nos dias de hoje.

Outros algoritmos foram desenvolvidos, principalmente nos anos 80, Caixeta Filho (2001) cita os estudos de Nerendra K. Karmanrkar (1984) que conduziram ao *método dos pontos interiores*, o qual é muito aplicado nos dias de hoje em problemas de grandes dimensões.

No entanto, qualquer que seja o algoritmo de resolução, uma modelagem prévia do problema necessita ser executada, a qual exige que alguns passos sejam cumpridos, conforme sugere Caixeta Filho (2001):

- a) O objetivo básico do problema deve ser devidamente definido, sendo único e que diga respeito diretamente à otimização buscada. Exemplos de objetivos são a maximização do lucro, das receitas, da eficiência ou ainda minimização dos custos, das perdas, do tempo, etc;
- b) Para a construção do objetivo do problema, traduzido em uma função objetivo, variáveis de decisão devem ser devidamente criadas. Exemplos de variáveis de decisão são quantidades de insumos para formulação de misturas, áreas de determinados tipos de cultura ou ainda classes de investimentos;
- c) As variáveis de decisão devem ter seu grau de variação devidamente delimitado através de restrições do problema. Exemplos de restrições são a área total disponível, capital total a investir, disponibilidade de horas-homem ou horas-máquina, etc.

Lachtermacher (2002) ressalta que a técnica de programação linear é um importante instrumento para a tomada de decisão, uma vez que parte de modelos simbólicos que simplificam uma determinada situação problema a ser resolvida, tendo importantes aplicações nas áreas de administração da produção, análise de carteiras de investimentos, alocação de recursos escassos,

planejamento regional, logística, custeio de transporte, localização de rede de distribuição dentre outras.

O autor também destaca que o emprego da programação linear se torna cada vez mais comum no dia a dia empresarial moderno, principalmente com o aumento da capilaridade da informática e da disponibilidade de softwares como planilhas eletrônicas, capazes de processar problemas razoavelmente complexos.

Assim sendo, o uso crescente da tecnologia da informação no meio empresarial se converte em um meio de propagação da programação linear como ferramenta de planejamento, abrangendo setores diversos, inclusive o meio agrícola, objeto deste estudo.

## **2.4 O papel da tecnologia da informação nas micro e pequenas empresas**

### ***2.4.1 O ambiente da pequena empresa***

O mundo atual vem impondo grandes desafios às empresas em geral, apresentando-se cada vez mais dinâmico, com desdobramentos em diversas esferas: mercadológica, tecnológica, política, econômica, cultural e social.

Este novo contexto, vigente desde os anos 90, impõe às empresas uma busca constante pela sobrevivência, traduzida na sua capacidade de aprender a aprender, desenvolvendo competências de captação, assimilação e utilização do aprendizado. (ALVIM, 1998)

Exatamente neste cenário, no qual a capacidade de adaptação se faz necessária, que a pequena empresa apresenta evidente vantagem, uma vez que, dada sua estrutura enxuta e pouco burocrática, apresenta um potencial reativo maior às mudanças ambientais.

#### ***2.4.2 A tecnologia da informação na pequena empresa***

Em geral, a pequena empresa no Brasil é mal informatizada, sendo seus controles internos feitos por meio de documentos impressos.

Principalmente com a redução dos custos de aquisição de computadores e softwares de gestão (os chamados ERP's: Enterprise Resource Planning), o pequeno empresário tem buscado investir na automatização de seus processos internos, chegando a investir grandes somas de capital. Dados apontavam em 2003 que 65% dos empreendedores das pequenas empresas do Estado de São Paulo tinham a intenção de investir até R\$ 5.000,00 em informática em um prazo de um ano, considerando que o faturamento médio no Estado em novembro de 2004 foi de R\$ 17.589,00, tem-se uma exata proporção do grau de investimento em TI nas pequenas empresas paulistas. (SEBRAE, 2003) (SEBRAE, 2004)

No entanto, observa-se que muitas destas implantações são mal conduzidas, gerando resultados pouco expressivos para o aumento da competitividade da empresa, assim é muito importante que a equipe esteja capacitada a lidar com esta nova tecnologia que chega ao negócio, caso contrário o resultado pode ser desastroso.

Por outro lado, se o processo de informatização é bem conduzido, este proporcionará à empresa grandes vantagens, seja na otimização do uso do tempo na condução dos processos internos, na facilidade de busca de informações ou na acuidade das previsões. (BERALDI & ESCRIVÃO, 2000)

Todos estes pontos levantados convertem-se em diferenciais competitivos para estas organizações, principalmente nos processos de tomada de decisão e no planejamento.

## **2.5 O planejamento na pequena empresa agropecuária**

O planejamento é parte importante na gestão de qualquer empreendimento, o que não poderia excluir empreendimentos focados no agronegócio, principalmente no atual ambiente competitivo em que estão inseridos.

O termo planejamento pode ser definido como um processo contínuo e sistemático de tomada de decisões empresariais, com o melhor conhecimento possível de suas conseqüências futuras. (SANTOS & MARION, 1993)

Assim, de forma resumida, pode-se entender o planejamento como um ambiente no qual decisões são continuamente tomadas. (SANTOS & MARION, 1993)

Provavelmente o maior dos benefícios do planejamento é o esforço contínuo da administração em pensar o futuro da empresa, antecipando problemas e soluções, principalmente na esfera microeconômica.

### ***2.5.1 O planejamento operacional e a determinação de objetivos***

O planejamento operacional pode ser entendido como o conjunto de planos orçamentários, todos fundamentados em hipóteses coerentes com a realidade da empresa, quer nos ambientes interno e externo. (SANTOS & MARION, 1993)

Estes planos são formalmente descritos por resultados econômico-financeiros e permitem que a administração conheça os resultados de cada parte da empresa, denominada como operação.

Através destes resultados, a administração da empresa pode adotar correções de forma a redirecionar as operações com os objetivos globais da empresa.

Em uma empresa do ramo agropecuário, alguns pontos devem ser considerados na elaboração destes planos, a saber: (SANTOS & MARION, 1993)

- a) Projeção das áreas disponíveis para produção na fazenda;
- b) Perfil climático da região;
- c) Escolha dos produtos principais e alternativos;
- d) Expectativa de produtividade e qualidade dos produtos a serem produzidos;
- e) Período das safras, estação de monta (ou cruzamento) ou inseminação artificial;
- f) Expectativas de preços;
- g) Índices técnicos para cada produto;
- h) Estimativa da taxa de retorno esperada sobre os investimentos operacionais no ano agrícola;
- i) Estimar a composição da margem de contribuição dos produtos em termos percentuais.

Os principais componentes de um plano orçamentário são:

- a) Plano físico de produção e vendas: área, produto, produtividade, nº de matrizes, nº de reprodutores, nascimentos, densidade, taxa de desfrute, mortalidade, etc;
- b) Orçamento de vendas: preços, impostos pertinentes sobre as vendas, comissões de corretagem, etc;
- c) Orçamento de custo de produção: mão de obra direta, insumos agrícolas, equipamentos de uso direto, custos indiretos, depreciação, exaustão e amortização;
- d) Orçamento de despesas: despesas de comercialização, administrativas e financeiras;
- e) Orçamento de investimentos do ano agrícola;
- f) Planejamento do fluxo de caixa;
- g) Projeção de resultados esperados;
- h) Projeção do balanço patrimonial geral da empresa.

A partir de todos estes componentes, estudos podem ser efetuados, eis alguns exemplos:

- a) Custos fixos totais por fazenda e por unidade de negócio;
- b) Custos variáveis por produto e por unidade de negócio;
- c) Margem líquida por produto;
- d) Margem bruta do empreendimento;
- e) Ponto de equilíbrio operacional do empreendimento;
- f) Lucratividade;
- g) Retorno sobre o investimento (ROI).

Certo & Peter (1993) consideram que tais estudos são usados para descrever o ambiente interno da empresa, por meio da determinação de pontos fortes e fracos, os quais são importantes na construção de objetivos de curto, médio e longo prazo, convertendo-se em parte do plano estratégico do empreendimento.

No entanto, Dent et al (1986) alerta que a construção de objetivos nestes casos deve levar em conta as restrições do empreendimento agrícola, as quais podem ser agrupadas basicamente em seis categorias:

- a) Área: este recurso possui uma série de atributos, como o tipo de solo, fertilidade, aspecto, vegetação e microclima, os quais restringem que tipo de cultura ou atividade pode ser desenvolvida, uma vez que levam em conta custos pertinentes como o caso da preparação do solo em operações de calagem e adubação.
- b) Trabalho: este recurso também é muito complexo, uma vez que pode contemplar o trabalho familiar, assalariado ou terceirizado, bem como níveis de salários, obrigações da legislação trabalhista e sazonalidades, como ocorre em algumas propriedades na época de colheita com a contratação de terceiros.
- c) Capital: este recurso está diretamente ligado à ampliação da estrutura da propriedade, através da compra de máquinas, construção de instalações e disponibilidade líquida no fluxo de caixa.

- d) Manejo: este recurso compreende todas as especificidades da produção agropecuária, como rotação de culturas, manutenção da fertilidade e estrutura do solo, rotação de pasto e trato alimentar das criações.
- e) Questões legais, institucionais e mercadológicas: tais questões convertem-se em uma série de restrições como por exemplo limites para desmatamento, quotas de produção, uso de agrotóxicos, segurança do trabalho, conservação de solo, barreiras tarifárias e política de preços mínimos.
- f) Questões pessoais: entre todos os recursos, possivelmente o agricultor em si é o mais difícil de determinar, no entanto, um planejamento operacional deve levar em conta as habilidades gerenciais do proprietário ou administrador, bem como suas preferências pessoais de produção (criar gado zebu ao gir ou plantar milho a soja).

### ***2.5.2 Sistemas de informações gerenciais em empresas agropecuárias***

Podemos entender os sistemas de informações gerenciais (SIG) como um conjunto de normas e procedimentos que visam proteger os bens patrimoniais, assegurando exatidão e fidedignidade aos registros, de forma a aprimorar a direção estratégica da empresa. (SANTOS & MARION, 1993)

Dadas às particularidades da atividade agropecuária, esta exige um sistema de informações bem característico, que leve em consideração fatores desde natureza geográfica, como a distância entre unidades de negócio, até fatores sócio-culturais, como o tipo de mão-de-obra disponível.

Cabe ressaltar também que em uma mesma propriedade várias operações são concomitantemente conduzidas, como pecuária (cria, cria, engorda, confinamento de bovinos, eqüinos ou suínos) e agricultura (culturas anuais e perenes) exigindo do sistema a capacidade de monitorar todos estes empreendimentos, auxiliando o empresário rural nas respectivas tomadas de decisões.

Pozzebon et al (1997) descreve um sistema de informação gerencial como um conjunto de métodos e técnicas de inteligência competitiva, tendo um grau variado de intervenção da informática e trabalhando em diversos níveis de tratamento de dados, muitos dos quais passam pela construção de modelos para a geração de indicadores e avaliação de tendências.

Com base no exposto, a adoção de sistemas de informações gerenciais eficazes requer a construção de modelos bem sucedidos para suportar tomadas de decisões, os quais exigem a compreensão pormenorizada do negócio e suas características, até mesmo para que as devidas simplificações e adaptações sejam feitas de forma a facilitar o tratamento dos dados, considerando as conseqüências nos resultados obtidos.

Complementando este raciocínio, Gontow (1997) sugere o cumprimento de determinadas etapas em um processo de estruturação de um sistema de informação para fins gerenciais, citamos aqui algumas delas:

- a) Coerência com a missão da empresa, uma vez que os objetivos do sistema devem convergir para o estabelecido na declaração da missão do empreendimento.
- b) Desenvolvimento de um modelo de planejamento, acompanhamento e avaliação de todas as atividades de transferência da informação.
- c) Treinamento de toda a equipe no sistema, reforçando seu foco no modelo de negócio.
- d) Capacitação da equipe em técnicas e metodologias de trabalho, ou seja, na organização e métodos envolvidos.

Resumidamente, o sucesso na implantação de um sistema de informação gerencial, passa pelo alto grau de coerência e comprometimento que este tem com o modelo de negócio, facilitando a comunicação, a tomada de decisões e conseqüentemente a implantação de ações estratégicas, baseadas em cenários projetados no futuro.

## **2.6 Construção de modelos para empresas agropecuárias**

### ***2.6.1 Tipificação dos modelos para uso no meio agropecuário***

Dent et al (1986) menciona que quando o proprietário de uma fazenda faz uso de um recurso empírico para planejar ou tomar decisões, de fato ele constrói um modelo mental que engloba todas as especificidades de seu empreendimento.

Apesar destes modelos mentais serem pouco providos de fundamentos teóricos, tais recursos não devem ser menosprezados uma vez que carregam a experiência do empreendedor em diversos anos de atividade.

No entanto, a utilidade de tais modelos é limitada exatamente pela capacidade que temos de processar informações em nosso cérebro, além de tratá-las de forma não equivalente em diferentes ocasiões, levando a conclusões diferentes.

Exatamente para ultrapassar estas limitações que se desenvolveram metodologias para a construção de modelos, conferindo um caráter formal.

Assim sendo, os diferentes tipos de modelos podem ser classificados como: (DENT et al, 1986)

- a) Modelos físicos: como o próprio nome diz correspondem a réplicas em escala da situação real a ser estudada, prática muito usada em estações experimentais de instituições de pesquisa agropecuária;

- b) Modelos análogos: correspondem a representações do sistema real, mostradas em uma forma diferente, como por exemplo mapas topográficos;
- c) Modelos matemático-simbólicos: tais modelos são os mais empregados no planejamento agrícola, representam o sistema real de forma algébrica como, por exemplo, os orçamentos da propriedade, a margem líquida e a programação linear.

### ***2.6.2 Plano orçamentário global***

Segundo Dent et al (1986), um plano orçamentário global corresponde a um modelo que disponibiliza informações sobre todas as expectativas financeiras de lucros em uma determinada propriedade, sendo uma importante ferramenta na gestão do fluxo de caixa, o qual é uma forte restrição na atividade agropecuária.

Ademais, o plano orçamentário global se converte em uma ferramenta decisiva para o planejamento estratégico, compreendendo períodos que podem ultrapassar 5 anos, subdivididos em intervalos referentes ao ano agrícola.

No entanto, em geral este plano é relacionado somente com resultados e perspectivas financeiras, porém, para ser construído, uma série de premissas intrínsecas ao modelo de negócio são assumidas, como as estimativas de consumo de insumos diversos (fertilizantes, defensivos, combustível, etc.), bem como estimativas de colheita e preços de mercado.

Assim sendo, antes da elaboração do orçamento global sob o ponto de vista financeiro, um minucioso levantamento físico se faz necessário, exigindo grande esforço do empreendedor, principalmente dada as limitadas capacidades em termos de tecnologia da informação que são encontradas em muitas propriedades.

Uma vez tendo sua aplicação limitada à capacidade de manejo da informação na fazenda, o uso do plano orçamentário global é pouco empregado, no entanto, em vista da redução dos custos de informatização, espera-se que esta ferramenta tenha seu uso mais difundido.

### ***2.6.3 Plano orçamentário parcial***

Este tipo de metodologia de orçamento é muito empregada quando se tem uma série de alternativas de produção ou manejo que possuem aspectos em comum, sendo que o foco da análise se baseia nas receitas e despesas adicionais em cada nova alternativa. (DENT et al, 1986)

Como exemplo temos o caso de um produtor de laranja que opta por aumentar a nutrição de seu pomar, investindo em mais adubos, representando assim em um custo adicional, para que, em contrapartida, tenha uma maior produção e frutas mais saudáveis, gerando maior receita.

Nesta análise o agricultor determina o ganho líquido desta nova alternativa, normalmente expresso por hectare, tomando a decisão a partir deste dado.

