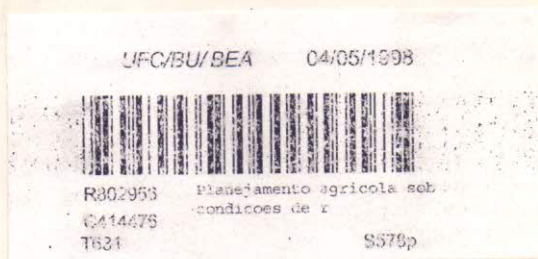


PLANEJAMENTO AGRÍCOLA SOB CONDIÇÕES DE RISCO PARA  
PEQUENAS PROPRIEDADES DA ZONA SEMI-ÁRIDA DOS  
SERTÕES DO ESTADO DO CEARÁ

JOSÉ RIBEIRO DA SILVA

C414476  
FC00005500-5



DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL, COMO PARTE DAS  
EXIGÊNCIAS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA -- CEARÁ  
ABRIL/1988



Aos meus queridos pais OTÁVIO e SOCORRO, pela luta, pela abnegação e pelos principais ensinamentos nos difíceis caminhos da vida.

Minha Gratidão

Aos meus irmãos ALMIR, ODETY, JOÃO e OTÁVIO FILHO pelo apoio e amizade que sempre me dedicaram.

Meu reconhecimento

A minha querida PETA, mulher incomum, companheira inseparável, dedicada mãe de meus filhos.

Aos meus queridos filhos HENRIQUE CESAR, HUBERTO CESAR e MARIANA, razão maior da minha existência.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

À Comissão Estadual de Planejamento Agrícola-CEPA/CE, e à Fundação Instituto de Planejamento do Ceará-IPLANCE pela liberação, pela concessão de recursos financeiros e pelo apoio técnico e logístico para a realização do curso e deste trabalho.

À Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Economia Agrícola-DEA e do Núcleo de Processamento de Dados-NPD, pela acolhida e ensinamentos.

Ao professor Orientador JOSÉ VALDECI BISERRA e aos Professores Conselheiros ANTÔNIO CLÉCIO FONTELLES THOMAZ e FRANCISCO DE ASSIS SOARES, pela orientação e sugestões dadas na realização deste estudo.

Aos professores e Funcionários do DEA em geral e em particular, aos professores ANTÔNIO DE ALBUQUERQUE SOUZA FILHO e AHMAD SAEED KHAN pela amizade e confiança.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, aos quais tive a honra de representar no Conselho de Coordenação do Curso, pelo convívio.

Um agradecimento especial aos amigos-irmão LIBERATO VIANA BARROSO e IVO MARCA pela amizade sincera, consolidada no dia a dia de convívio inter e extra curso.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho, particularmente a EDNILZA DE ANDRADE MARIANO pela paciência e dedicação na datilografia do mesmo.

## SUMÁRIO

<u>LISTA DE TABELAS</u> .....	vii
<u>LISTA DE FIGURAS</u> .....	viii
<u>LISTA DE APÊNDICES</u> .....	ix
<u>RESUMO</u> .....	xi
<u>ABSTRACT</u> .....	xii
1- <u>INTRODUÇÃO</u> .....	01
1.1- <u>O Problema e sua Importância</u> .....	02
1.2- <u>Objetivos</u> .....	05
1.2.1- <u>Objetivo geral</u> .....	05
1.2.2- <u>Objetivos específicos</u> .....	05
2- <u>PROCESSO PRODUTIVO ATUAL</u> .....	06
2.1- <u>Descrição da Área</u> .....	06
2.2- <u>Modelo de Exploração Existente</u> .....	09
3- <u>FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS</u> .....	14
3.1- <u>Aspectos Teóricos: O Modelo Conceptual</u> .....	14
3.2- <u>Métodos de Análises</u> .....	20
3.2.1- <u>Os métodos mais comuns</u> .....	20
3.2.2- <u>Especificação dos modelos utilizados</u> .....	24
3.2.2.1- <u>Os modelos matemáticos</u> .....	24
3.2.2.2- <u>Programação quadrática: O método utilizado.</u> .....	29
3.2.3- <u>Atividades</u> .....	30
3.2.4- <u>Margens brutas e matriz de variancia-covariância</u> .....	31
3.2.5- <u>Restrições impostas ao modelo</u> .....	32
3.2.5.1- <u>Terra</u> .....	32
3.2.5.2- <u>Trabalho</u> .....	33
3.2.5.3- <u>Capital</u> .....	33
3.2.5.4- <u>Restrições auxiliares</u> .....	34

3.2.6- Origem dos dados .....	34
4- <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	35
4.1- <u>Resultados Obtidos Conforme Situação Atual</u> ...	36
4.1.1- Análise dos planos eficientes .....	36
4.1.2- O "plano de subsistência" .....	39
4.1.3- O "plano ótimo" .....	40
4.2- <u>Resultados Obtidos Introduzindo-se Novas Atividades com Tecnologias Melhoradas</u> .....	40
4.2.1- Análises dos planos eficientes .....	41
4.2.2- O "plano de subsistência" .....	44
4.2.3- O "plano ótimo" .....	44
4.3- <u>Resultados Obtidos com um Incremento de 40% na Área Agricultavel</u> .....	45
4.3.1- Análise dos planos eficientes .....	45
4.3.2- O "plano de subsistência" .....	46
4.3.3- O "plano ótimo" .....	46
4.4- <u>Resultados Obtidos com a Expansão da Área e Introdução Simultânea de Novas Atividades com Tecnologias Melhoradas</u> .....	49
4.4.1- Análise dos planos eficientes .....	49
4.4.2- O "plano de subsistência" .....	52
4.4.3- O "plano ótimo" .....	52
5- <u>CONCLUSÕES E SUGESTÕES</u> .....	55
6- <u>LITERATURA CITADA</u> .....	58

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Modelo de exploração existente, para uma propriedade típica de 0—1 25 hectares .....	11
2	Plano anual de produção atual, para uma fazenda típica do semi-árido cearense .....	12
3	Nível tecnológico das atividades exploradas.	13
4	Planos Eficientes de produção para uma fazenda do semi-árido cearense, conforme situação atual .....	38
5	Planos Eficientes de produção para uma fazenda do semi-árido cearense, introduzindo-se novas culturas com tecnologias melhoradas .....	43
6	Planos Eficientes de produção para uma fazenda do semi-árido cearense, aumentando-se a área em 40% .....	48
7	Planos Eficientes de produção para uma fazenda do semi-árido cearense, expandindo-se a área em 40% e introduzindo-se novas culturas com tecnologias melhoradas .....	51
8	Planos Ótimos de produção para uma Fazenda típica do semi-árido cearense .....	54

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Área de atuação do projeto Zona agroecológica dos Sertões Cearenses .....	07
2	Famílias de curvas de indiferenças .....	15
3	Fronteira renda-risco ou fronteira de eficiência .....	17
4	Plano E-V Ótimo de um agricultor avesso ao risco .....	19
5	Fronteira renda-risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense, representando a situação atual .....	37
6	Fronteira renda-risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense, representando a introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas .....	42
7	Fronteira renda-risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense, representando o incremento de 40% na área agricultável .	47
8	Fronteira renda-risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense, representando simultaneamente, a expansão da área agricultável e a introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas .....	50