Como grande vantagem desta metodologia, tem-se que a decisão (investir ou não em nutrição do pomar) é mais facilmente respondida por este método que através do plano orçamentário global.

### ***2.6.4 Modelo de margem líquida***

O modelo de margem líquida também é uma importante alternativa para a determinação de cenários e suporte à decisão, Dent et al (1986) define a margem líquida como a diferença entre a receita obtida a partir de uma atividade e os custos variáveis pertinentes a esta receita.

Custos variáveis são aqueles que tem uma relação diretamente proporcional com a escala da atividade em si, como por exemplo os gastos com adubos e defensivos em uma lavoura de trigo.

Entretanto, custos como o de aquisição de equipamentos não devem ser considerados como custo variável, a não ser que a propriedade faça uso de prestadores de serviço para atividades como, por exemplo, a colheita, na qual o custo é diretamente proporcional à produção, este ponto é particularmente muito comum na colheita de laranja, a qual faz uso de mão-de-obra terceirizada.

Para cada possibilidade de produção a ser analisada, uma série de alternativas de manejo podem estar disponíveis, assim sendo, a construção do modelo passa pela geração de cenários para cada uma destas possibilidades, gerando a sua respectiva margem líquida, sendo selecionadas as combinações de atividades e manejos com maiores margens líquidas.

Via de regra, este modelo de decisão pode ser entendido como um plano orçamentário parcial o qual tem como parte comum a base de ativos da empresa, considerada fixa, representada no caso pelas instalações da propriedade, máquinas agrícolas e estruturas para irrigação, logicamente, esta premissa somente pode ser válida em um determinado período de tempo, à partir do qual novos ativos necessitam ser adquiridos ao negócio.

No entanto, mantendo a estrutura de ativos e a disponibilidade de mão-de-obra própria fixas, cumprindo o papel de restrições, um grande campo ainda se abre para o empreendedor rural desenvolver a melhor combinação de manejo e atividade, com objetivo de maximizar o lucro.

#### ***2.6.5 Problemas na aplicação dos modelos***

Qualquer que seja o modelo aplicado na tomada de decisão, assume-se que este seja um representação confiável da realidade do empreendimento agropecuário, no entanto, para que tal condição seja preenchida, algumas limitações necessitam ser abordadas: (DENT et al, 1986)

- a) Confiabilidade dos dados: neste ponto reside uma das principais limitações na aplicação de modelos de programação linear, uma vez que normalmente as

propriedades possuem uma metodologia de trabalho pouco formal, com normas e procedimentos indefinidos e sem documentação, o que torna o levantamento de dados uma tarefa muito difícil e com precisão prejudicada;

- b) Risco da atividade: muitos dos dados de entrada na formulação do modelo são baseados em estimativas e valores obtidos em outras safras, não levando em consideração fatores como pestes súbitas, superprodução ou outras situações atípicas que não são contempladas;
- c) Interdependência das atividades: muitas das atividades na propriedade possuem uma interdependência, não podendo ser modeladas de maneira independente, assim o modelo necessita ter uma abrangência maior para contemplar os impactos entre diferentes atividades;
- d) Alocação de custos: além dos problemas de documentação de atividades já citados, outro problema surge com a alocação de custos, principalmente na classificação entre fixos e variáveis, assim esta alocação exige muito cuidado, pois deve visar a aplicação da base de dados em modelos futuros.

### ***2.6.6 Etapas do processo de construção de modelos em programação linear***

Dent et al (1986) e Lachtermacher (2002) descrevem o processo de construção de modelos como um conjunto de etapas as quais se encontram descritas abaixo:

- a) Definição do problema: esta é a primeira etapa do processo de construção de um modelo de tomada de decisão, sem a qual é impossível a determinação dos objetivos do estudo, no entanto, salienta-se que tais objetivos não são estáticos, uma vez que durante o andamento do projeto novos objetivos podem ser adicionados, bem como os existentes modificados, afim de se chegar a uma melhor ferramenta de suporte à decisão;
- b) Formulação do modelo: nesta etapa uma questão importante já é imposta – O modelo em programação linear é capaz de prover respostas para o suporte à decisão do estudo de caso? – Uma vez colocada esta questão o formulador do modelo deve certificar-se que o modelo em programação linear é suficiente para suportar decisões. Ressaltamos que em muitas ocasiões análises restritas são feitas não englobando fatores relevantes à tomada de decisão, levando a respostas simplistas, óbvias e pouco consistentes. Assim sendo, o formulador do modelo deve ter extremo cuidado para construir uma função objetivo e um conjunto de restrições não somente compatíveis com a realidade do objeto de estudo como também não englobar um conjunto excessivo de fatores, o que levaria a uma dificuldade no processamento, neste aspecto cabe também a vivência do formulador no meio agrícola, de forma a discernir entre fatores relevantes e não relevantes;
- c) Coleta de dados: a fase de coleta de dados é muito importante, pois a validade do modelo proposto estará diretamente ligada à qualidade dos dados de entrada, particularmente dos dados menos consistentes, representando assim uma fraqueza do modelo. Empresas agrícolas que empregam sistemas integrados possuem uma vantagem evidente uma vez que uma grande reserva de dados se encontra disponível, mas é importante ao formulador do problema ter em mente, juntamente com o

agricultor, quais são os dados relevantes e quais representam tão somente desvios pontuais, de forma a se evitarem distorções nos resultados;

- d) Teste do modelo: nesta fase temos três subfases distintas, primeiramente procede-se à **verificação** do modelo, na qual o modelo lógico deve ser conferido minuciosamente, principalmente quanto a erros de digitação, o que exige uma paciente inspeção, nesta subfase é importante rodar o modelo de forma a se verificar a geração de uma solução ótima, uma vez que erros podem impossibilitar a convergência para um resultado, em seguida temos a **validação** do modelo, na qual procede-se a investigação do modelo como ferramenta de suporte à decisão, sendo assim uma subfase composta de um forte caráter subjetivo, exigindo um questionamento intenso do formulador a respeito da capacidade do modelo em prover soluções realistas, o que pode ser feito investigando os resultados obtidos face às expectativas do agricultor e do formulador, por último temos a subfase onde se realiza a análise de **sensibilidade** do modelo, na qual aplicam-se pequenos incrementos ou decréscimos nas constantes do modelo, tomando-se a precaução de proceder as alterações somente em uma das constantes por tentativa, este procedimento é muito útil para quantificar a variabilidade das soluções obtidas face a pequenas alterações nas constantes do modelo, trazendo assim uma maior confiabilidade no suporte a decisão no mundo real;
- e) Uso do modelo e interpretação de resultados: é muito importante nesta fase final o formulador do modelo ter em mente que os resultados obtidos correspondem a orientações confiáveis, capazes de suportar decisões. Um ponto a ser evidenciado nesta fase é que os resultados obtidos não consistem em soluções a serem estritamente seguidas, uma vez que simplificações da realidade foram feitas nas fases anteriores, exigindo assim muito cuidado do formulador na interpretação dos resultados. Nesta fase é muito comum o agricultor questionar o modelo, com proposições de alterações das constantes deste, como aumento de preços de insumos e redução de preços de venda dos produtos, respostas para estas questões podem ser facilmente obtidas através da alteração de parâmetros, convergindo rapidamente para novas soluções, esta possibilidade permite uma importante assistência ao gerenciamento do

empreendimento agrícola, através da mudança de condições externas, convertendo-se em uma ferramenta estratégica, objetivo final do formulador;

- f) Tabulação dos resultados: uma vez obtido o conjunto de resultados devidamente interpretado, a partir de condições externas distintas propostas pelo agricultor, o formulador deve tabular as soluções ótimas para diferentes cenários, já que não se espera do agricultor intimidade com a programação computacional, juntamente com a tabulação dos resultados, conclusões sobre o modelo, principalmente pertinentes à análise de sensibilidade, devem ser feitas como fechamento do trabalho e consolidação do suporte à decisão.

## **2.7 Geração de cenários para a tomada de decisões**

O alto grau de incerteza sobre a demanda futura faz necessário o estudo de diferentes cenários, como uma ferramenta de ajuda na escolha da melhor solução, visto sua relação com a análise do encadeamento de fatos, gerando um Estado futuro, partindo de premissas atuais.

Godet (2000) define a palavra *cenário* como um conjunto formado pela descrição de uma situação futura e do encaminhamento dos acontecimentos que permitem passar da situação original à este Estado futuro.

Segundo o autor, existem basicamente dois tipos de cenários:

- a) Exploratório: inicia-se no passado e apresenta tendências para eventos futuros;
- b) Antecipatório ou normativo: construídos com base em visões alternativas do futuro, as quais podem ser desejadas ou não.

Coates (2000) salienta que a construção de cenários está muito presente no mundo dos negócios, apesar do termo *cenário* estar sendo usado em muitas ocasiões de forma imprópria.

Atualmente as organizações tornam-se cada vez mais globalizadas o que faz com que elas tenham que lidar com um número cada vez maior de clientes, fornecedores, agentes reguladores, aspectos culturais, sociais, governamentais e econômicos, muitos dos quais diferentes daqueles habitualmente manejados.

Neste contexto, a construção de cenários aparece como uma alternativa de orientação, visto que esta ferramenta é apropriada para o tratamento de fatores complexos e não habituais.

Assim sendo, a construção de cenários válidos para o mundo empresarial vai muito além da mera projeção de fatos aleatórios no futuro, devendo determinar de forma séria e consciente um conjunto de Estados factíveis, exigindo um forte caráter sistemático, pois se deve considerar todas as relações de causa-efeito e fatores relacionados em cada cenário.

Godet (2000) descreve os principais estágios para a construção de cenários:

- Identificar as variáveis-chave, as quais são, em particular, os objetivos da análise;
- Estudar os fatores envolvidos até ser possível responder as perguntas-chave sobre o futuro;
- Reduzir a incerteza sobre as perguntas-chave, selecionando os cenários mais prováveis, usando metodologia adequada.

Schwab et al (2003) reforça o uso desta seqüência e defende que a técnica de construção de cenários é um eficiente meio para o gerenciamento de crises futuras, uma vez que, mesmo sendo detectados sinais fracos no presente, ações já podem ser implementadas, preparando-se para contingências.

Em vista do exposto, o propósito primário de um cenário não é necessariamente o de prever o futuro, mas sim de construir de forma sistemática e devidamente delimitada, um

conjunto de situações, através do estudo dos pontos de mudança e evoluções prováveis de cada Estado.

## **2.8 Aplicações da programação linear na agricultura**

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

No Brasil, principalmente nos últimos anos, um considerável número de trabalhos tem sido desenvolvido sobre o tema, com aplicações que vão desde a silvicultura, até a produção de flores como gladiólos e lírios. (BARRETOS et al 2002) (CAIXETA FILHO et al, 2000) (CAIXETA FILHO et al, 2002)

Usualmente estes modelos buscam, partindo de restrições de caráter técnico, econômico e organizacional, maximizar uma função objetivo construída conforme um modelo de margem líquida, já discutido anteriormente.

Barreiros (2002) aplica a programação linear na construção de um modelo de maximização do resultado econômico de uma propriedade silvícola através da seleção de árvores matrizes, levando em consideração as respectivas limitações de produtividade, tecnológicas e organizacionais impostas no estudo de caso. Como exemplo de restrições temos as pertinentes ao volume e massa de madeira, massas de lignina residual e solubilizada, área plantada e custo do processo de polpação.

Em seu trabalho aplicado à produção de gladiólos, Caixeta Filho et al (2000) desenvolveu um modelo de maximização do resultado econômico tendo na função objetivo variáveis como os tipos de bulbos, representados pelos seus tamanhos comerciais, os espaçamentos usualmente empregados, os quais refletiam diretamente na densidade de plantio, bem como os preços médios de venda em dólares por milhar de bulbos, os quais são em função de seus respectivos tamanhos.

As restrições a este modelo consistiam na área disponível para plantio, no custo máximo por área e na margem mínima de resultado.

Uma vez processado o modelo, partiu-se para a implementação da solução ótima, chegando-se a resultados evidentes, com um aumento de 15% no resultado econômico no primeiro ano de implementação.

A respeito de seu trabalho aplicado à produção de lírios, Caixeta Filho et al (2002) construiu um modelo de suporte à decisão em Visual Basic, suportado por um banco de dados em Access.

A função objetivo a ser maximizada consistia na margem de contribuição da operação, a qual tinha como variáveis a densidade de plantio, as variedades de lírios, a aplicação da flor (plantio em vaso ou corte) e as respectivas épocas de plantio e colheita, sendo assim um modelo intertemporal.

Como restrições ao modelo consideraram-se as quantidades máximas e mínimas de venda, preços de comercialização, ciclo de duração, tipo e tamanho dos bulbos, comprimentos de haste e semana de plantio, também foram considerados outros parâmetros técnicos como números de bulbos por vaso, estoque de bulbos e limites operacionais da estufa agrícola, visto que esta operação se processa em ambiente protegido.

Em um outro artigo, Caixeta Filho (1992) desenvolve um modelo de maximização da margem operacional líquida para uma propriedade fictícia da região centro-oeste do Brasil, neste modelo, a função objetivo proposta leva em consideração algumas alternativas de produção, passando por atividades agrícolas (soja, milho e algodão), bem como pecuária (cria recria e engorda) e avicultura.

As restrições a este modelo concentram-se basicamente nas áreas máximas, as quais foram determinadas com base em fatores pertinentes à mecanização e declividade do terreno para atividades agrícolas; lotação de pasto para pecuária e distância entre galpões para avicultura.

O autor reforça neste artigo a importância da programação linear como ferramenta de verificação da viabilidade de implantação de um empreendimento, com base em uma taxa interna de retorno esperada, limitações de investimento e de área.

Já aplicando a programação linear em culturas perenes, Kearnev (1994) desenvolveu um modelo para renovação de pomares de maçãs e pêras a partir de uma função objetivo descrita pelo valor presente líquido do fluxo de caixa gerado pela cultura, em um período estimado de 20 anos, idade máxima de viabilidade econômica do pomar.

Neste modelo as restrições correspondiam a limitações de área, investimento mínimo anual, o qual corresponde à depreciação dos ativos envolvidos e capacidade de colheita.

Referindo-se à atividade citrícola, objeto deste trabalho, o uso da programação linear concentra-se tanto na programação de colheita como na seleção de variedades de laranja para produção. (BENSON, 1997) (CAIXETA FILHO, 1993)

Sobre a programação da colheita de laranja, Caixeta Filho (1993) desenvolveu um modelo em programação linear considerando como função objetivo a margem total de contribuição originada pela venda da laranja à indústria de suco, este modelo leva em consideração o teor de sólidos solúveis da laranja, a produção em caixas, o custo de transporte e a fração do talhão a ser colhida no mês, tendo este modelo também um caráter intertemporal.

As restrições deste modelo abrangem a capacidade de processamento da indústria, o cronograma de colheita por talhão e o teor de acidez do suco, traduzido pela variável Ratio, a qual expressa uma razão entre o teor de sólidos solúveis, medido em graus Brix e o teor de ácidos tituláveis.

Já o artigo de Benson (1997) trata da seleção de um portfólio de variedades de laranja para propriedades na Flórida a partir de um modelo com quatro funções objetivo e restrições pertinentes ao modelo de negócio, a validação deste modelo foi feita a partir da aplicação

experimental dos resultados na região de Fort Pierce, chegando-se a conclusão que o modelo tem um importante potencial como ferramenta de suporte à decisão.

O modelo de programação matemática é a visão do gestor do processo em estudo. Esta visão carrega um grau de incerteza do decisor sobre a realidade que ele procura representar e também uma incerteza inerente a esta realidade.

Uma forma de decidir, no presente, para o futuro é analisando diferentes cenários que venham limitar, por exemplo, situações de maior risco, menor risco e situações médias.

A partir de experiências anteriores, procurou-se desenvolver neste trabalho cenários baseados em um modelo de margem líquida, originado a partir de dados experimentais, relatórios técnicos e restrições pertinentes ao modelo de negócio, quer de caráter técnico ou organizacional, tais cenários, como já citado, buscarão auxiliar o empreendedor na tomada de decisão sobre a viabilidade do empreendimento.

## **Capítulo 3**

### **Método de Pesquisa**

#### **3.1 Apresentação do estudo de caso**

A Fazenda Vitória II, objeto do estudo, possui uma área de 154,67 ha ou 61,87 alqueires paulista, tendo cobertura original de pastagens e está localizada na região de Porto Ferreira/SP.

Em setembro de 2003, esta propriedade foi adquirida pelo Grupo Vitória, dedicado à produção, beneficiamento e comercialização de citrus em geral.

O Grupo Vitória possui um complexo de produção, processamento e distribuição de citrus composto de uma fazenda em plena produção na cidade de Casa Branca/SP, a qual é denominada de Fazenda Vitória I, uma unidade de processamento nesta mesma cidade, denominada de Frutícola Vitória e um box na CEAGESP em São Paulo, considerado como filial da Frutícola Vitória.

A Fazenda Vitória I possui um total de 891ha ou 356 alqueires paulista, tendo aproximadamente 160 mil pés de laranja em plena produção, com idade média de 17 anos e tendo como porta enxertos os citrus Limão Cravo, Trifoliato e Cleópatra; o espaçamento médio entre árvores é de 7 x 7,5m.

Como já mencionado na introdução deste trabalho, o Grupo Vitória já trabalha desde junho de 2002 com um sistema informatizado.

Dada à disciplina dos empreendedores, as unidades do grupo possuem um rígido controle das rotinas, traduzido no sistema que opera nas propriedades.

As rotinas monitoradas são as seguintes:

- a) Financeira: controle de contas a pagar, contas a receber, programação de fluxo de caixa e meios de pagamento;
- b) Gestão de produção: produtividade, lotes processados, classificação dos produtos e consumo de insumos;
- c) Gestão de recursos humanos: apontamento e controle de horas trabalhadas e determinação do custo-hora das atividades.

Em cada empreendimento foi desenvolvido um conjunto personalizado de relatórios e janelas de entradas de dados, adequados às respectivas realidades.

O sistema que particularmente opera na Fazenda Vitória I controla toda gestão de insumos (adubos e defensivos) bem como de todas as operações pertinentes como desmatamento, replantio, irrigação, trituração de galhos, plantio, desbrota, combate à formigas, capina, adubação foliar, poda, roçada, construção de valetas, colheita de folhas para análise e aplicação de calcário.

Para cada operação e aplicação de insumos existe um conjunto de apontamentos de consumo de materiais e mão-de-obra, os quais são demonstrados em relatórios consolidados.

Uma vez que a Fazenda Vitória I se encontra subdividida em 25 quadras, tendo um tipo de fruta por quadra, tais apontamentos e relatórios (inclusive a produção e receita de vendas de frutas) são apresentados na forma analítica por quadra, determinando a margem operacional líquida desta partição da propriedade.

## 3.2 Descrição do modelo genérico

### 3.2.1 Função objetivo

Considere-se a figura 3.1, a qual representa a subdivisão da fazenda em glebas que compõem diversos pomares com determinadas cultivares.

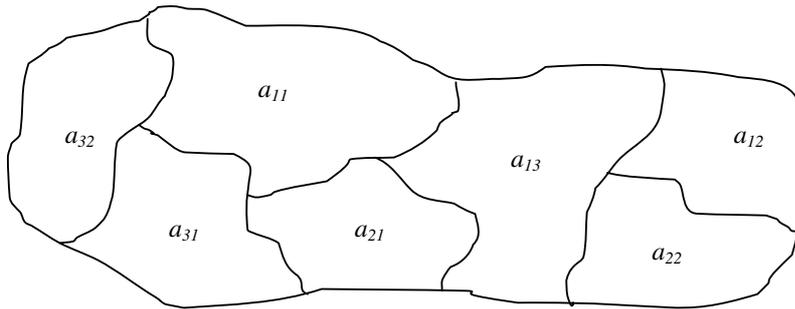


Figura 3.1: Representação da distribuição de cultivares em uma dada fazenda

A função objetivo será definida como o mix de plantio de cultivares que resulte no maior lucro operacional (LOP) auferido pela venda de frutas, descrito pela expressão abaixo:

$$LOP = \sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} (a_{ik} RELM_{ik}) - (a_{ik} INS_{ik}) - (a_{ik} MOB_{ik}) \quad (3.1)$$

Onde:

*LOP*: lucro operacional auferido pela venda de frutas na fazenda [R\$];

*a<sub>ik</sub>*: área do pomar de Citrus *i* com a cultivar *k*, sendo a variável de decisão [ha];

*RELM<sub>ik</sub>*: receita média do pomar de Citrus *i* com a cultivar *k* [R\$/ha];

*INS<sub>ik</sub>*: custo dos insumos (adubos e defensivos) do pomar de Citrus *i* com a cultivar *k* [R\$/ha];

*MOB<sub>ik</sub>*: custo da mão-de-obra do pomar de Citrus *i* com a cultivar *k* [R\$/ha];

*I*: total de pomares de Citrus disponíveis para produção;

*K*: total de cultivares plantadas.

### 3.2.2 Restrições do modelo

Quanto às restrições, estas se encontram descritas pelas expressões a seguir:

a) Área total do pomar:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} a_{ik} \leq AREA \quad (3.2)$$

*AREA* : corresponde à disponibilidade total de área cultivável [ha].

b) Horas de trabalho disponíveis:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} MOB_{ik} a_{ik} \leq MOBT \quad (3.3)$$

Onde:

*MOBT*: custo total da mão-de-obra consumido na fazenda para a produção de todos os pomares [R\$].

c) Total de recursos alocados para compra de insumos:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} INS_{ik} a_{ik} \leq INS \quad (3.4)$$

Onde:

*INS*: Total de recursos alocados pela fazenda para a compra de insumos de todos os pomares de Citrus [R\$].

A partir deste modelo genérico, foram construídas 3 variantes de forma a contribuir na geração de cenários para o estudo de caso.

### 3.3 Descrição do modelo 01

Neste modelo são consideradas:

- A variável de decisão é o total das áreas alocadas para cada cultivar ( $a_k$ ), não discernindo sobre a localização destas glebas;
- Restrição da área máxima de plantio;
- Tem como solução a recomendação de ocupação da fazenda em termos da área total dedicada a uma dada cultivar, sem discriminar sua localização.

#### 3.3.1 Função objetivo para o modelo 01

$$LOP = \sum_{k \in K} (a_k RELM_k) - (a_k INS_k) - (a_k MOB_k) \quad (3.5)$$

Onde:

$LOP$ : lucro operacional auferido pela venda de frutas na fazenda [R\$];

$a_k$ : área total dos pomares com a cultivar  $k$ , sendo a variável de decisão [ha];

$RELM_k$ : receita média dos pomares de Citrus com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$INS_k$ : custo médio dos insumos (adubos e defensivos) dos pomares de Citrus com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$MOB_k$ : custo médio da mão-de-obra dos pomares de Citrus com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$K$ : total de cultivares plantadas.

### 3.3.2 Restrições do modelo 01

Quanto às restrições, estas se encontram descritas pelas expressões a seguir:

a) Área total de cada cultivar:

$$a_k \leq AREA_k \quad (3.6)$$

$AREA_k$ : corresponde à disponibilidade total de área para cada cultivar [ha]

b) Área total do pomar:

$$\sum_{k \in K} a_k \leq AREA \quad (3.7)$$

$AREA$  : corresponde à disponibilidade total de área cultivável [ha].

c) Horas de trabalho disponíveis:

$$\sum_{k \in K} MOB_k a_k \leq MOBT \quad (3.8)$$

Onde:

$MOBT$ : custo total da mão-de-obra consumido na fazenda para a produção de todos os pomares [R\$].

d) Total de recursos alocados para compra de insumos:

$$\sum_{k \in K} INS_k a_k \leq INS \quad (3.9)$$

Onde:

$INS$ : Total de recursos alocados pela fazenda para a compra de insumos de todos os pomares [R\$].

### 3.4 Descrição do modelo 02

Neste modelo são consideradas:

- A variável de decisão é o total da área alocada a uma dada cultivar ( $a_k$ ), não discernindo sobre a localização destas glebas;
- Restrição da área total para cada cultivar;
- Restrição do investimento total na fazenda, resultante dos gastos com insumos e mão-de-obra;
- Assim como no caso anterior, tem-se como solução a recomendação de ocupação da fazenda em termos da área total dedicada a uma dada cultivar, sem discriminar sua localização.

#### 3.4.1 Função objetivo para o modelo 02

$$LOP = \sum_{k \in K} (a_k RELM_k) - (a_k INS_k) - (a_k MOB_k) \quad (3.10)$$

Onde:

$LOP$ : lucro operacional auferido pela venda de frutas na fazenda [R\$];

$a_k$ : área total dos pomares com a cultivar  $k$ , sendo a variável de decisão [ha];

$RELM_k$ : receita média dos pomares de Citrus com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$INS_k$ : custo médio dos insumos (adubos e defensivos) dos pomares de Citrus com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$MOB_k$ : custo médio da mão-de-obra dos pomares de Citrus com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$K$ : total de cultivares plantadas.

### 3.4.2 Restrições do modelo 02

Quanto às restrições, estas se encontram descritas pelas expressões a seguir:

a) Área total de cada cultivar:

$$a_k \leq AREA_k \quad (3.11)$$

$AREA_k$ : corresponde à disponibilidade total de área para cada cultivar [ha]

b) Área total do pomar:

$$\sum_{k \in K} a_k \leq AREA \quad (3.12)$$

$AREA$  : corresponde à disponibilidade total de área cultivável [ha].

c) Investimento total:

$$\sum_{k \in K} MOB_k a_k + INS_k a_k \leq INVEST \quad (3.13)$$

Onde:

$INVEST$ : total de recursos para investimento na propriedade em insumos e mão-de-obra [R\$].

### 3.5 Descrição do modelo 03

Este modelo parte da subdivisão da fazenda em glebas e considera:

- A variável de decisão é binária, descrevendo a decisão plantar/não plantar uma dada cultivar em uma gleba da fazenda pré-definida;
- Traz como solução a recomendação de plantio em glebas preexistentes;
- Restrição da área total para cada cultivar na fazenda;
- Restrição do investimento em mão-de-obra e insumos separadamente.

#### 3.5.1 Função objetivo para o modelo 03

$$LOP = \sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} (x_{ik} S_{ik} RELM_{ik}) - (x_{ik} S_{ik} INS_{ik}) - (x_{ik} S_{ik} MOB_{ik}) \quad (3.14)$$

Onde:

$LOP$ : lucro operacional auferido pela venda de frutas na fazenda [R\$];

$x_k$ : variável binária que reflete a decisão plantar/não plantar a cultivar na área  $S_{ik}$  [bin];

$S_{ik}$ : área pré-definida da gleba da fazenda [ha];

$RELM_{ik}$ : receita do pomar de Citrus  $i$  com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$INS_{ik}$ : custo dos insumos (adubos e defensivos) do pomar de Citrus  $i$  com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$MOB_{ik}$ : custo da mão-de-obra do pomar de Citrus  $i$  com a cultivar  $k$  [R\$/ha];

$I$ : total de pomares de Citrus disponíveis para produção;

$K$ : total de cultivares plantadas.

### 3.5.2 Restrições do modelo 03

Quanto às restrições, estas se encontram descritas pelas expressões a seguir:

a) Área total de cada cultivar:

$$\sum_{i \in I_k} x_{ik} S_{ik} \leq AREA_k \quad (3.15)$$

$AREA_k$ : corresponde à disponibilidade total de área para cada cultivar [ha].

b) Área total da fazenda:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} x_{ik} S_{ik} \leq AREA \quad (3.16)$$

$AREA$  : corresponde à disponibilidade total de área cultivável [ha].

c) Total de recursos disponíveis para mão-de-obra:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} MOB_{ik} x_{ik} S_{ik} \leq MOBT \quad (3.17)$$

Onde:

$MOBT$ : custo total da mão-de-obra consumido na fazenda para a produção de todos os pomares [R\$].

d) Total de recursos alocados para compra de insumos:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I_k} INS_{ik} x_{ik} S_{ik} \leq INS \quad (3.18)$$

Onde:

$INS$ : Total de recursos alocados pela fazenda para a compra de insumos de todos os pomares [R\$].

### **3.6 Solução de modelos de Programação Linear por computador**

Atualmente há uma série de softwares disponíveis no mercado que possibilitam a resolução de problemas em Programação Linear, sobre esta questão Lachtermacher (2002) aponta o aumento do uso de planilhas eletrônicas para resolução de problemas desta natureza, com destaque para os softwares Microsoft Excel™, Lotus™ e Quattro-Pro™, o autor também cita a existência de softwares específicos para a resolução de problemas de programação linear, como o caso do LINDO™, um dos mais populares.

Neste estudo de caso optou-se pela planilha eletrônica Excel™ por ser a mais popular no universo das pequenas e médias empresas e também pela sua facilidade de utilização, tornando-se uma ferramenta de fácil acesso ao empreendedor.

### **3.7 O mercado de laranja no Brasil**

A área colhida de laranja no Brasil apresentou marcante evolução nas últimas décadas, partindo de um total de 575,2 mil hectares em 1980 para 858,8 mil em 1990, atingindo 1,0 milhão em 1999, representando um significativo aumento de 74%. (GHILARDI et al, 2002)

O Estado de São Paulo apresentou semelhante evolução, com um avanço da área colhida de 427,4 mil hectares em 1980 para 773,4 mil hectares em 1999, um aumento de 81% no período, participando em torno de 80% do total colhido no país. (GHILARDI et al, 2002)

A produção de laranja também apresentou grande salto, partindo de 167 milhões de caixas 40,8kg em 1980 para 269 milhões em 1990, atingindo um pico de 400 milhões de caixas 40,8kg em 1999, analisando a produtividade dos pomares, temos um salto de 237 plantas em produção por hectare em 1985 para 297 em 1999, já a produtividade por planta não apresenta tendência definida, seguindo aleatoriamente entre 1,7 e 2,2 caixas 40,8 kg por pé. (GHILARDI et al, 2002)

Cerca de 70% da produção destina-se à produção de suco concentrado, respondendo o setor citrícola brasileiro por metade do suco de laranja produzido no mundo. (GHILARDI et al, 2002)

Apesar dos picos de produção atingidos nos últimos anos, Amaro (2003) ressalta a aleatoriedade observada na produção de laranja brasileira, visto que a produtividade por planta apresenta variações anuais em função de tratamentos culturais, uso de irrigação, preços recebidos pelos produtores e resultados financeiros, além do clima durante a safra, particularmente na época de florada das plantas.

Assim, a previsão de demanda futura carrega um grau de incerteza o qual pode ser tratado através de ferramentas de previsão de demanda que levam em consideração tal aleatoriedade.

### 3.8 Geração de cenários através da previsão de demanda futura

#### 3.8.1 Predição de demanda

Gaither & Fraizer (2002) descrevem a metodologia que será usada neste trabalho para determinar a previsão de demanda a partir do conhecimento de uma série histórica que descreve o comportamento dos  $x$  últimos anos, com suas respectivas demandas  $y$  e pode-se assim gerar uma equação de regressão para este conjunto de dados definida como:

$$y = \alpha + \beta x \quad (3.19)$$

Onde os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  são definidos como:

$$\alpha = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.20)$$

$$\beta = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.21)$$

Onde  $n$  corresponde ao número de anos a serem estudados na regressão.