## LISTA DE APÊNDICES

TABELAS	Página
A.1 Rendimentos das principais culturas-Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará. 1963/1984 .....	65
A.2 Rendimentos das principais explorações-Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará. 1963/1984 .....	66
A.3 Preços médios correntes a nível de produtor-Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará. 1963/1984 .....	67
A.4 Índice Geral de Preços e os Fatores de Correção-1963/1984 .....	68
A.5 Preços médios reais a nível de produtor-Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará. 1963/1984 .....	69
A.6 Coeficientes técnicos por tipo de exploração e por hectare-Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará .....	70
A.7 Necessidade (período/mês) de mão-de-obra por tipo de exploração .....	71
A.8 Preços dos insumos/fatores a nível de produtor .....	72
A.9 Custos operacionais por hectare para os tipos de explorações utilizados no modelo ...	73



A.10	Receita bruta por hectare para os tipos de explorações utilizados no modelo-1963/1984.	74
A.11	Margem Bruta e Margem Bruta Esperada (MBE) por hectare para os tipos de explorações utilizados no modelo 1963/1984 .....	75
A.12	Matriz de variância-covariância das margens brutas-Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará .....	76
B.1	Matriz Básica de Programação Linear .....	78
B.2	Codificação e identificação das atividades utilizadas .....	79
B.3	Codificação e identificação das restrições utilizadas no modelo .....	80

## RESUMO

Objetiva-se com este trabalho, planejar propriedades típicas da Zona Semi-Árida dos Sertões do Ceará, sob condições de risco, fornecendo, deste modo, aos pequenos produtores daquela região, um instrumental que os auxiliem na sua tomada de decisão.

O estudo compreende a Zona Agroecológica do Sertão, com cerca de 109 municípios, os quais ocupam 80% da área do Estado do Ceará.

Com a utilização de um algoritmo de programação quadrática, foram otimizadas as combinações de alternativas de produção, considerando-se as situações impostas no modelo, apresentando a renda máxima do produtor sob condições de risco.

A combinação do incremento da área disponível às atividades agrícolas e a introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas apresenta o maior aumento no nível de renda do produtor, alcançando, em relação à situação atual, cerca de 57% de sua receita líquida. A pesquisa verificou, também, que este aumento se dá muito mais pela introdução de novas culturas com inovações tecnológica do que pelo incremento da área agricultável.

O uso combinado de novas atividades com a expansão da área, também resulta numa melhor distribuição da mão-de-obra familiar. Seu incremento foi de 98% em relação à situação atual, sendo a inovação introduzida, responsável pelo maior impacto no uso desse fator.

De um modo geral, os resultados sugerem que, através da diversificação de atividades produtivas combinadas à expansão da área agrícola, os agricultores conseguem diminuir os seus riscos.

## ABSTRACT

The objective of this study is to develop a production plan, under risk conditions, for a typical small farm in the semi-arid part of Ceará (the so-called Sertão), to serve as a helping tool in the decision making process of the farmers.

The study covers the Agroecological Region of the Sertão, which involves 109 counties and 80% of the Ceará State surface.

By using an algorithm for quadratic programming the alternative combinations of production were optimized under risk conditions and maximum income for the producer was determined.

The combination of expansion in the area available for agricultural activities with the introduction of new cultivation using improved technology to cause the largest increase in producer income level. This represents, in relation to the prevailing production level, an increase of 57% in net revenue. The research also showed that the increase depends on new cultivation with technological innovation rather than on the expansion in the total acreage.

The combination of new activities with the expansion in the agricultural area also produced a better distribution in family labor. The increment in family labor use reached of 89% compared to the current situation. The introduction of new activities is responsible for the greatest impact in the use of this factor.

Generally, the results indicate that through diversification in the combined cultivation and increase in the agricultural area, the farmers will succeed in reducing their risk.

## 1 - INTRODUÇÃO

Dado o caráter aleatório de vários fenômenos climáticos e biológicos e o grande número de variáveis que afetam as oportunidades de comercialização de seus produtos, a agricultura talvez seja a atividade econômica mais difícil de ser implementada.

O seu processo decisório é sempre cercado de insegurança.

O produtor agrícola toma sua decisão em função dos custos e benefícios esperados e com base na avaliação que faz dos estados da natureza, respostas a insumos, condições de mercado e, evidentemente, ganhos e perdas anteriores.

Dependendo do grau de conhecimento dos eventos o produtor rural definirá a alocação de recursos entre seus planos alternativos de produção, visando otimizar sua renda.

Embora eficiente na alocação desses recursos, o produtor não objetiva somente a maximização simples da renda. Suas decisões são normalmente tomadas sob condições de risco, devido a fatores que afetam a produtividade, os quais podem estar relacionados com variações climáticas e/ou ocorrência de pragas e doenças e a fatores ligados ao mercado.

Considerando-se que o produtor rural é avesso ao risco, é necessário demonstrar que para ele sair do estágio em que se encontra, para outro com maior nível de renda, é preciso adotar um novo plano de produção. Então, o problema é distinguir entre as alternativas disponíveis, qual a que melhor se adapta ao grau de aversão do produtor, dadas as condições de sua fazenda, ou seja, a escolha do plano eficiente.

Procura-se neste estudo, determinar os planos eficientes para os pequenos produtores do semi-árido cearense,

definindo-se as combinações ótimas das atividades que maximizam a margem bruta da renda da propriedade típica da região, ao mesmo tempo em que minimizam o risco a elas associado.

### 1.1 - O Problema e sua Importância

Os programas governamentais de desenvolvimento rural, geralmente objetivam elevar a renda dos produtores rurais de uma dada região, através da expansão da área cultivada e do aumento da produtividade das lavouras. No primeiro caso, a disponibilidade dos fatores de produção é fundamental. Na zona agroecológica do sertão, predominantemente semi-árida, onde é grande a percentagem de áreas impróprias para o cultivo, a terra pode ser um fator limitante, assim como o trabalho, em determinados períodos, quando sua demanda atinge um máximo, coincidindo com as operações de tratamentos culturais e colheita da maior parte das culturas; e, finalmente, a limitação pode estar no capital, sempre pouco disponível, em regiões pobres como essas. No segundo caso, a dependência parece estar nas opções tecnológicas existentes e em sua adequação à realidade.

A agricultura constitui, provavelmente, uma das atividades econômicas mais complexas, dado o caráter aleatório dos fenômenos climáticos e biológicos e o grande número de variáveis que afetam as oportunidades de comercialização do produto e do lucro do agricultor. Por essa razão, ele é forçado a tomar decisões sobre as quais o domínio completo das informações é simplesmente impossível SCHULTZ (1965).

O processo decisório na agricultura, portanto, é sempre cercado de insegurança. Essa insegurança tem diversas origens. Dentre elas, podemos destacar os fenômenos climáticos, as novas tecnologias, os preços e as relações entre os indivíduos, grupos e instituições PASTORE (1975).

Segundo PASTORE (1975) a insegurança do agricultor ora assume a condição de risco, ora de incerteza. O risco,

segundo ele, é caracterizado por situações que ocorrem com probabilidades conhecidas, enquanto que a incerteza se caracteriza por situações onde as probabilidades de ocorrência do fenômeno não podem ser antecipadas.

Os resultados dos empreendimentos agropecuários podem ser representados pela renda líquida que conseguem gerar; assim sendo, os eventos que os influenciam podem ocasionar ganhos ou perdas de renda, que podem ser compreendidos pela variância da renda<sup>1/</sup>.

O agricultor seleciona suas estratégias em função dos custos e benefícios esperados e com base na avaliação que faz dos estados da natureza, incluindo-se aqui, condições climáticas, respostas a insumos e condições de mercado, entre outros. Evidentemente, ganhos e perdas anteriores constituem parte do estoque de informações que o agricultor utiliza para fazer suas avaliações.

O entendimento do comportamento do produtor rural tem grande importância no planejamento agrícola, pois, dependendo de seu grau de eficiência, definir-se-á a alocação de recursos entre seus alternativos planos de produção, para que sua renda seja otimizada.

Embora eficiente na alocação de recursos, o produtor rural não objetiva somente a maximização da renda SCHULTZ (1965). Nesse aspecto, DILLON & MESQUITA (1976) concluíram, em pesquisa realizada no Nordeste do Brasil que, em média, os pequenos agricultores<sup>2/</sup> da região eram avessos

<sup>1/</sup> A variância (V) constitui-se na medida da dispersão da renda em torno de um valor médio esperado (E).

<sup>2/</sup> Pequeno agricultor ou agricultor de subsistência é aqui definido como indivíduo que: consome a maior parte do que produz e/ou vende uma pequena parte de seu produto no mercado; compra poucos bens para uso nas atividades da agricultura; usa pequenas (ou nenhuma) proporções de mão-de-obra não-familiar; emprega tecnologias rudimentares, apresentando pequenas mudanças ao tempo; vive próximo ao nível de mera sobrevivência; vive em um tipo de situação onde as decisões sobre a sobrevivência da família predominam e portanto, seu objetivo central é o consumo do lar, e não o mercado WHARTON (1968).

ao risco, e que essa aversão era maior quando entrava em jogo a sua subsistência.

Isto ressalta que as decisões dos agricultores são normalmente tomadas sob condições de risco, graças aos caracteres inerentemente estocásticos da produção agrícola, devido a fatores que afetam a produtividade, os quais podem estar relacionados com variações climáticas ou ocorrência de pragas e doenças. Além disso, os agricultores não tem conhecimento perfeito acerca de eventos futuros referentes a tendência de preços dos produtos e insumos. A combinação de riscos e/ou incertezas decorrentes da falta de conhecimento perfeito sobre todos esses fatores tem causado variações significativas na renda dos agricultores ao longo dos anos SOARES & MEYER (1978).

Uma compreensão melhor a respeito do fator risco no tocante a seus efeitos sobre a produção e desenvolvimento agrícola constitui um ingrediente essencial do planejamento racional da propriedade agrícola e do próprio setor agrícola como um todo.

Estudos têm mostrado que o impacto da aversão ao risco no processo decisório pode ser considerado uma característica neoclássica importante da agricultura, principalmente da agricultura tradicional como a que hoje ainda se pratica, em larga escala, no Nordeste brasileiro. A evidência empírica vem consistentemente indicando desvios substanciais com relação ao critério convencional de otimização, isto é, a igualação dos valores dos produtos marginais aos preços dos fatores correspondentes WIENS (1973).

Considerando sua aversão ao risco, é necessário demonstrar ao produtor que para sair do estágio em que se encontra, aumentando conseqüentemente sua renda, ele terá que adotar um novo plano de produção. O problema é distinguir entre as alternativas disponíveis, qual a que melhor se adapta as condições de sua fazenda, ou seja, a escolha do plano eficiente.

Assim, pode-se concluir que a obtenção de melhores resultados econômicos está na dependência de se usar um planejamento racional, pelo qual se proceda uma seleção de com

binacões de atividades, levando-se em conta os riscos, as limitacões e as potencialidades existentes na área em estudo.

## 1.2 - Objetivos

### 1.2.1 - Objetivo geral

Objetiva-se com este trabalho, planejar propriedades típicas da Zona Semi-Árida dos Sertões do Estado do Ceará, sob condições de risco através da análise dos planos de produção a elas correspondentes.

### 1.2.2 - Objetivos específicos

- Construir a "Fronteira de Eficiência" ou "Fronteira Renda-risco" para as propriedades típicas consideradas neste estudo;

- Determinar o "plano" associado a uma renda mínima de subsistência;

- Determinar o "plano ótimo" de exploração para pequenas propriedades da área em estudo, considerando a Renda-risco;

Estes objetivos serão determinados com base nas seguintes proposições (simulações):

a) Manutenção da área explorada com agricultura, observando-se as culturas e tecnologias existentes;

b) Manutenção das mesmas áreas exploradas e introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas;

c) Expansão da área em 40% e manutenção das culturas e tecnologias existentes;

d) Expansão da área em 40% e introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas.



## 2 - PROCESSO PRODUTIVO ATUAL

### 2.1 - Descrição da Área<sup>3/</sup>

As diferenciações internas das grandes áreas naturais que compõem o espaço geográfico do Estado do Ceará, no que se refere as características pedo-edafo-climáticas, como predominância de determinados tipos de solos, pluviosidade, temperatura e outros fatores, tais como relevo, altitude, disponibilidade hídrica, juntamente com a cobertura vegetal, ofereceram condições para a determinação de quatro Zonas Ecológicas: Litoral, Serras, Sertão e Vales Irrigáveis.

Considerando que a Zona Agroecológica do Sertão abrange mais de 80% da área total do Estado, optou-se por realizar este estudo nesta área, em virtude de sua representatividade no contexto estadual (FIGURA 1).

A Zona Ecológica do Sertão alcança, no Estado, cerca de 109 (cento e nove) municípios, englobando totalmente as áreas das UEPs<sup>4/</sup> dos Sertões Cearenses, Sertões de Quixedô e Médio Jaguaribe, Sertões dos Inhamus e Salgado, e Cariri Cearense, com 31, 14, 17 e 26 municípios, respectivamente, e parte das UEPs de Baturité, Baixo Jaguaribe e Litoral participando com parcela de suas áreas, abrangendo em cada uma delas 5, 7 e 9 municípios CEPA/CE (1984).

Salvo variações restritas a pequenas áreas quer por exclusão no sertão de municípios próximos ao litoral ou serras, quer devido a diferenciações fisiográficas de outra

<sup>3/</sup> Os dados apresentados originam-se do Diagnóstico do Programa de Apoio ao Pequeno Produtor-PAPP/Projeto Nordeste-CEPA/1984.