Na análise da regressão linear para a geração de previsões, salienta-se que tais projeções são estimativas sujeitas a erros e variações sazonais, o que faz com que este processo carregue um grau de incerteza, como pode ser observado na figura 3.2 através da variabilidade da demanda em função dos anos.

A figura 3.2 também mostra uma linha de tendência que descreve a equação de regressão da série histórica, nesta linha a declividade representa a tendência da demanda em função do tempo.

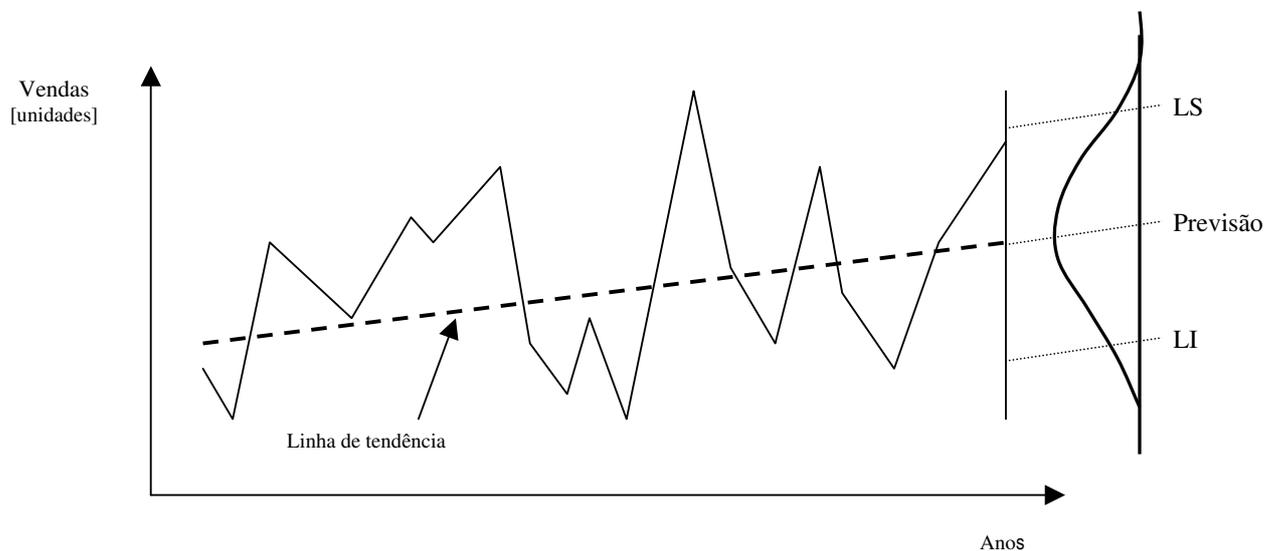


Figura 3.2: Análise de uma série histórica para previsão de demanda, adaptado de Gaither & Fraizer (2002)

Dada a variabilidade da demanda, demonstrada pela distribuição de probabilidade descrita na figura 3.2, temos um erro associado à previsão gerada pela expressão 3.19, definido como erro padrão da previsão ou desvio padrão da previsão  $S_{xy}$  que é definido pela expressão:

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - \alpha \sum y - \beta \sum xy}{n-2}} \quad (3.22)$$

Como observado na figura 3.2, temos os limites superior  $LS$  e inferior  $LI$  associados à previsão de uma demanda futura, os quais são definidos pelas expressões:

$$LS = y + tS_{xy} \quad (3.23)$$

$$LI = y - tS_{xy} \quad (3.24)$$

Onde:

$t$ : número de desvios padrões tirados da média da distribuição para fornecer uma determinada probabilidade de ultrapassagem dos limites superior e inferior. O conceito de Limite ( $LS$  e  $LI$ ) é muito importante pois permite associar a uma decisão um grau de probabilidade de ocorrência.

### 3.8.2 Análise do retorno esperado

Carvalho (2004) ressalta a importância do estudo da influência da aleatoriedade no comportamento dos sistemas de produção, particularmente sobre a demanda. A forma sugerida pelo autor para a representação da incerteza na demanda ( $D$ ) é através de uma curva de densidade de probabilidade ( $p$ ) que procura associar a cada nível de demanda uma probabilidade de ocorrência. Para exemplificar como o comportamento de uma empresa pode ser afetado pela incerteza da demanda tomemos o seguinte exemplo. Seja um mercado com a expectativa de venda como estipulado na figura 3.3.

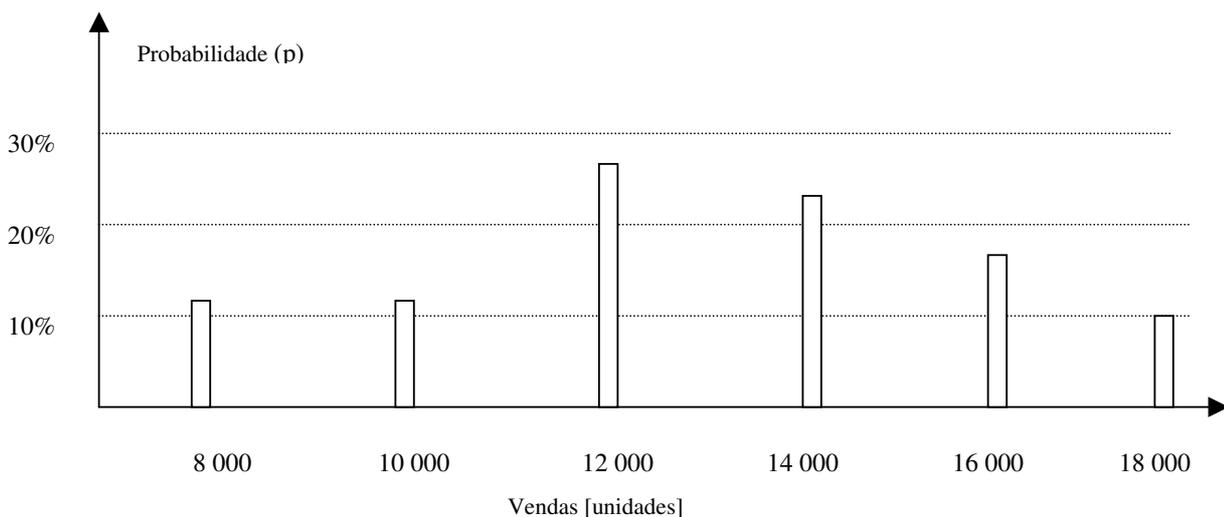


Figura 3.3: Probabilidade de vendas

A descrição do comportamento da demanda pode também ser apresentada na forma da tabela 3.1 onde é associada uma probabilidade de 0,11 para a ocorrência de demandas iguais a 8.000 e 10.000 unidades, probabilidade de 0,27 para demanda de 12.000, etc.

*Tabela 3.1: Probabilidades de demanda*

Demanda [unidades]	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000
$p(D = y)$	0,11	0,11	0,27	0,23	0,18	0,10
$p(D \geq y)$	1,0	0,89	0,78	0,51	0,28	0,10

A terceira linha da tabela 3.1 expressa a probabilidade de haver uma demanda igual ou maior que  $d$ ,  $p(D \geq y)$ . Assim a probabilidade de haver uma demanda igual ou maior que 8.000 unidades é igual a 1. A  $p(D \geq 10.000)$  é de 0,89, etc..

Se cada unidade de produto for vendida por R\$ 125,00 a matriz retorno por unidade entregue será como descrito na tabela 3.2. A primeira célula desta tabela representa a ocorrência de uma demanda de 8.000 unidades e a produção (P) de 8.000 unidades, logo tudo que for produzido será vendido, gerando uma receita de R\$ 1.000.000,00.

A segunda célula corresponde à ocorrência de uma produção de 12.000 e uma demanda de 8.000. Nesta situação serão vendidas somente 8.000 unidades a partir das quais será calculado o retorno.

Tabela 3.2: Matriz retorno por unidade entregue [milhares de R\$]

		<b>P</b> [unidades]					
<b>D</b> [unidades]	p	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000
8.000	0,11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10.000	0,11	1.000	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250
12.000	0,27	1.000	1.250	1.500	1.500	1.500	1.500
14.000	0,23	1.000	1.250	1.500	1.750	1.750	1.750
16.000	0,18	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	2.000
18.000	0,10	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	2.250

O retorno esperado, calculado com base na tabela 3.2, para uma demanda de 8.000 unidades é igual a  $1.000 \cdot (0,11 + 0,11 + 0,27 + 0,23 + 0,18 + 0,10) = 1.000$ . Para demanda de 12.000 unidades é igual a  $1.000 \cdot 0,11 + 1.250 \cdot 0,11 + 1.500 \cdot (0,27 + 0,23 + 0,18 + 0,10) = 1.417,5$ . Os valores esperados para todas as demandas estão apresentados na figura 3.4.

Pode-se concluir também que o retorno esperado para cada unidade produzida até o nível de produção de 8.000 unidades é igual  $R\$ 125,00 \cdot 1,0 = R\$125,00$ , já que, sendo esta a menor demanda, tudo que for produzido será vendido. Para a produção de 10.000 unidades é de  $R\$ 125,00 \cdot 0,89$ , já que existe uma probabilidade de 0,11 que a demanda seja de 10 000. Para 12.000 é de  $R\$ 125,00 \cdot 0,78$  e para 18.000 é de  $R\$ 125,00 \cdot 0,10$ , ou seja, o retorno esperado para a última unidade produzida é igual a  $R\$ 12,50$ .

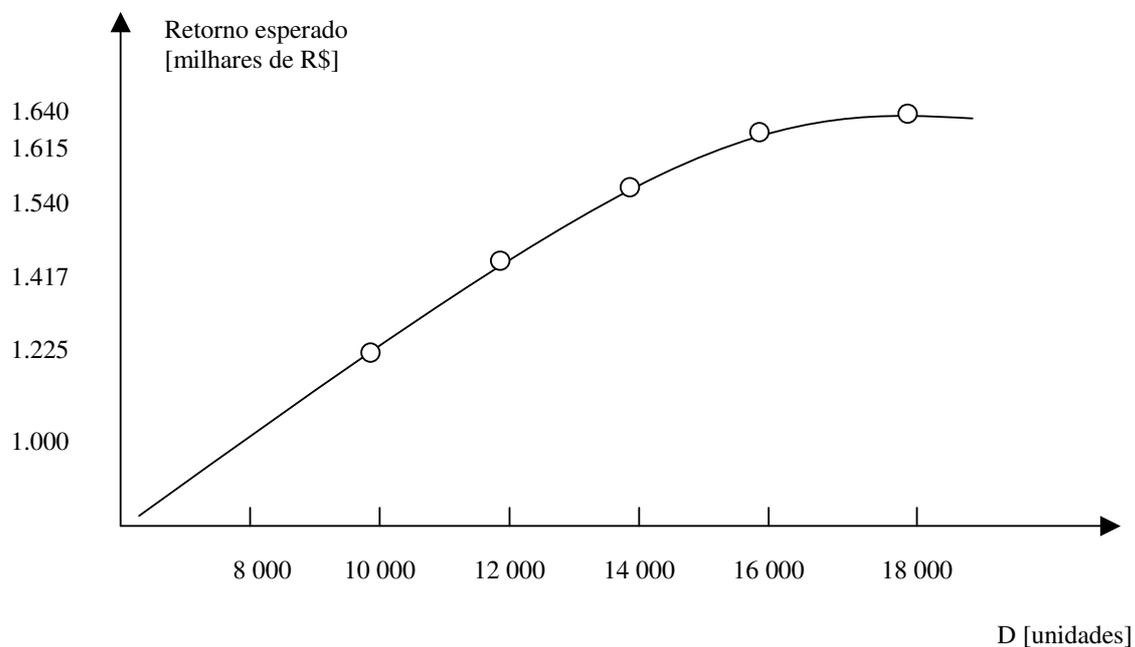


Figura 3.4: Curva de retorno esperado

Levando-se em consideração fatores pertinentes a custos de produção, Carvalho (2004) sugere no exemplo descrito a adição destas informações:

- Custo fixo de produção: R\$ 100.000,00;
- Custo variável de produção: R\$ 80,00/unidade;
- Os produtos não vendidos na estação serão vendidos em liquidação por R\$ 20,00.

Aplicando procedimento semelhante ao anterior, para uma produção de 12.000 unidades resulta a tabela 3.3.

No caso do estudo em questão a laranja não vendida para mesa seria alocada a um mercado secundário com preço abaixo da expectativa inicial.

Tabela 3.3: Retorno para a produção de 12.000 unidades

D [unidades]	P = 12.000 unidades Cálculo do Retorno Esperado [milhares de R\$]	P	Valor Esperado [milhares de R\$]
8.000	$(125*8) - (80*12) - 100 + (20*4) = 20$	0,11	2,20
10.000	$(125*10) - (80*12) - 100 + (20*2) = 230$	0,11	25,30
12.000	$(125*12) - (80*12) - 100 = 440$	0,27	118,80
14.000	$(125*8) - (80*12) - 100 = 440$	0,23	101,20
16.000	$(125*8) - (80*12) - 100 = 440$	0,18	79,20
18.000	$(125*8) - (80*12) - 100 = 440$	0,10	44,00
		<b>Total</b>	<b>370,70</b>

O retorno esperado para o caso acima é de R\$ 370.700,00. Calculando-se o valor esperado para outros níveis de demanda pode-se construir a curva descrita na figura 3.5.

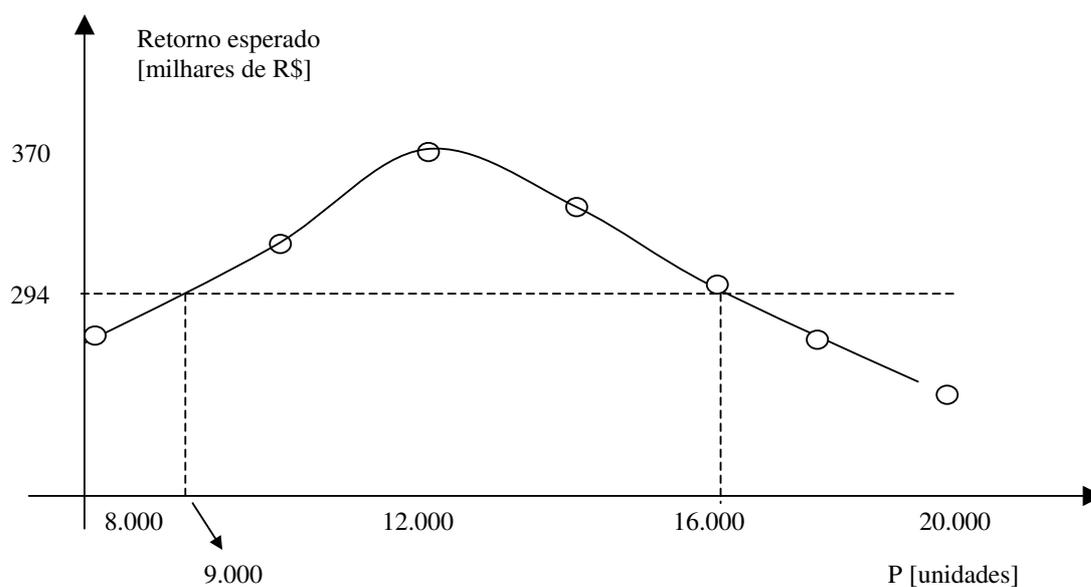


Figura 3.5: Curva de retorno esperado dado um custo fixo de produção

Para as condições acima a quantidade que maximiza o retorno esperado é de aproximadamente 12.000 unidades e não a demanda média que seria de 13.000 unidades.