<sup>4/</sup> Unidade Espacial de Planejamento.

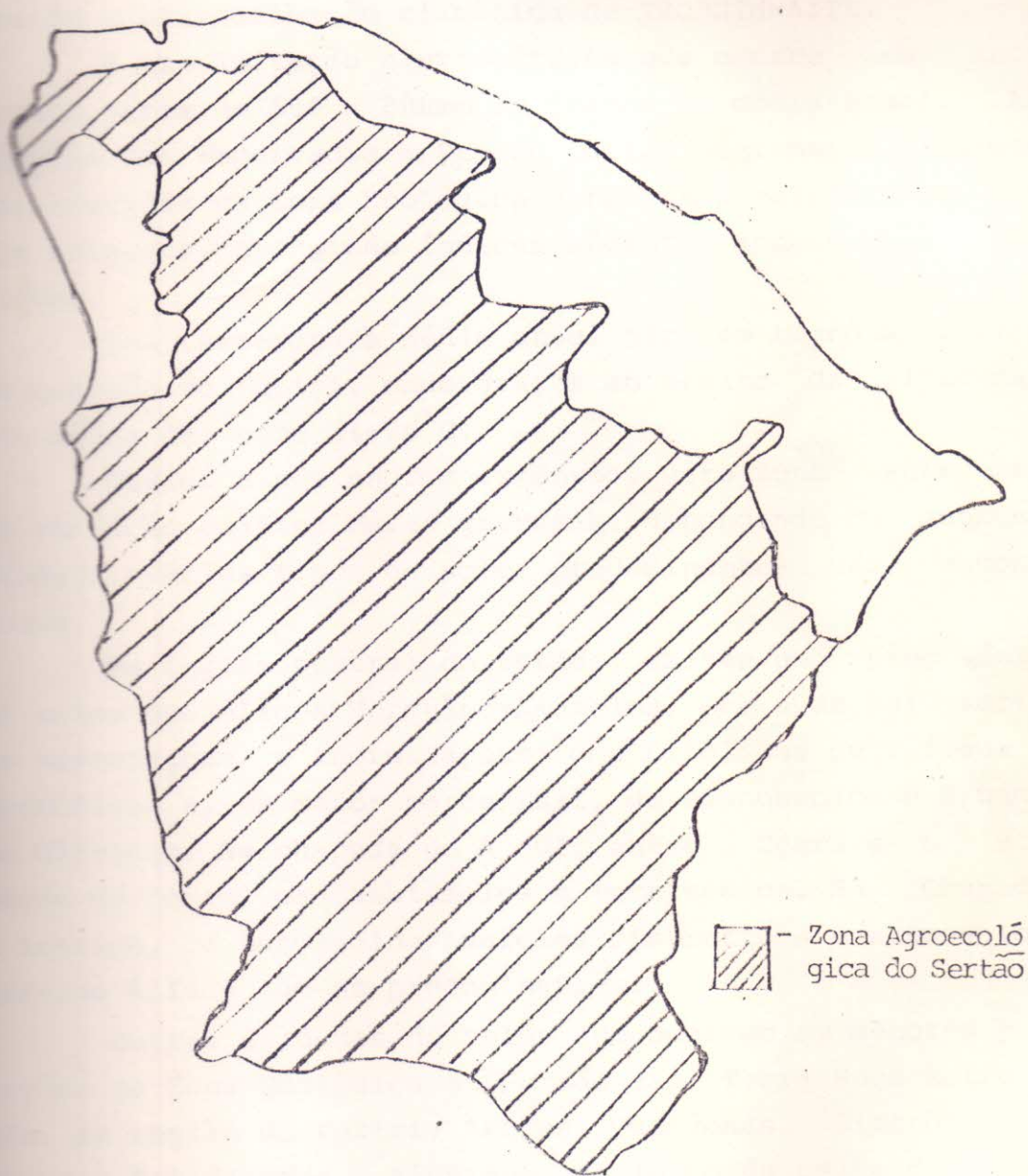


FIGURA 1 - Área de atuação do projeto. Zona Agroecológica dos Sertões Cearenses.

ordem, esta Zona Ecológica é classificada como de clima semi-árido (D) e árido (E), predominantemente. O tipo climático C1 (seco e subúmido), restringe-se a pequenas áreas isoladas, o mesmo acontecendo com o C2 (úmido e subúmido), segundo a classificação climática de THORNTON.

A precipitação pluviométrica que ocorre em anos normais varia de 500 a 800mm em termos de média anual. As exceções são reservadas a UEP do Cariri Cearense e regiões mais elevadas da Zona Ecológica, onde as precipitações são mais intensas, atingindo índices médios anuais de até 1.200mm.

Sua temperatura média anual gira em torno de 26-27°C com exceção do Cariri, onde graças ao efeito da altitude, esta média cai para 24-26°C.

Devido a sua enorme extensão, esta Zona apresenta uma variação edáfica muito grande e, dependendo da subzona estudada, vários tipos de solos predominantes são encontrados.

Na região central do Estado, existe um predomínio dos solos Podzólicos Vermelho-Amarelos, com suas mais variadas associações e incrustações; dos Litólicos Eutróficos e Distróficos e, em menor percentual, de Planossolos e Brunos Não Cálcicos. Na chapada do Apodi, entre o Ceará e o Rio Grande do Norte, os Cambissolos e Vertissolos. Na Chapada do Araripe, os Latossolos Amarelos Distróficos e Latossolos Amarelos Álicos são os predominantes.

Outras unidades de solos que ocorrem em menores proporções na Zona Ecológica do Sertão são: Terra Roxa Estruturada, na região do Cariri; Areias Quatzosas Distróficas; Solonetz Solidificados e Aluviões, ao longo da calha dos rios.

De um modo geral, a cobertura vegetal é de médio e baixo portes, formada por pastos nativos, entremeados por arbustos, pequenas e médias árvores e cactáceas.

As atividades predominantes na Zona Ecológica do Sertão são as explorações de algodão milho, feijão, pecuária bovina, caprina e ovina, ocorrendo em menor escala, o extrativismo. Embora a pecuária bovina seja a mais explorada nesta zona, a caprino-ovinocultura tem apresentado me-

lhor resposta aos incentivos face à rusticidade e resistência à escassez temporária de alimentos. Nos vales úmidos, com disponibilidade de água para irrigação, destaca-se a produção de arroz, cana-de-açúcar e capim para alimentação animal, sendo pouco representativo o cultivo de subsistência irrigado.

O rendimento físico das culturas, além de baixo, é bastante variável, refletindo a instabilidade climática da região. Estas variações são menores nas culturas produzidas nas terras de várzeas e vazantes, detentoras de maior umidade.

## 2.2 - Modelo de Exploração Existente

A identificação do modelo de exploração existente baseou-se na pesquisa de campo realizada pela Comissão Estadual de Planejamento Agrícola-CEPA-CE, destinada a complementar os dados para elaboração das avaliações de meio termo e final do Projeto Ceará, bem como para servir de diagnóstico na elaboração do Projeto Nordeste no que se refere ao seu planejamento agrícola.