Observa-se que o lucro por unidade vendida na temporada de inverno é de R\$ 45,00 enquanto que o prejuízo obtido por venda fora da estação é de R\$ 60,00/unidade. Desta constatação conclui-se que o custo de não vender na temporada é maior que o lucro de vender, assim este fato sugere o ajuste da produção para níveis inferiores, como demonstrado na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Retorno esperado considerando custo fixo e sazonalidade

		Retorno Esperado [milhares de R\$]					
		P [unidades]	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000
D [unidades]	8.000	260	140	20	- 100	-220	-340
	10.000	260	350	230	110	- 10	-130
	12.000	260	350	440	320	200	80
	14.000	260	350	440	530	410	330
	16.000	260	350	440	530	620	500
	18.000	260	350	440	530	620	710
		260,0	326,9	370,7	357,5	296,0	206,0

Através da figura 3.5 conclui-se que produzir 9.000 unidades trará o mesmo retorno que produzir 16.000 (aproximadamente R\$ 294.000,00). Embora a produção de 16.000 unidades tenha o mesmo retorno esperado provavelmente o investidor pessimista preferirá produzir 9.000 e o investidor otimista preferirá produzir 16.000.

Com base no exposto, adotou-se em nosso trabalho esta metodologia para gerar uma curva de retorno esperado para a Fazenda Vitória II, considerando a demanda e os preços praticados no mercado citrícola de frutas de mesa e suco, assim serão gerados cenários para suporte à decisão de investimento, colaborando para o planejamento da produção da propriedade.

## **Capítulo 4**

### **Resultados e Discussões**

#### **4.1 Produção, consumo de insumos e mão-de-obra da Fazenda Vitória I**

Através do banco de dados da fazenda Vitória I, localizada em Casa Branca/SP, foram extraídos dados pertinentes a produção [cx.40,8kg/ha], receita líquida [R\$], consumo de insumos [R\$] e mão-de-obra [R\$][horas trabalhadas] para as 25 quadras que a compõe, o período selecionado foi o ano fiscal de 2003, tais dados foram compilados na tabela 4.1:

Tabela 4.1: Dados de produção e consumo de recursos da Fazenda Vitória I em 2003

quadra	cultivar	Produção [cx 40,8kg]	Receita [R\$]	Receita [cx 40,8 kg]	Insumos [R\$]	Insumos [R\$/cx 40,8kg]	M.Obra [h]	M. Obra [h/cx 40,8kg]	M.Obra [R\$]
19	Valencia	7.211,08	76.452,94	10,60	14.519,16	2,01	322	0,04465	669,83
22	Valencia	4.020,43	43.221,56	10,75	11.923,90	2,97	329	0,08183	665,60
<b>Total</b>	<b>Valencia</b>	<b>11.231,51</b>	<b>119.674,50</b>	<b>10,66</b>	<b>26.443,06</b>	<b>2,35</b>	<b>651</b>	<b>0,05796</b>	<b>1.335,43</b>
<b>Valência</b>	<b>Área Total [ha]</b>	<b>14,52</b>							
	<b>Receita [R\$/ha]</b>	<b>8.243,75</b>		<b>Insumos [R\$/ha]</b>	<b>1.821,52</b>			<b>M.Obra [R\$/ha]</b>	<b>91,99</b>
2	Lima	57.496,47	442.839,87	7,70	94.193,24	1,64	3.051	0,05306	6.190,04
3	Lima	833,36	5.787,02	6,94	4.300,84	5,16	463	0,55558	981,52
4	Lima	10.877,01	80.310,66	7,38	33.922,32	3,12	1.365	0,12549	2.767,87
<b>Total</b>	<b>Lima</b>	<b>69.206,84</b>	<b>528.937,55</b>	<b>7,64</b>	<b>132.416,40</b>	<b>1,91</b>	<b>4.879</b>	<b>0,07050</b>	<b>9.939,43</b>
<b>Lima</b>	<b>Área Total [ha]</b>	<b>85,54</b>							
	<b>Receita [R\$/ha]</b>	<b>6.183,87</b>		<b>Insumos [R\$/ha]</b>	<b>1.548,10</b>			<b>M.Obra [R\$/ha]</b>	<b>116,20</b>
12	Pera Murcha	5.353,33	62.775,29	11,73	12.266,82	2,29	134	0,02503	274,55
13	Pera Murcha	30.410,12	194.337,62	6,39	53.241,76	1,75	1.162	0,03821	2.435,02
16	Pera Murcha	27.715,63	382.020,07	13,78	43.303,53	1,56	1.166	0,04207	2.356,96
<b>Total</b>	<b>Pera Murcha</b>	<b>63.479,08</b>	<b>639.132,98</b>	<b>10,07</b>	<b>108.812,11</b>	<b>1,71</b>	<b>2.462</b>	<b>0,03878</b>	<b>5.066,53</b>
<b>Pera Murcha</b>	<b>Área Total [ha]</b>	<b>41,40</b>							
	<b>Receita [R\$/ha]</b>	<b>15.437,99</b>		<b>Insumos [R\$/ha]</b>	<b>2.628,31</b>			<b>M.Obra [R\$/ha]</b>	<b>122,38</b>
5	Pera Coroa	23.433,80	270.920,07	11,56	49.534,84	2,11	1.994	0,08509	4.210,02
6	Pera Coroa	53.206,64	554.173,85	10,42	89.724,68	1,69	3.568	0,06706	7.254,73
7	Pera Coroa	46.237,95	540.464,90	11,69	94.118,46	2,04	4.349	0,09406	9.033,42
9	Pera Coroa	9.223,90	82.588,76	8,95	22.038,03	2,39	1.172	0,12706	2.457,40
10	Pera Coroa	60.687,64	633.762,82	10,44	123.304,47	2,03	3.283	0,05410	6.708,28
11	Pera Coroa	35.802,81	431.035,81	12,04	96.504,50	2,70	3.443	0,09617	7.134,54
14	Pera Coroa	57.715,28	544.926,49	9,44	117.028,68	2,03	5.358	0,09284	10.526,76
15	Pera Coroa	8.238,14	80.662,71	9,79	28.139,79	3,42	1.366	0,16581	2.714,87
17	Pera Coroa	16.911,64	143.647,20	8,49	55.244,32	3,27	2.164	0,12796	4.439,54
18	Pera Coroa	5.283,48	44.141,12	8,35	16.190,03	3,06	1.057	0,20006	2.159,56
<b>Total</b>	<b>Pera Coroa</b>	<b>316.741,28</b>	<b>3.326.323,73</b>	<b>10,50</b>	<b>691.828,40</b>	<b>2,18</b>	<b>27.754</b>	<b>0,08762</b>	<b>56.639,12</b>
<b>Pera Coroa</b>	<b>Área Total [ha]</b>	<b>508,91</b>							
	<b>Receita [R\$/ha]</b>	<b>6.536,20</b>		<b>Insumos [R\$/ha]</b>	<b>1.359,44</b>			<b>M.Obra [R\$/ha]</b>	<b>111,30</b>
21	Pera Natal	25.977,30	310.567,37	11,96	36.514,07	1,41	984	0,03788	1.997,81
24	Pera Natal	5.146,48	61.522,88	11,95	10.806,56	2,10	384	0,07461	753,35
<b>Total</b>	<b>Pera Natal</b>	<b>31.123,78</b>	<b>372.090,25</b>	<b>11,96</b>	<b>47.320,63</b>	<b>1,52</b>	<b>1.368</b>	<b>0,04395</b>	<b>2.751,16</b>
<b>Pera Natal</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>41,49</b>							
	<b>Receita [R\$/ha]</b>	<b>8.969,27</b>		<b>Insumos [R\$/ha]</b>	<b>1.140,67</b>			<b>M.Obra [R\$/ha]</b>	<b>66,32</b>
1	Cravo	4.223,83	28.483,26	6,74	15.108,54	3,58	1.075	0,25451	2.191,80
<b>Total</b>	<b>Cravo</b>	<b>4.223,83</b>	<b>28.483,26</b>	<b>6,74</b>	<b>15.108,54</b>	<b>3,58</b>	<b>1.075</b>	<b>0,25451</b>	<b>2.191,80</b>
<b>Cravo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>28,74</b>					<b>37</b>		
	<b>Receita [R\$/ha]</b>	<b>991,07</b>		<b>Insumos [R\$/ha]</b>	<b>525,70</b>			<b>M.Obra [R\$/ha]</b>	<b>76,26</b>
8	Baia	26.108,01	288.098,39	11,03	83.866,51	3,21	3.724	0,14264	7.453,48
<b>Total</b>	<b>Baia</b>	<b>26.108,01</b>	<b>288.098,39</b>	<b>11,03</b>	<b>83.866,51</b>	<b>3,21</b>	<b>3.724</b>	<b>0,14264</b>	<b>7.453,48</b>
<b>Baia</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>65,31</b>					<b>57</b>		
	<b>Receita [R\$/ha]</b>	<b>4.411,24</b>		<b>Insumos [R\$/ha]</b>	<b>1.284,13</b>			<b>M.Obra [R\$/ha]</b>	<b>114,12</b>

Com os dados da tabela 4.1, determinaram-se os valores médios de produtividade e consumos de insumos para cada cultivar, os quais estão organizados de forma resumida na tabela 4.2 que segue e serão usados nos modelos da Fazenda Vitória II, este procedimento pode ser feito dada a proximidade regional e as semelhanças existentes nas duas fazendas.

Tabela 4.2: Dados resumidos para cada cultivar referentes à produção e consumo de recursos para a Fazenda Vitória I em 2003

Cultivar	RELM <sub>ik</sub> [R\$/ha]	INS <sub>ik</sub> [R\$/ha]	MOB <sub>ik</sub> [R\$/ha]
Valência	8.243,75	1.821,52	91,99
Lima	6.183,87	1.548,10	116,20
Pêra Murcha	15.437,99	2.628,31	122,38
Pêra Coroa	6.536,20	1.359,44	111,30
Pêra Natal	8.969,27	1.140,67	66,32
Cravo	991,07	525,70	76,26
Baia	4.411,24	1.284,13	114,12

#### 4.2 Restrições de área, consumo de insumos e mão de obra para a Fazenda Vitória II

A Fazenda Vitória II possui uma distribuição de quadras conforme descrito na tabela 4.3:

Tabela 4.3: Área das quadras na Fazenda Vitória II

Quadra Nº	S <sub>ik</sub> [ha]
1	16,69
2	11,64
3	5,22
4	11,25
5	11,00
6	12,19
7	22,38
8	23,96
9	22,48
Total	136,81

Através de informações coletadas com o proprietário, foram obtidas as restrições pertinentes a área máxima de cada cultivar (AREA), total anual de recursos para investimento em insumos (INS) e mão-de-obra (MOBT), os quais estão organizados na tabela 4.4:

Tabela 4.4: Restrições pertinentes aos recursos disponíveis para a Fazenda Vitória II

Restrições	
AREA	50ha
INS	R\$ 220.000,00
MOBT	17.000,00

### 4.3 Aplicação do modelo 01 de maximização do lucro operacional (LOP) para a Fazenda Vitória II

Na tabela 4.5 encontra-se o modelo 01 em Excel referente à Fazenda Vitória II:

Tabela 4.5: Desenvolvimento do modelo 01 para a Fazenda Vitória II

Cultivar	Valência I1	Lima I2	Pera Murcha I3	Pera Coroa I4	Pera Natal I5	Cravo I6	Baia I7			
RELM	8.243,75	6.183,87	15.437,99	6.536,20	8.969,27	991,07	4.411,24			
S <sub>ik</sub>	0,00	0,00	50,00	23,21	50,00	0,00	0,00			

									LHS	RHS
Restrições	INS	1821,52	1548,10	2628,31	1359,44	1140,67	525,70	1284,13	220.000,00	220.000,00
	MOB	91,99	116,20	122,38	111,30	66,32	76,26	114,12	12.017,89	17.000,00
	S1	1							0,00	50
	S2		1						0,00	50
	S3			1					50,00	50
	S4				1				23,21	50
	S5					1			50,00	50
	S6							1	0,00	50
	S7								0,00	50
AREA	1	1	1	1	1	1	1	1	123,21	136,81

LOP	1.140.043,18
-----	--------------

Os termos LHS e RHS representam o *Left Hand Side* e o *Right Hand Side* das inequações que descrevem as restrições do problema em programação linear, em cada célula da coluna LHS está descrito o lado esquerdo da inequação da restrição, já nas células da coluna RHS definem os respectivos valores limites das restrições, assim se depois de encontrada a solução ótima o valor apresentado na célula da coluna LHS for inferior ao respectivo valor na coluna RHS, temos que esta restrição não limitou a resolução do problema. (LACHTERMACHER, 2002)

Nesta aplicação pode-se notar que os insumos foram totalmente usados (R\$ 220.000,00), já a mão-de-obra foi parcialmente consumida (R\$ 12.017,89), restando um excedente que poderia ser aplicado em insumos, também se nota que a área total disponível da fazenda não foi ocupada (ocupou-se somente 123,21ha em 136,81ha), restando 13,6ha sem recomendação de plantio dada

a limitação de recursos; quanto à distribuição de cultivares, o modelo sugere a ocupação da fazenda em 50ha para as cultivares Pêra Murcha e Pêra Natal e em 23,21ha para a cultivar Pêra Coroa, atingindo um lucro operacional de R\$ 1.140.043,18.

Assim, partiu-se para o modelo 02 à busca de um melhor uso dos recursos, mão-de-obra e insumos, agrupando-os em uma única restrição.

#### 4.4 Aplicação do modelo 02 de maximização do lucro operacional (LOP) para a Fazenda Vitória II

Na tabela 4.6 encontra-se o modelo 02 em Excel referente à Fazenda Vitória II:

Tabela 4.6: Desenvolvimento do modelo 02 para a Fazenda Vitória II

Cultivar	Valência I1	Lima I2	Pera Murcha I3	Pera Coroa I4	Pera Natal I5	Cravo I6	Baia I7		
RELM	8.243,75	6.183,87	15.437,99	6.536,20	8.969,27	991,07	4.411,24		
S <sub>ik</sub>	0,00	0,00	50,00	26,60	50,00	0,00	0,00		

									LHS	RHS
Restrições	S1	1							0,00	50
	S2		1						0,00	50
	S3			1					50,00	50
	S4				1				26,60	50
	S5					1			50,00	50
	S6						1		0,00	50
	S7							1	0,00	50
	AREA	1	1	1	1	1	1	1	126,60	136,81
	INS	1821,52	1548,10	2628,31	1359,44	1140,67	525,70	1284,13	0,00	
	MOB	91,99	116,20	122,38	111,30	66,32	76,26	114,12	0,00	
INVEST	1913,51	1664,30	2750,69	1470,73	1206,99	601,96	1398,25	237.000,00	237.000,00	

LOP	R\$ 1.157.202,47
-----	------------------

A resolução do modelo 02 demonstra uma maior ocupação da área total disponível da fazenda, partindo de 123,21ha no modelo anterior para 126,6ha, distribuídos em 50ha para as cultivares Pêra Murcha e Pêra Natal e 26,6ha para Pêra Coroa, ademais todos os recursos (Insumos e Mão-de-obra) foram utilizados (R\$ 237.000,00), ao fim obteve-se um lucro operacional (LOP) superior ao modelo 01, atingindo a cifra de R\$ 1.157.202,47.

Assim como no modelo 01, tem-se que as cultivares Pêra Murcha e Pêra Natal foram utilizadas até o limite de 50ha, sendo completadas com Pêra Coroa até o limite de uma das restrições.

Uma vez que a fazenda é subdividida em quadras, num total de 9, seguiu-se para o modelo 03, o qual contempla o uso de programação inteira para determinar a ocupação das quadras com determinada cultivar.