Foram utilizados questionários que buscavam a obtenção de informações inerentes à renda, relações de trabalho, uso e posse da terra, uso de tecnologias e acesso aos serviços governamentais, tendo como objetivo principal a caracterização do processo produtivo e a investigação da situação atual dos pequenos produtores<sup>5/</sup> agrícolas do Estado, no sentido de determinar indicadores que sirvam de subsídios para a realização do planejamento agrícola estadual.

---

<sup>5/</sup> Os pequenos produtores com 0 → 100ha constituem o público-meta dos programas especiais do Governo, tais como: POLONORDESTE, Projeto Ceará, PROMOVALE, Projeto Nordeste/PAPP, entre outros.

Nessa pesquisa, os produtores da Zona Agroecológica dos Sertões foram agrupados segundo os seguintes estratos:

- Estrato I: sem terra
- Estrato II: com até 25 hectares
- Estrato III: com mais de 25 hectares até 50 hectares.
- Estrato IV: com mais de 50 hectares até 100 hectares.

Por reunir mais de 70% dos produtores da área estudada, aptou-se nesta pesquisa pelo estudo do planejamento para os produtores que compõem os estratos I e II, cujo modelo de exploração típico está definido na TABELA 1.

Esses produtores apresentam, em média, na sua atividade uma renda esperada anual de Cr\$ 936.534,00 (Novecentos e trinta e seis mil, quinhentos e trinta e quatro cruzeiros) a preços de julho/1984, cultivando 5 hectares com algodão arboreo, milho e feijão e utilizando a força de trabalho de 144 homens/dia (TABELA 2).

As atividades agrícolas são realizadas com um baixo nível tecnológico e com o uso intensivo da mão-de-obra familiar no cultivo de culturas tradicionalmente exploradas na região. Visando a melhoria do nível de renda desses produtores, simulou-se a introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas (TABELA 3).

TABELA 1 - Modelo de exploração existente, para uma propriedade típica de 0—125 hectares.

DISCRIMINAÇÃO	Unidade	Nível Tecnológico	Quantidade
A- Exploração Agrícola	ha		<u>15,0</u>
1- Áreas com culturas			<u>5,0</u>
. Algodão Mocó(1º ano)+Milho+ + Feijão.	ha	A <i>2 pag 13</i>	1,5
. Algodão Mocó ( $\geq$ 2 anos)	ha	A	3,0
. Milho + Feijão	ha	A	0,5
2- Áreas com Forrageiras			<u>6,7</u>
. Cultivada p/corte	ha	-	0,1
. Cultivada p/pastejo	ha	-	0,1
. Pastagem Nativa	ha	-	6,0
. Pastagem Nativa Melhorada	ha	-	0,5
3- Áreas c/Reserva Florestal			<u>2,5</u>
. Com matas	ha	-	2,5
4- Áreas c/Benfeitorias e Inaproveitáveis.			<u>0,8</u>
. Benfeitorias e Aguadas	ha	-	0,8
B- Exploração Pecuária			<u>4,4</u>
1- Bovinos	UA	-	2,5
2- Caprinos/Ovinos	UA	-	0,4
3- Animal de trabalho	UA	-	1,5

FONTE: CEPA/CE - Pesquisa Direta.

TABELA 2 - Plano anual de produção atual para uma fazenda típica do semi-árido cearense.

DISCRIMINAÇÃO	Unidade	Quantidade
- Renda Esperada	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	936,534
- <u>Area Cultivada</u>		<u>5,0</u>
. Alg. Mocô+Milho+Feijão	ha	1,5
. Alg. Mocô ≥ 2 anos	ha	3,0
. Milho + Feijão	ha	0,5
- <u>Mão-de-obra Utilizada</u>		<u>144</u>
. Mão de Obra Familiar		144
.. Período 1	HD	24
.. Período 2	HD	25
.. Período 3	HD	50
.. Período 4	HD	45
. Mão de Obra Contratada		
.. Período 1	HD	-
.. Período 2	HD	-
.. Período 3	HD	-
.. Período 4	HD	-
- Custeio Total	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	479,093

FONTE: CEPA/CE - Valores calculados.

TABELA 1 - Nível tecnológico das atividades exploradas e propostas.

Atividades	Nível Tecnológico	
	Nível	Descrição do Processo
Algodão Arbóreo + milho + feijão	A	Preparo da área manual, capina manual, controle fitossanitário.
Algodão Arbóreo > 2 anos	A	Capina manual, poda manual, baixo controle fitossanitário.
Algodão Herbáceo + Feijão	B	Preparo da área manual, campina manual, controle fitossanitário, sementes selecionadas.
Milho + Feijão	A	Preparo da área manual, capina manual, controle fitossanitário.
Sorgo + Feijão	B	Preparo da área manual, capina manual, controle fitossanitário, adubação química, sementes selecionadas.

FONTE: CEPA/CE.



### 3 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

#### 3.1 - Aspectos Teóricos: O Modelo Conceptual

A escolha de um plano de produção a ser feita por um agricultor, é uma decisão pessoal. De um modo geral, espera-se que ele antes de decidir sobre seus planos de produção, faça uma análise, dentro das restrições impostas por suas alternativas disponíveis, do quadro institucional e das alternativas conhecidas, e escolha dependendo das suas preferências e probabilidades pessoais, ou seja, estime as probabilidades de ocorrências desses eventos e avalie suas consequências.

Como se observa, o risco é variável importante no processo de decisão dos produtores rurais, perseguidos constantemente pelas adversidades de seu meio. Entre eles, as ações se desenvolvem segundo a doutrina bayesiana, que atribui valores relevantes às preferências pessoais dos tomadores de decisão e as suas estimativas de probabilidade. A habilidade de alguns agricultores em estimar probabilidades e suas atitudes com relação ao risco, leva-os a preferirem posições mais altas em sua fronteira renda-risco. Visando conseguir a máxima utilidade, tomam suas decisões, submetendo-se a elevados níveis de risco. Outros, menos hábeis ou menos dispostos a operar sob alto risco, como em geral ocorre com os pequenos produtores, atingem pontos de pouca significância em sua curva de utilidade, preferindo baixos ganhos com relativa segurança, às perspectivas de maiores rendas associadas a níveis também maiores de risco.

Sendo as preferências pessoais do indivíduo que decide e suas estimativas de probabilidade os elementos básicos da tomada de decisão sob risco, a escolha de alternativas será tanto mais eficiente, quanto melhor forem definidos os princípios que a orientam. Portanto, uma decisão

mais acertada depende diretamente da precisão com que seu tomador estime as probabilidades de ganhos e perdas, considerando o risco aleatório nelas envolvido.