#### 4.5 Aplicação do modelo 03 de maximização do lucro operacional (LOP) para a Fazenda Vitória II

Segue o modelo 03 (tabela 4.7) em programação inteira referente à Fazenda Vitória II:

Tabela 4.7: Desenvolvimento do modelo 03 para a Fazenda Vitória II

Cultivar		Valência	Lima	Pera Murcha	Pera Coroa	Pera Natal	Cravo	Baia		
		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>7</sub>		
RELM		8.243,75	6.183,87	15.437,99	6.536,20	8.969,27	991,07	4.411,24		
S <sub>ik</sub>		i <sub>ik</sub>	LHS	RHS						
Variáveis	16,69	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	11,64	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	5,22	0	0	0	0	1	0	0	1	1
	11,25	0	0	0	0	1	0	0	1	1
	11	0	0	0	0	1	0	0	1	1
	12,19	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	22,38	0	0	0	0	1	0	0	1	1
	23,96	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	22,48	0	0	1	0	0	0	0	1	1
<b>136,81</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

									LHS	RHS
Restrições	INS	1821,52	1548,10	2628,31	1359,44	1140,67	525,70	1284,13	218181,67	220.000
	MOB	91,99	116,20	122,38	111,30	66,32	76,26	114,12	12203,44	17.000
	AREA <sub>1</sub>	1							0,00	50
	AREA <sub>2</sub>		1						0,00	50
	AREA <sub>3</sub>			1					46,44	50
	AREA <sub>4</sub>				1				28,88	50
	AREA <sub>5</sub>					1			49,85	50
	AREA <sub>6</sub>						1		0,00	50
	AREA <sub>7</sub>							1	0,00	50
AREA	1	1	1	1	1	1	1	1	125,17	136,81

LOP R\$ 1.122.438,99

Como ocorrido nos modelos 01 e 02, o modelo 03, desenvolvido em programação inteira, também faz uma recomendação de ocupação com as cultivares Pêra Natal (4 quadras: 49,85ha) , Pêra Murcha (2 quadras: 46,44ha) e Pêra Coroa (2 quadras: 28,88ha), fazendo uso parcial dos insumos (R\$ 218.181,67) e mão-de-obra (R\$ 12.203,44), visto que as áreas não são pré-determinadas, atingindo um lucro operacional de R\$ 1.122.438,99.

Na tabela 4.8 encontram-se os resultados obtidos tabulados para cada modelo estudado:

*Tabela 4.8: Resultados obtidos nos três modelos de maximização do lucro operacional da Fazenda Vitória II*

Modelo	Área Total Pêra Murcha [ha]	Área Total Pêra Coroa [ha]	Área Total Pêra Natal [ha]	AREA [ha]	MOB [R\$]	INS [R\$]	LOP [R\$]
01	50,00	23,21	50,00	123,21	12.017,89	220.000,00	1.140.043,18
02	50,00	26,60	50,00	126,60	237.000,00		1.157.202,47
03	46,44	28,88	49,85	125,17	12.203,44	218.181,87	1.122.438,89

Com base nas premissas dos modelos empregados, optou-se usar os resultados sugeridos pelo modelo 03 como dados de entrada na análise de retorno esperado para a demanda de laranja do empreendimento, visto que este modelo considera a divisão em quadras da propriedade, discernindo apenas sobre a decisão plantar/não plantar uma dada cultivar em áreas pré-definidas, assim como ocorre em uma situação real, aproximando-se mais que os outros modelos da realidade objeto de estudo.

#### 4.6 Predição de demanda e análise de retorno esperado para a Fazenda Vitória II

De forma a se estudar o comportamento da demanda, determinaram-se os dados de produção de laranja para mesa (PM) e indústria de suco (PI) segundo uma série histórica (Tabela 4.9):

Tabela 4.9: Demanda em milhões de cx 40,8kg e preços praticados em R\$/cx40,8kg para laranja de mesa (PM) de suco (PI) no Estado de São Paulo (ABECITRUS, 2004)

Ano	Ano nº (X)	Mesa (PM)	PM <sup>2</sup>	Preço R\$/cx 40,8kg	Indústria (PI)	PI <sup>2</sup>	Preço R\$/cx 40,8kg	Total (PM+PI)
1990	1	98,5	9702,3		217,0	47089,0		315,5
1991	2	108,4	11750,6		232,0	53824,0		340,4
1992	3	84,0	7056,0		275,0	75625,0		359,0
1993	4	116,2	13502,4		256,0	65536,0		372,2
1994	5	101,0	10201,0		248,0	61504,0		349,0
1995	6	111,1	12343,2		272,0	73984,0		383,1
1996	7	143,6	20621,0		282,0	79524,0		425,6
1997	8	100,0	10000,0		230,0	52900,0		330,0
1998	9	114,0	12996,0		271,6	73766,6		385,6
1999	10	120,0	14400,0	4,4	280,0	78400,0	3,1	400,0
2000	11	106,9	11427,6	3,0	249,4	62200,4	1,8	356,3
2001	12	98,5	9702,3	8,4	229,7	52762,1	6,0	328,2
2002	13	108,5	11772,3	10,6	253,2	64110,2	8,3	361,7
2003	14	98,1	9623,6	12,6	228,9	52395,2	9,6	327,0

Através de tratamento estatístico, foram determinados os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  da equação de regressão, bem como o desvio  $S_{xy}$  e a média para a série, os quais estão descritos na tabela 4.10.

Tabela 4.10: Coeficientes da equação de regressão, média e desvio para a demanda de laranja para suco e mesa no Estado de São Paulo

Tipo	$\alpha$ [milhões cx 40,8kg]	$\beta$ [milhões cx 40,8kg/ano]	Média [milhões cx 40,8kg]	$S_{xy}$ [milhões cx 40,8kg]
Laranja de mesa (PM)	107,7270	0,005929	107,7714	14,4113
Laranja p/ suco (PI)	251,7565	0,001992	251,7714	22,6872

A ordem de magnitude dos valores de  $\beta$  descritos na tabela 4.10 revela que a demanda de laranja, quer para consumo in natura ou para a indústria de suco, apresentou uma tendência de aumento muito baixa, podendo-se considerar nos dois casos que tais demandas mantiveram-se

praticamente constantes no período da séria história analisada, assim pode-se considerar que o único comportamento a ser contemplado nestes casos é o referente à variabilidade natural da demanda em torno de uma distribuição de probabilidade.

Na figura 4.1 tem-se o gráfico da produção de laranja para a indústria de suco (PI) e para consumo de mesa (PM):

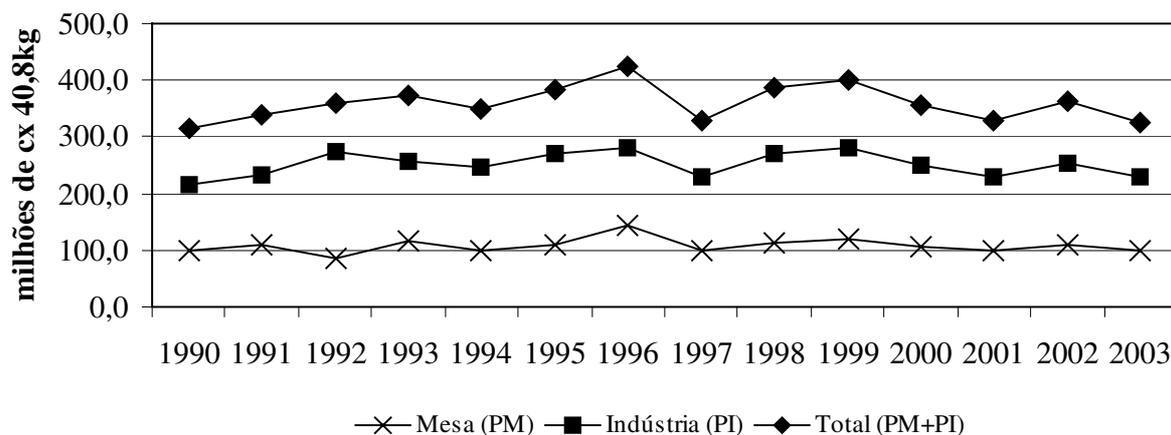


Figura 4.1: Demanda de laranja para mesa e suco no Estado de São Paulo (ABECITRUS, 2004)

Prosseguindo o estudo da demanda, determinaram-se os intervalos de confiança, segundo a distribuição Student, para a produção de laranja de mesa, principal foco de produção da fazenda Vitória I, foram usadas as expressões 3.22, 3.23 e 3.24 e os resultados da tabela 4.10, associando para cada valor de  $t$  uma probabilidade conhecida (Tabela 4.11):

Tabela 4.11: Intervalos de confiança para produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo em milhões de cx 40,8kg

t	PM Sup.	PM Inf.	p(t)
0,128	109,62	105,93	90,0%
0,259	111,50	104,04	80,0%
0,395	113,46	102,08	70,0%
0,539	115,54	100,00	60,0%
0,695	117,79	97,76	50,0%
0,873	120,35	95,19	40,0%
1,083	123,38	92,16	30,0%
1,356	127,31	88,23	20,0%
1,782	133,45	82,09	10,0%
2,179	139,17	76,37	5,0%
2,303	140,96	74,58	4,0%
2,681	146,41	69,13	2,0%
3,055	151,80	63,74	1,0%
3,930	164,41	51,13	0,2%
4,318	170,00	45,54	0,1%

Como a distribuição Student é simétrica em torno da média, foi construída a tabela de probabilidade (Tabela 4.12) a partir dos intervalos de confiança definidos na tabela 4.11:

*Tabela 4.12: Distribuição de probabilidade, segundo a distribuição Student, para a produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo em milhões de cx 40,8kg*

PM	$p(\text{PM} > Y)$	$p(\text{PM})$
170,00	0,0005	0,0005
164,41	0,0010	0,0005
151,80	0,0050	0,0040
146,41	0,0100	0,0050
140,96	0,0200	0,0100
139,17	0,0300	0,0100
133,45	0,0500	0,0200
127,31	0,1000	0,0500
123,38	0,1500	0,0500
120,35	0,2000	0,0500
117,79	0,2500	0,0500
115,54	0,3000	0,0500
113,46	0,3500	0,0500
111,50	0,4000	0,0500
109,62	0,4500	0,0500
107,77	0,5000	0,0500
105,93	0,5500	0,0500
104,04	0,6000	0,0500
102,08	0,6500	0,0500
100,00	0,7000	0,0500
97,76	0,7500	0,0500
95,19	0,8000	0,0500
92,16	0,8500	0,0500
88,23	0,9000	0,0500
82,09	0,9500	0,0200
76,37	0,9700	0,0100
74,58	0,9800	0,0100
69,13	0,9900	0,0050
63,74	0,9950	0,0040
51,13	0,9990	0,0005
45,54	0,9995	0,0005

Com a distribuição de probabilidade gerada (Tabela 4.12), partiu-se para a construção do gráfico desta distribuição (Figura 4.2):

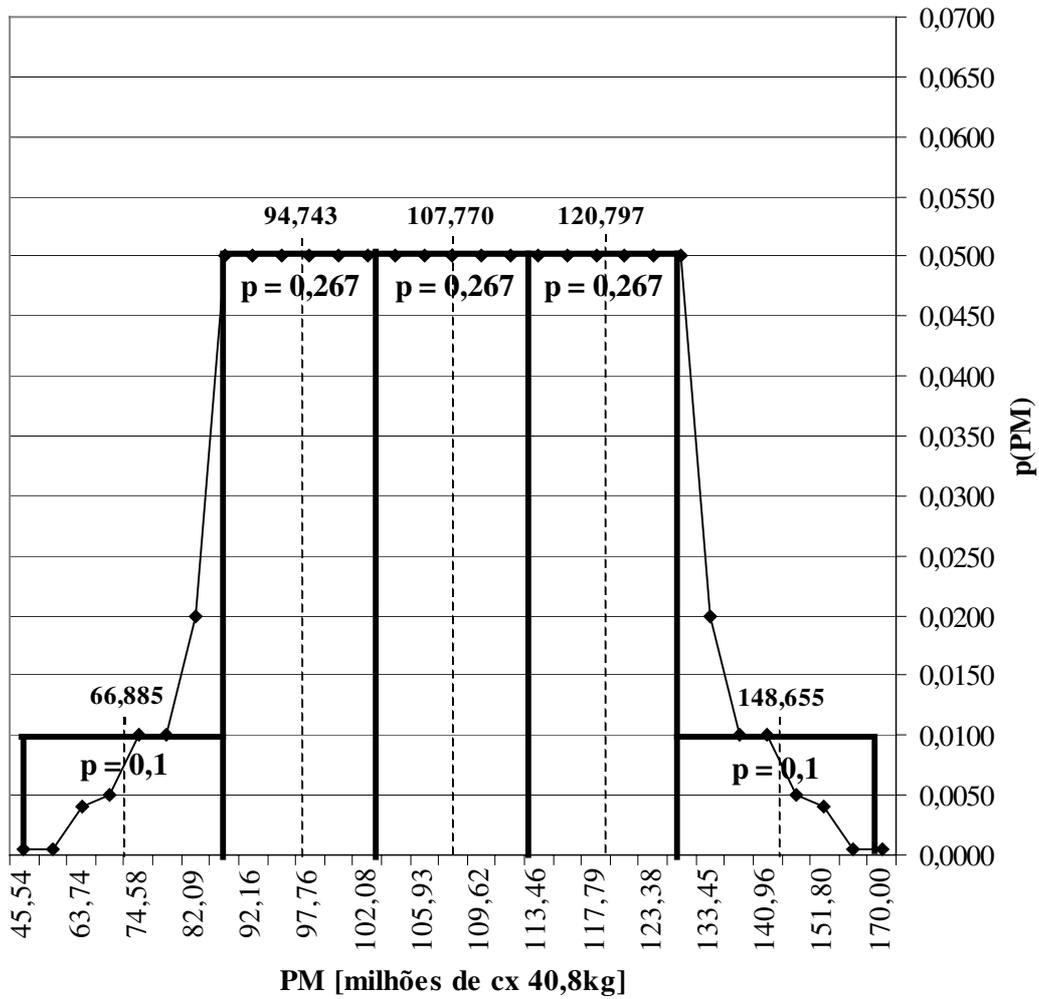


Figura 4.2: Curva da distribuição de probabilidade de produção de laranja para mesa no Estado de São Paulo

Determinada a curva da distribuição de probabilidade para a produção de laranja de mesa, procedeu-se à subdivisão desta em 5 intervalos, com suas respectivas probabilidades acumuladas (p) e suas médias de intervalo (PM), os quais encontram-se descritos no gráfico anterior (Figura 4.2) e organizados na tabela 4.13:

*Tabela 4.13: Intervalos da distribuição de probabilidade para a produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo*

PM [milhões de cx 40,8kg]	66,885	94,743	107,771	120,797	148,655
p (PM)	0,1000	0,2670	0,2670	0,2670	0,1000

Uma vez concluída esta fase foram calculados os valores para o retorno esperado sob diferentes condições de demanda e produção, segundo a metodologia descrita no item 3.8.2, os quais encontram-se organizados na tabela 4.14 e no gráfico da figura 4.3, destaca-se que este é um modelo simplificado, o qual ainda não considera os custos variáveis e a venda do excedente a um preço inferior:

Tabela 4.14: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004)

		PM [milhões de cx 40,8kg]					
		p(D)	66,89	94,74	107,77	120,80	148,66
D [milhões de cx 40,8kg]	66,89	0,1000	702,29	702,29	702,29	702,29	702,29
	94,74	0,2670	702,29	994,80	994,80	994,80	994,80
	107,77	0,2670	702,29	994,80	1.131,60	1.131,60	1.131,60
	120,80	0,2670	702,29	994,80	1.131,60	1.268,37	1.268,37
	148,66	0,1000	702,29	994,80	1.131,60	1.268,37	1.560,88
Retorno esperado [milhões de R\$]			<b>702,99</b>	<b>966,55</b>	<b>1.053,28</b>	<b>1.103,47</b>	<b>1.132,72</b>

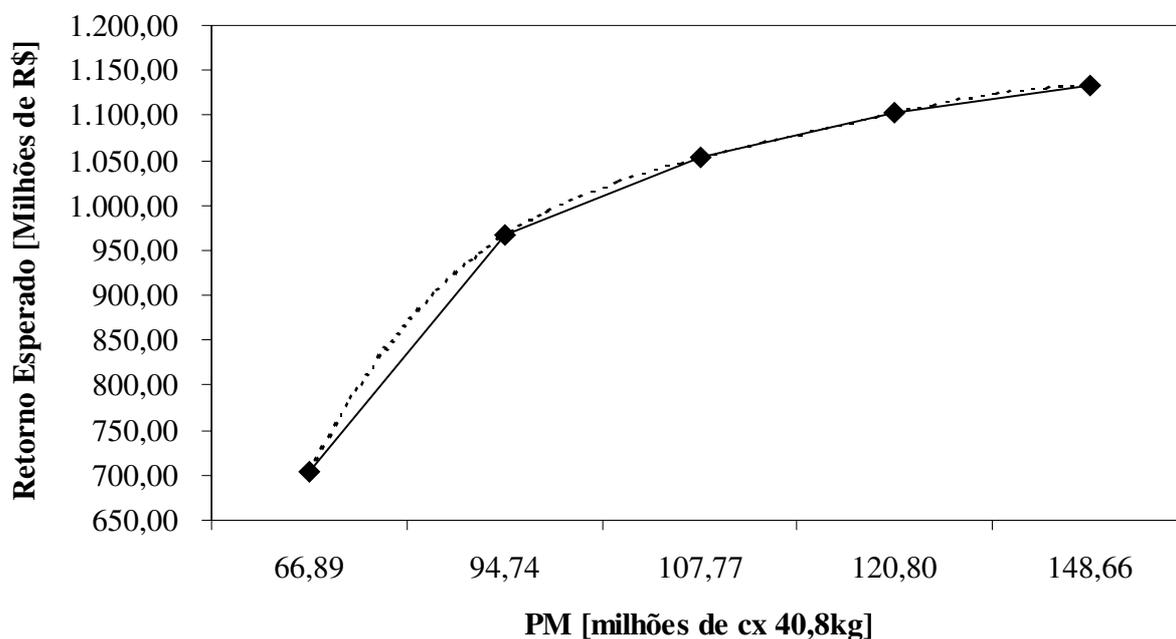


Figura 4.3: Curva do retorno esperado para a produção de laranja para mesa no Estado de São Paulo

A análise de retorno esperado descrita na tabela 4.14 e na figura 4.3 corresponde a uma primeira abordagem, uma vez que não considera custos variáveis e o preço de venda do excedente de produção, assim partiu-se para a coleta destes dados em uma reunião com o diretor do grupo Vitória, na qual foram obtidos tais valores:

- Custo variável unitário: R\$ 5,25/cx40,8kg
- Preço de venda do excedente de produção: R\$ 3,50/cx40,8kg

Com estes parâmetros, procedeu-se à construção de uma nova curva de retorno esperado para o mercado de laranja de mesa do Estado de São Paulo (Figura 4.4), calculando-se o retorno esperado para cada produção estabelecida em função da demanda e de sua respectiva probabilidade de ocorrência, como descrito nas tabelas 4.15 a 4.19:

*Tabela 4.15: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 66,89 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg*

<b>D</b> [milhões cx 40,8kg]	<b>Retorno para produção</b> <b>66,89 milhões de cx 40,8kg</b>	<b>p(D)</b>	<b>Valor Esperado</b> [milhões de R\$]
66,89	351,15	0,1000	35,11
94,74	351,15	0,2670	93,76
107,77	351,15	0,2670	93,76
120,80	351,15	0,2670	93,76
148,66	351,15	0,1000	35,11
<b>Total</b>			<b>351,50</b>

*Tabela 4.16: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 94,74 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg*

<b>D</b> [milhões cx 40,8kg]	<b>Retorno para produção</b> <b>94,74 milhões de cx 40,8kg</b>	<b>p(D)</b>	<b>Valor Esperado</b> [milhões de R\$]
66,89	302,39	0,1000	30,24
94,74	497,40	0,2670	132,81
107,77	497,40	0,2670	132,81
120,80	497,40	0,2670	132,81
148,66	497,40	0,1000	49,74
<b>Total</b>			<b>478,40</b>

Tabela 4.17: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 107,77 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

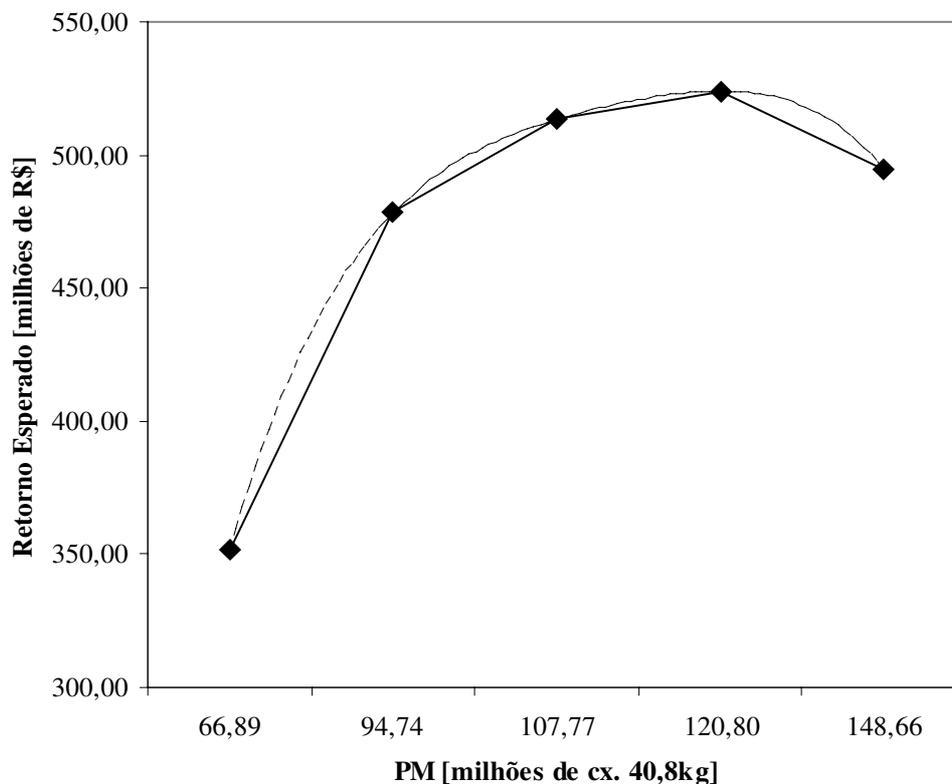
D [milhões cx 40,8kg]	Retorno para produção 107,77 milhões de cx 40,8kg	p(D)	Valor Esperado [milhões de R\$]
66,89	279,60	0,1000	27,96
94,74	474,60	0,2670	126,72
107,77	565,80	0,2670	151,07
120,80	565,80	0,2670	151,07
148,66	565,80	0,1000	56,58
<b>Total</b>			<b>513,40</b>

Tabela 4.18: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 120,80 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg .e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

D [milhões cx 40,8kg]	Retorno para produção 120,80 milhões de cx 40,8kg	p(D)	Valor Esperado [milhões de R\$]
66,89	256,80	0,1000	25,68
94,74	451,81	0,2670	120,63
107,77	543,01	0,2670	144,98
120,80	634,18	0,2670	169,33
148,66	634,18	0,1000	63,42
<b>Total</b>			<b>524,04</b>

Tabela 4.19: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (PM) no Estado de São Paulo para diferentes condições de demanda (D) e produção de 148,66 milhões de cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

D [milhões cx 40,8kg]	Retorno para produção 148,66 milhões de cx 40,8kg	p(D)	Valor Esperado [milhões de R\$]
66,89	208,05	0,1000	20,80
94,74	403,05	0,2670	107,62
107,77	494,25	0,2670	131,97
120,80	585,43	0,2670	156,31
148,66	780,44	0,1000	78,04
<b>Total</b>			<b>494,74</b>



*Figura 4.4: Curva do retorno esperado para a produção de laranja para mesa no Estado de São Paulo considerando custo variável de produção de R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/ cx 40,8kg*

Uma vez determinada a curva de retorno esperado para a produção de laranja no Estado de São Paulo, levando-se em consideração os custos variáveis de produção e os preços de venda praticados em condições de superoferta, partiu-se para a determinação desta curva para o empreendimento em estudo.

Assumiu-se que todas as unidades produtoras do Estado gozam das mesmas condições de acesso ao mercado, descrevendo uma situação sem distorções de concorrência, logo temos que em termos proporcionais a demanda de laranja do empreendimento segue o mesmo comportamento da demanda do Estado, porém em escala menor.

Tomando como base a solução ótima obtida no modelo 03, descrito na tabela 4.8, o qual já contempla a distribuição de quadras da fazenda, temos uma sugestão de ocupação com pés de laranja em 125,17ha, pretende-se seguir nesta fazenda o mesmo espaçamento adotado na fazenda Vitória I, ou seja 7m x 3,3m, o que resulta em 427 pés/ha, totalizando 53402 pés, como se pretende trabalhar com o mesmo padrão de tratamento das plantas adotado na fazenda Vitória I, espera-se que a produtividade alcançada por pé seja equivalente, este dado foi obtido com o empreendedor principal do grupo e é de 3,25 cx 40,8kg/pé, o que resulta em uma produção máxima esperada de 173,6 mil cx 40,8kg para a fazenda Vitória II, a qual em termos proporcionais representaria a produção máxima do Estado de São Paulo para frutas de mesa, conforme descrito na tabela 15, situada em 170 milhões de cx 40,8kg.

Estabelecida esta proporcionalidade como premissa, determinou-se a curva de retorno esperado para o empreendimento, seguindo os mesmos passos para o estudo do comportamento da demanda de laranja de mesa para o Estado de São Paulo, com o objetivo de gerar cenários para suporte à decisão de investimento do empreendedor.

Primeiramente foi determinada a distribuição de probabilidade de demanda para a produção de laranja de mesa da Fazenda Vitória II, em termos proporcionais à distribuição de probabilidade de demanda de laranja de mesa do Estado de São Paulo (Tabela 4.20).

Tabela 4.20: Distribuição de probabilidade, segundo a distribuição Student, para a produção de laranja de mesa no Estado de São Paulo (PM) em milhões de cx 40,8kg e para o empreendimento (Pf) em milhares de cx 40,8kg

PM	Pf	$p(Pf > Y)$	$p(Pf)$
170,00	173,6000	0,0005	0,0005
164,41	167,8900	0,0010	0,0005
151,80	155,0130	0,0050	0,0040
146,41	149,5090	0,0100	0,0050
140,96	143,9461	0,0200	0,0100
139,17	142,1213	0,0300	0,0100
133,45	136,2788	0,0500	0,0200
127,31	130,0095	0,1000	0,0500
123,38	125,9919	0,1500	0,0500
120,35	122,9014	0,2000	0,0500
117,79	120,2819	0,2500	0,0500
115,54	117,9861	0,3000	0,0500
113,46	115,8669	0,3500	0,0500
111,50	113,8654	0,4000	0,0500
109,62	111,9376	0,4500	0,0500
107,77	110,0538	0,5000	0,0500
105,93	108,1701	0,5500	0,0500
104,04	106,2423	0,6000	0,0500
102,08	104,2408	0,6500	0,0500
100,00	102,1216	0,7000	0,0500
97,76	99,8258	0,7500	0,0500
95,19	97,2063	0,8000	0,0500
92,16	94,1158	0,8500	0,0500
88,23	90,0982	0,9000	0,0500
82,09	83,8289	0,9500	0,0200
76,37	77,9864	0,9700	0,0100
74,58	76,1616	0,9800	0,0100
69,13	70,5987	0,9900	0,0050
63,74	65,0947	0,9950	0,0040
51,13	52,2128	0,9990	0,0005
45,54	46,5045	0,9995	0,0005

Determinou-se então a curva da distribuição de probabilidade de produção para o empreendimento, bem como o cálculo do retorno esperado considerando o custo variável de produção e o preço de venda em condições de superoferta (Figura 4.5).

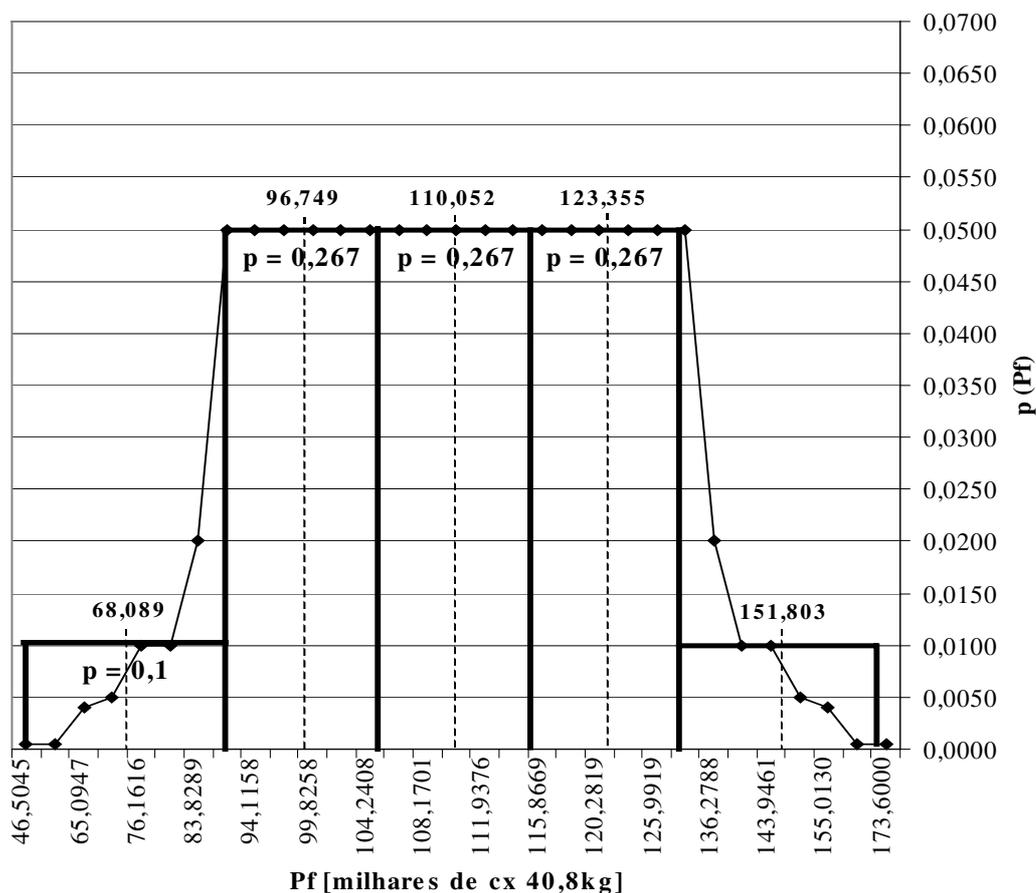


Figura 4.5: Curva da distribuição de probabilidade de produção de laranja para mesa no empreendimento (Pf)

Assim como na análise de demanda efetuada para o Estado de São Paulo, a distribuição de probabilidade foi subdividida em 5 intervalos, com suas respectivas probabilidades (p) e médias de intervalo (Pf), os quais encontram-se descritos na figura 4.5 e resumidos na tabela 4.21.