Segundo TOBIN (1958), pode-se definir três tipos básicos de comportamento diante do risco: (a) os avessos ao risco, isto é, aqueles que considerando duas atividades com a mesma renda esperada, preferem a menos arriscada; (b) os indiferentes ao risco, ou seja, aqueles que consideram indiferentes duas atividades com a mesma renda esperada; (c) os propensos ao risco, isto é, aqueles que, entre duas atividades com a mesma renda esperada, preferem a mais arriscada (FIGURA 2).

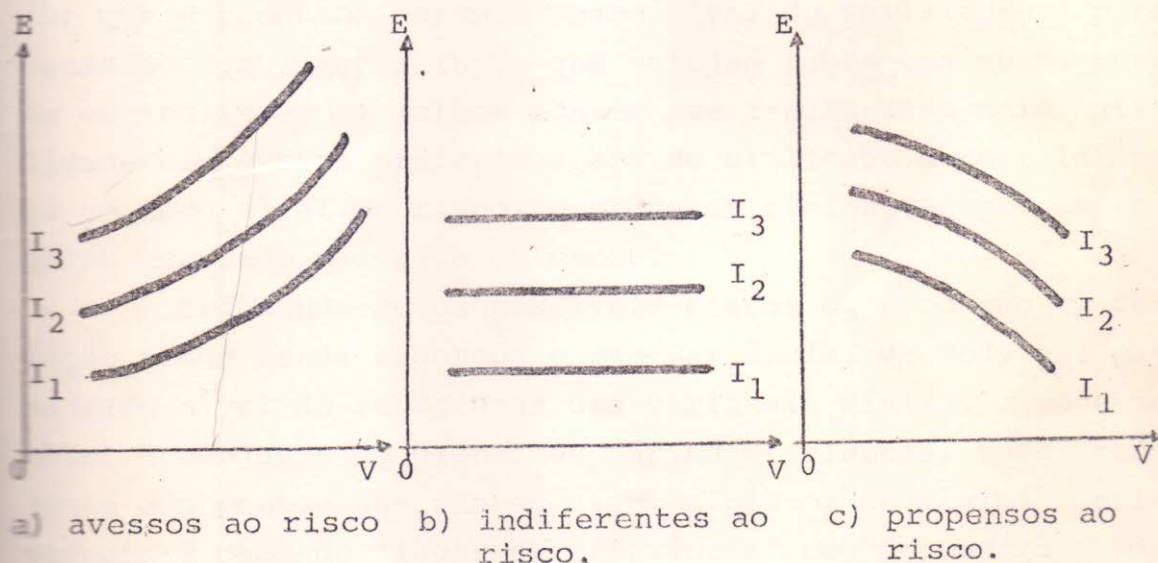


FIGURA 2 - Famílias de curvas de indiferenças entre renda esperada (E) e risco (V).

O comportamento caracterizado como de aversão ao risco é representado pelo produtor que não concordaria em desenvolver um plano de produção que lhe proporcione um alto nível de risco, a menos que seja compensado pela expectativa de uma renda também mais alta TOBIN (1958).

Se o comportamento do produtor é de propensão ao risco, significa dizer que ele estará inclinado a aceitar a troca de um plano de produção que lhe desse uma expectativa

de renda modesta, pela possibilidade, embora remota, de obter ganhos extraordinários, propiciados pela alta variabilidade da renda.

Quando o produtor é indiferente ao risco, a presença da variância não é capaz de influenciar suas decisões. Suas curvas de indiferença tem inclinação nula e a decisão é tomada em função apenas da renda esperada, como se inexistisse o risco e/ou a incerteza.

Evidentemente, TOBIN (1958) definiu estes tipos embasado nos pressupostos básicos de utilidade, ou seja: (a) admite que o produtor tenha uma escala de preferências entre a renda esperada (E) e o nível de risco (V), que pode ser representado por um conjunto de curvas de indiferenças; (b) que o produtor obtém o mesmo nível de satisfação para todas as combinações (E,V) que estejam sobre uma mesma curva de indiferença; (c) os pontos que representam maior utilidade são sempre preferidos aos de utilidade menor; (d) para um dado nível de risco, o produtor preferirá sempre um retorno esperado maior, a um menor.

Ordenando-se os possíveis planos de produção em relação a sua renda esperada e sua variância, de modo que para cada nível de renda haja uma variância mínima, pode-se obter o conjunto de planos de máxima eficiência. Esse conjunto dos pontos que representam os planos de máxima eficiência é chamado "lugar de eficiência" ou "fronteira de eficiência" MARKOWITZ (1952). Essa fronteira apresenta as seguintes restrições: (a) constitui um limite superior, isto é, acima dela, é impossível se obter uma solução dentro dos padrões tecnológicos utilizados e ao nível dos recursos disponíveis; (b) é estritamente côncava. A primeira condição é satisfeita se os rendimentos das atividades alternativas têm média e variância finitas. A segunda, se a matriz variância-covariância dos rendimentos líquidos das atividades for positiva definida<sup>6/</sup> JOHNSTON (1967).

<sup>6/</sup> Neste estudo, as médias e variâncias dos retornos líquidos atendem a ambas as condições.

Somente os planos de atividades contendo médias e variâncias que correspondam a pontos localizados na "fronteira de eficiência" podem constituir escolhas potenciais para o tomador de decisão. Qualquer outro plano alternativo cuja renda esperada e variância forem dados por um ponto abaixo da fronteira estará dominado por um outro plano alternativo com a mesma variância mas com uma renda esperada mais alta ou com a mesma renda esperada e uma variância menor. Por exemplo, na FIGURA 3, o ponto C está dominado pelo ponto A e pelo ponto B. A "fronteira de eficiência", resume-se então ao conjunto de pontos correspondendo as alternativas dominantes ou preferíveis. Essas alternativas dominantes constituem os planos eficientes em relação a todos os outros planos possíveis compreendidos dentro do conjunto admissível.

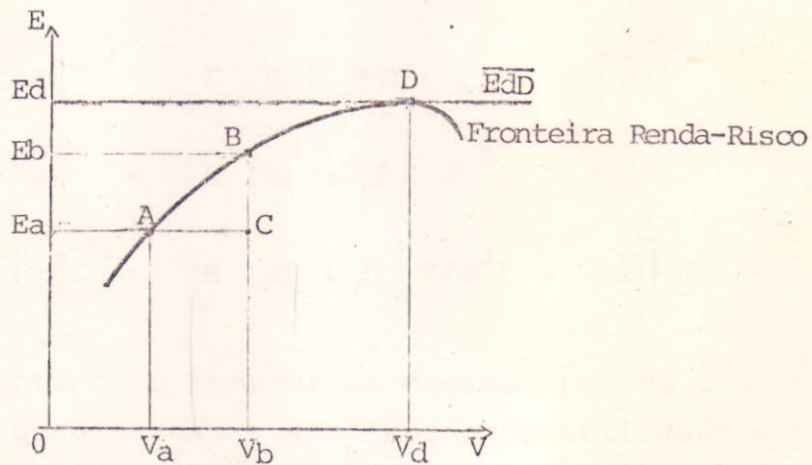


FIGURA 3 - Fronteira renda-risco ou fronteira de eficiência entre renda esperada (E) e risco (V).