Tabela 4.21: Intervalos da distribuição de probabilidade para a produção de laranja de mesa no empreendimento

<b>Pf [milhares de cx 40,8kg]</b>	68,089	96,749	110,052	123,355	151,803
<b>p (Pf)</b>	0,1000	0,2670	0,2670	0,2670	0,1000

Determinadas demandas e as respectivas probabilidades de ocorrência, assim como já realizado para a análise de retorno esperado para a produção de laranja de mesa do Estado de São Paulo, procedeu-se à análise de retorno esperado para a produção de laranja da Fazenda Vitória II, já considerando os custos variáveis de produção e o preço de venda do excedente de produção, foram construídas tabelas para o cálculo do retorno esperado (Tabelas 4.22 a 4.26) e o gráfico que descreve a curva de retorno esperado para o empreendimento (Figura 4.6).

Tabela 4.22: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 68,09 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

<b>D [milhares de cx 40,8kg]</b>	<b>Retorno para produção 68,09 mil cx 40,8kg</b>	<b>p(D)</b>	<b>Valor Esperado [milhares de R\$]</b>
68,09	357,47	0,1000	35,75
96,75	357,47	0,2670	95,44
110,05	357,47	0,2670	95,44
123,36	357,47	0,2670	95,44
151,80	357,47	0,1000	35,75
<b>Total</b>			<b>357,82</b>

Tabela 4.23: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 96,759 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

<b>D [milhares de cx 40,8kg]</b>	<b>Retorno para produção 96,75 mil cx 40,8kg</b>	<b>p(D)</b>	<b>Valor Esperado [milhares de R\$]</b>
68,09	307,31	0,1000	30,73
96,75	507,93	0,2670	135,62
110,05	507,93	0,2670	135,62
123,36	507,93	0,2670	135,62
151,80	507,93	0,1000	50,79
<b>Total</b>			<b>488,38</b>

Tabela 4.24: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 110,05 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

D [milhares de cx 40,8kg]	Retorno para produção 110,05 mil cx 40,8kg	p(D)	Valor Esperado [milhares de R\$]
68,09	284,03	0,1000	28,40
96,75	484,65	0,2670	129,40
110,05	577,77	0,2670	154,27
123,36	577,77	0,2670	154,27
151,80	577,77	0,1000	57,78
<b>Total</b>			<b>524,11</b>

Tabela 4.25: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 123,36 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

D [milhares de cx 40,8kg]	Retorno para produção 123,36 mil cx 40,8kg	p(D)	Valor Esperado [milhares de R\$]
68,09	260,75	0,1000	26,08
96,75	461,37	0,2670	123,19
110,05	554,49	0,2670	148,05
123,36	661,04	0,2670	176,50
151,80	661,04	0,1000	66,10
<b>Total</b>			<b>539,91</b>

Tabela 4.26: Retorno esperado para a produção de laranja de mesa (Pf) do empreendimento para diferentes condições de demanda (D) e produção de 151,80 mil cx 40,8kg – Preço médio de venda R\$10,50/cx 40,8kg (ABECITRUS, 2004), custo variável R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx 40,8kg

D [milhares de cx 40,8kg]	Retorno para produção 151,80 mil cx 40,8kg	p(D)	Valor Esperado [milhares de R\$]
68,09	210,97	0,1000	21,10
96,75	411,59	0,2670	109,89
110,05	504,71	0,2670	134,76
123,36	597,83	0,2670	159,62
151,80	796,97	0,1000	79,70
<b>Total</b>			<b>505,07</b>

Determinados os valores de retorno esperado para diferentes condições de demanda e produção para o empreendimento, construiu-se a curva de retorno esperado (Figura 4.6).

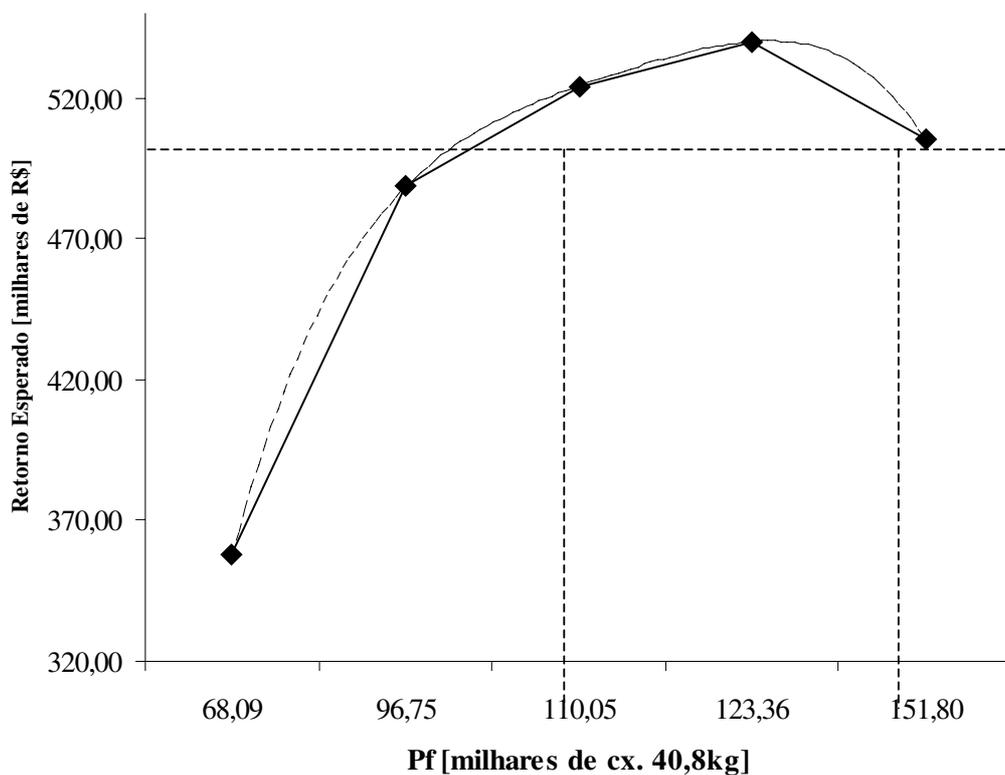


Figura 4.6: Curva do retorno esperado para a produção de laranja para mesa no empreendimento considerando custo variável de produção de R\$ 5,25/cx 40,8kg e preço de venda na superoferta de R\$ 3,50/cx40,8kg

Através da análise da curva de retorno esperado, cenários podem ser traçados com base na otimização do uso dos recursos no empreendimento e nos aspectos pertinentes à demanda de mercado.

Analisando o gráfico (Figura 4.6), temos que para um mesmo retorno esperado, como exemplificado em R\$ 520 mil, temos dois cenários, um pessimista com uma produção de 110 mil cx 40,8kg e o outro, otimista, com uma produção de 150 mil cx 40,8kg.

Através destes cenários o empreendedor principal pode discernir sobre o nível de investimento em pomar de laranja a ser alocado no empreendimento, podendo destinar a área excedente para outras atividades, como outras culturas ou produção animal.

## **Capítulo 5**

### **Conclusões**

Através do desenvolvimento do modelo em programação linear e a análise de demanda de mercado para o empreendimento em estudo, pode-se verificar a combinação destas duas técnicas como ferramenta de suporte à decisão de investimento do empreendedor, levando em consideração fatores internos ao negócio, como o padrão de trato cultural, relativo ao uso de recursos como insumos e mão-de-obra e restrições físicas de área disponível para plantio; assim como fatores externos ao negócio, pertinentes ao mercado, como preços de comercialização em condições normais e em situações de superoferta e a capacidade de absorção da produção.

Os resultados obtidos a partir dos modelos gerados em programação linear demonstram que os recursos de insumos e mão-de-obra, quer analisados separadamente ou agrupados, representam a maior restrição à maximização do lucro operacional, observou-se também que o recurso área não foi explorado em sua totalidade, permitindo o seu uso para outras aplicações, quer agrícolas ou para produção animal.

Dos três modelos construídos, temos que o terceiro, gerado em programação inteira, demonstrou representar de forma mais próxima a realidade do empreendimento, considerando a distribuição da propriedade em glebas com áreas diversas, gerando uma solução ótima de recomendação de ocupação de cada gleba com uma determinada cultivar.

Quanto à seleção de cultivares, temos que os três modelos apresentaram resultados semelhantes, recomendando as cultivares Pêra Murcha, Pêra Coroa e Pêra Natal, as quais apresentavam os maiores valores de receita líquida por hectare.

Com a análise da demanda de laranja de mesa para o negócio, observou-se que a curva de retorno esperado pode gerar cenários de produção os quais auxiliam o empreendedor na tomada de decisão de investimento em pomares de laranja, auxiliando-o na percepção do retorno do capital investido no negócio.

## Capítulo 6

### Sugestões para Trabalhos Futuros

Cabe ressaltar que a análise da demanda de laranja de mesa foi tratada neste trabalho sem considerar as suas diferentes variedades, com suas respectivas demandas de mercado e preços em condições normais de oferta e superprodução, assim sugere-se o estudo da demanda em futuros trabalhos levando em conta as diferentes variedades de laranja de mesa (para consumo *in natura*) disponíveis para comercialização, o qual pode conduzir até ao redimensionamento de empreendimentos, com a redistribuição de cultivares em função das necessidades de mercado, também se sugere para futuros trabalhos a análise do tempo de substituição das cultivares, através de um modelo econômico.

## Referências Bibliográficas

- Alvim, P.C.R.C. O papel da informação no processo de capacitação tecnológica das micro e pequenas empresas. *Ciência da Informação*. Brasília: v. 27 n.1, p. 28-35, Jan./Abr. 1998.
- Amaro, A. A. Projeções de produção de laranja em São Paulo até 2009. Instituto de Economia Agrícola. São Paulo, Out/2003. Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=866> >. Acesso em 04 de abril de 2005.
- Angeloni, M.T. Elementos intervenientes na tomada de decisão. *Ciência da Informação*. Brasília: v. 32 n.1, p. 17-22, Jan./Abr. 2003.
- Associação Brasileira dos Exportadores de Citrus - Abecitrus. Produção de laranja para indústria e mesa no Estado de São Paulo. São Paulo, 2004.
- Barreiros, R.M. Garcia, J.N. Caixeta Filho, J.V. Sasigolo, C.A. Modelo de otimização para seleção de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. *Scientia forestalis*: Piracicaba: n.61, p. 25-39, Jun./2002.
- Benson, H.P. Dongyeup, L. McClure, P. A multiple-objective linear programming model for the citrus rootstock selection problem in Florida. *Journal of multi-criteria decision analysis*: West Sussex: v.6 n.5, p. 283-295, Sep. 1997.
- Beraldo, L.C., Escrivão E. Impacto da tecnologia de informação na gestão de pequenas empresas. *Ciência da Informação*. Brasília: v. 29 n.1, p. 46-50, Jan./Abr. 2000.
- Brasil. Decreto n. 3.474, de 19 de maio de 2000. Regulamenta a Lei n. 9.841, de 5 de outubro de 1999, que institui o Estatuto da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte, dispondo sobre o tratamento jurídico diferenciado, simplificado e favorecido previsto nos arts. 170 e 179 da Constituição Federal. *Diário Oficial de União*, Brasília, 22 de maio de 2000.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. *Balança Comercial Brasileira*. Brasília: SECEX, 2004.

- Carvalho, E., Ferreira, G. Ciclo de vida das organizações. 5ª Ed. Rio de Janeiro: FGV, 2001. 120p.
- Carvalho, M.F.H. Tamanho de lote entre parceiros de uma cadeia de suprimento: curso introdutório. 2004. 26f. Notas de aula do curso de pós-graduação de cadeias de suprimento FEM/UNICAMP. Mimeografado.
- Caixeta Filho, J.V. Toniello, B.L. Utilização da programação linear para planejamento agrícola em propriedade da região centro-oeste. Informe – GEP/DESR. Piracicaba: v. 5 n. 3, p. 01-07. mar. 2002.
- Caixeta Filho, J.V. Estrutura de modelagem para programação de colheita de laranja. 1993. 148f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Caixeta Filho, J.V. Swaay Neto, J.M. Lopes, R.L. Linear programming applied to the flower sector: a gladiolus bulb production case study. International transactions in operational research. Dublin: v.7 n.6, p. 525-537, Nov.2000.
- Caixeta Filho, J.V. Pesquisa operacional – Técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. São Paulo: Atlas, 2001. 170p.
- Caixeta Filho, J.V. Swaay Neto, J.M. Wagemaker, A.P. Optimization of the production planning and trade of lily flowers at Jan de Wit Company. Interfaces. Cambridge: v.32 n.1, p. 35-46, Jan./Feb. 2002.
- Certo, S.C., Peter, J.P. Administração estratégica: planejamento e implantação da estratégia. São Paulo: Pearson education do Brasil, 1993. 470p.
- Coates, J.F. Scenario planning. Technological Forecasting and Social Change. Amsterdam: v.65 n.1, p. 115-123, Set. 2000.
- Contini, E; Araújo, J.D., Oliveira, A.J., Garrido, W.E. Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão. 2ª Ed. Brasília: EMBRAPA-DDT. 1986.
- Dent, J.B., Harrison, S.R., Woodford, K.B. Farm planning with linear programming: concept and practice. Collingwood: Butterworths, 1986. 210p.
- Gaither, N. Fraizer, G. Administração da produção e operações. 8ª Ed. São Paulo: Thomson, 2002. 598p.
- Galeti, P.A., Conservação do solo – Reflorestamento – Clima. 2ª ed. Campinas: Instituto campineiro de ensino agrícola, 1989. 287p.
- Garcia, A., Unindo forças. Agroanalysis. Rio de Janeiro: v. 20 n. 2 p. 12-14. Fev. 2000.

- Ghilhardi, A.A., Maia, M.L., Amaro, A.A., Negri, J.D. Citricultura paulista: exigência física de fatores de produção, estimativa de custo e evolução das técnicas agrícolas. *Informações Econômicas*. São Paulo: v.32 n.9, p. 21-46, Set. 2002.
- Godet, M. The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls. *Technological Forecasting and Social Change*. Amsterdam: v.65 n.1, p. 3-22, Set. 2000.
- Gontow, R. Serviço de informação e assistência tecnológica para o segmento agroindustrial de alimentos. *Ciência da Informação*. Brasília: V.26 n.3. Set./Dez. 1997.
- Kearnev, M. An intertemporal linear programming model for pipfruit orchard replacement decisions. *New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries Policy Technical Paper*. Wellington: v. 6, Apr. 1994.
- Lachtermacher, G. Pesquisa operacional na tomada de decisões. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 321p.
- Neves, E. M., Dayoub, M., Dragone, D.S., Neves, M.F. Citricultura brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal: v. 23 n. 2, Ago. 2001.
- Pozzebon, M., Freitas, H.M.R., Petrini, M. Pela integração da inteligência competitiva nos enterprise information systems (EIS). *Ciência da Informação*. Brasília: v.26 n.3, Set./Dez. 1997.
- Santos, G. J., Marion, J.C. Administração de custos na agropecuária. São Paulo: Atlas, 1993. 140p.
- Schwab, P., Cerutti, F., Reibnitz, U. H. von, Foresight – using cenarios to shape the future of agricultural research. *Foresight*. Bradford: v.5 n.1, p. 55-61, Jan./Fev. 2003.
- Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de São Paulo – Sebrae/SP. A informatização nas MPES paulistas. São Paulo, 2003. 39p.
- Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de São Paulo – Sebrae/SP. Pesquisa de conjuntura – Indicadores SEBRAE SP. São Paulo, 2004. 5p.
- Troccoli, I.R. Meio desligados. *Agroanalysis*. Rio de Janeiro: v.19 n.5 p. 45-47, Maio 1999.