O ponto D na "fronteira Renda-Risco" representa o resultado obtido quando o tomador de decisão está interessado apenas em maximizar o lucro, isto é, quando ele é neutro em relação ao risco. Neste caso, a curva de iso-utilidade do tomador de decisão seria o segmento horizontal  $\overline{E_dD}$  tangente ao conjunto no ponto D.

Admitindo-se as pressuposições de que o tomador de

decisão considera o resultado de quaisquer atividades produtivas em termos probabilísticos, isto é, os retornos líquidos das atividades tem uma distribuição de probabilidades e que, para avaliar combinações alternativas de atividades produtivas ele define suas preferências entre diferentes planos de atividades somente com base no valor esperado (E) e respectiva variância (V) da renda associada a cada plano, suas preferências podem ser representadas por uma função de utilidade esperada derivada de uma função de utilidade quadrática, como se segue BARROSO(1985):

Partindo-se da função de utilidade do tipo

$$U(R) = R + \beta R^2$$

onde (R) representa a renda, e aplicando-se o operador de esperança (E), temos:

$$E [ U (R) ] = E ( R + \beta R^2 )$$

$$E [ U (R) ] = E ( R ) + \beta E ( R^2 )$$

$$E [ U (R) ] = E ( R ) + \beta [ E(R^2) + V(R) ]$$

Portanto se o tomador de decisão possui uma função de utilidade quadrática, a sua função de utilidade esperada será função da média da renda E(R) e da variância da distribuição da renda V(R) ou, de maneira simplificada:

$$U = f (E, V) \quad (1)$$

As suposições adicionais exigem que as curvas de indiferença ou iso-utilidade sejam convexas com coeficiente angular positivo, isto é, níveis crescentes de renda esperada são necessários para compensar níveis mais alto de risco.

Outras pressuposições necessárias para garantir que as curvas de iso-utilidade do tomador de decisão mostrem as propriedades expostas na FIGURA 4 são: (a) rendas esperadas

mais altas são preferíveis às rendas esperadas mais baixas, "Ceteris paribus"; (b) uma pequena variância é preferível a uma variância alta para um dado nível de renda esperada; (c) existe uma taxa marginal decrescente de substituição entre a renda esperada e sua variância JOHNSON (1967). As duas primeiras suposições garantem o coeficiente angular positivo das curvas de indiferença e a última implica que as curvas de iso-utilidade são convexas<sup>7/</sup>.

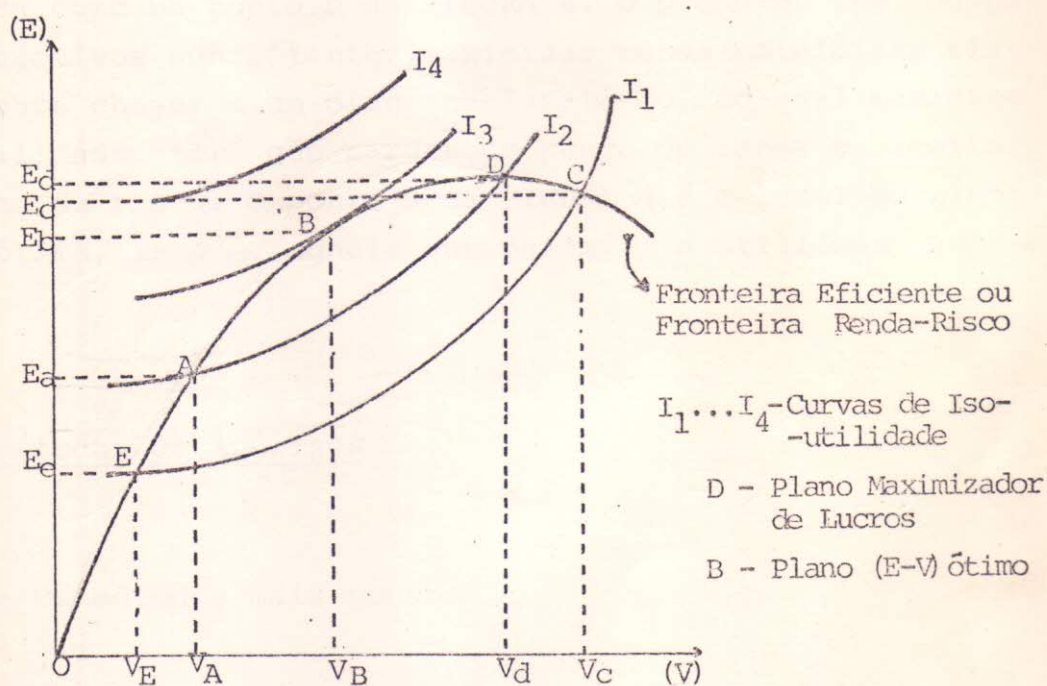


FIGURA 4 - Plano E-V ótimo de um agricultor avesso ao risco:

<sup>7/</sup> Em termos matemáticos essas pressuposições significam que  $\frac{\partial U}{\partial V} < 0$  e  $\frac{\partial U}{\partial E} > 0$ ; isto é, ao longo de toda curva de iso-utilidade  $\frac{dE}{dV} > 0$  e  $\frac{d^2E}{d^2V} > 0$  significando que o tomador de decisão prefere um plano de atividades com uma (V) mais alta somente se (E) for também mais alta e essa com pensacão teria que aumentar a uma taxa crescente com os aumentos de (V). Para TOBIN (1958) e SHARPE (1964) se a função de utilidade da renda for quadrática e convexa, essas condições prevalecerão.

O segmento OD do conjunto de todos os planos admissíveis constitui a fronteira de eficiência. O conjunto admissível não se expande acima da fronteira OD porque os retornos das atividades produtivas tem médias e variâncias finitas. Cada ponto localizado sobre OD corresponde ao mais alto nível de renda esperada atingível para um dado nível de variância.

Considerando-se que a aversão ao risco é o comportamento mais racional, sendo o mais encontrado no mundo real, o plano de produção escolhido não será o que maximiza a renda como no ponto D da FIGURA 4. O produtor tem agora dois objetivos conflitantes, maximizar renda e minimizar risco, e para chegar a um plano satisfatório, no qual maximize sua utilidade terá que perder um pouco de renda e aceitar um pouco de risco. O ponto B da FIGURA 4 é o local do plano (E-V) ótimo, isto é, aquele que maximiza a utilidade esperada.

### 3.2 - Métodos de Análises

#### 3.2.1 - Os métodos mais comuns

De um modo geral, as técnicas tradicionalmente empregadas para testar a eficiência econômica são mal especificadas, quando os produtores tomam suas decisões em presença do risco. Estas técnicas são embasadas nas seguintes determinações: (a) o valor do produto marginal de qualquer insumo é igual a seu preço; (b) o valor do produto marginal de qualquer insumo, em dois usos quaisquer são iguais; (c) a razão dos produtos físicos marginais de dois insumos quaisquer é igual a razão dos preços destes insumos. WOLGIN (1975), por exemplo, utilizando uma amostra de produtores do Quênia e usando um modelo de aversão ao risco demonstra que as duas primeiras determinações não são satisfeitas, sob condição de risco.

Para DILLON (1975) existem quatro abordagens possíveis referentes ao problema da escolha de planos ou tecnologias alternativas de produção: (a) tradição; (b) intuição; (c) orçamentação parcial ou avaliação na base de técnica-por-técnica; (d) sistema global ou de orçamento global para a propriedade agrícola.

O uso da tradição e da intuição na escolha de atividade, ainda que sejam os processos mais usados pelos produtores, não são os mais relevantes para os extensionistas e/ou pesquisadores. Isto não implica em que eles devam ser desprezados, pois, segundo DILLON (1975), a intuição é, muitas vezes, o único processo disponível para solucionar problemas complicados de escolha de alternativas.

Mesmo tendo sua eficiência limitada pela capacidade do analista, não apresente um algoritmo formal de otimização e tenha dificuldade de levar o risco em consideração, a técnica mais amplamente adaptável na escolha de alternativas é, para ANDERSON, DILLON & KARDAKER (1977), a orçamentação parcial. Contudo, ela tem sido aplicada com relativa frequência por pesquisadores e extensionista. Apresenta como vantagem, identificar as variações dos custos e das receitas na implementação de uma dada alternativa. Segundo esta técnica, o critério de decisão é que sempre que isto causar uma alteração positiva na renda líquida, haverá conveniência em substituir o sistema antigo de produção pelo novo. A comparação absoluta entre as médias de rendas líquidas apresenta restrições, pois diversos fatores, além do tecnológico, podem justificar as diferenças de médias obtidas.

DILLON (1975) considera que em termos gerais, a abordagem orçamentária parcial ou comparativa à avaliação de tecnologias deixa muito a desejar. Para ser adequada, continua ele, a avaliação deveria ser feita a nível de estabelecimento agrícola de modo que sejam levadas em consideração as restrições de recursos, as características de risco da renda líquida do estabelecimento agrícola e as preferências de programa do agricultor.

Modernamente, as técnicas de programação matemática



têm sido as mais empregadas para testar a eficiência do produtor, por permitirem uma abrangência global na análise das diversas atividades da propriedade agrícola.

Dentre essas técnicas, a mais usada é a programação linear, mesmo sendo alvo de severas críticas devido às pressuposições em que se baseia, isto é, que o produtor tem por objetivo a maximização do lucro, sujeito às limitações dos recursos disponíveis, ou seja, que ele se revela indiferente ao risco, quando o comportamento considerado normal é o de aversão ao risco; admite, ainda, que os mercados de produtos e de insumos são perfeitamente competitivos; e finalmente, pressupõe que os preços recebidos pelos agricultores e os rendimentos físicos por eles esperados são valores conhecidos, correspondentes a uma situação normal. Dessa forma, o modelo funciona como se não existisse risco HOLANDA (1979).

Outra técnica, bastante utilizada, sendo uma derivação da programação linear, é a programação MOTAD<sup>8/</sup>, que se refere a minimização dos desvios absolutos totais de distribuição dos retornos líquidos. Essa técnica foi desenvolvida por WAGNER (1969) e HAZELL (1971), como um procedimento computacional alternativo da programação quadrática, tendo como vantagem, não requerer para sua execução, programação não-linear.

Analogamente à programação quadrática, a MOTAD segue procedimento de duas etapas, para obter o plano de produção preferido. A primeira consiste em determinar o conjunto de planos de produção; a segunda, em escolher, a partir deste conjunto, o plano preferido, usando um procedimento analítico ou intuitivo.

Assim como a programação quadrática, a MOTAD pressupõe que o agricultor seja avesso ao risco. Entretanto, sua utilidade esperada é supostamente função da média (E) e do desvio absoluto do retorno líquido total (A), que substitui a variância (V) do modelo quadrático. Para DILLON (1975),

<sup>8/</sup> Minimization of the Total Absolute Deviations.

até o momento parece não haver qualquer informação empírica, quanto ao grau em que a função utilidade dos agricultores possa ser razoavelmente expressa em função de  $E$  e  $A$ , nem ocorre uma representação  $(E,A)$  que a justifique através de procedimentos padrões de aproximação. Todavia, continua, como uma questão de julgamento subjetivo, a limitada experiência com o MOTAD, até agora disponível, indica que o método tem uma atuação razoavelmente boa como uma aproximação ao conjunto eficiente  $(E,V)$  e em relação as escolhas reais dos programas do agricultor.

Como concorrente do MOTAD, CHEN & BACHER (1974) sugeriram o que denominam um procedimento de programação linear de restrição de risco marginal para aproximar o conjunto eficiente  $(E,V)$ . Conquanto tenha embasamento teórico mais sólido do que a MOTAD como aproximação à programação quadrática, a abordagem envolve programação linear iterativa de estágios múltiplos e não é segundo DILLON (1975), sob nenhum aspecto, tão conveniente em termos computacionais.

Estudos de probabilidade do tipo segurança primeiro ("safety first") podem tornar os elementos de risco mais aparentes ao tomador de decisão, facilitando o trabalho de escolha e indicando o plano mais seguro ANDERSON (1976)<sup>9/</sup>.

Para BAUMOL (1963), a abordagem de segurança primeira pode ser definida como um conjunto de intervalos de confiança para se atingir determinados níveis de renda. O trabalho de se determinar curvas de confiança torna-se possível com a pressuposição de que a renda correspondente a cada plano eficiente é distribuída normalmente. Se os retornos das atividades forem distribuídas normalmente, a renda esperada também o será.

Outra pressuposição necessária na abordagem de segurança primeira desenvolvido por BAUMOL (1963) é de que o tomador de decisão pode basear a escolha racional de um plano

<sup>9/</sup> As preferências do tomador de decisão para  $X$  estão substanciadas numa função de utilidade  $U(X)$  que é definida para todos os valores de  $X$  no intervalo  $[a, b]$  CRUZ (1984).

levando em consideração a renda esperada deste plano e o nível mínimo de renda alcançável com um alto grau de probabilidade.

A primeira técnica de programação a considerar explicitamente o risco, foi a programação quadrática. Nesta formulação, considera-se as restrições como determinísticas, enquanto se leva em conta o risco em relação aos retornos líquidos das atividades. Pressupõe-se que tais retornos sigam uma distribuição multivariada normal e que as estatísticas relevantes sejam as médias, variâncias e covariâncias de seus retornos líquidos, comumente estimados a partir de dados históricos de tendência corrigida.

Para DILLON (1975), a programação quadrática fornece a solução correta se: (a) o agricultor for avesso ao risco; (b) sua função utilidade esperada for função somente da média e da variância ou, se as distribuições forem regulares de modo que as distribuições dos retornos líquidos totais sejam completamente especificados por E e V.

Segundo FREUND (1956), as desvantagens do uso de dados históricos relativos a preços e rendimentos, para obter estimativas dos retornos líquidos das atividades, estão no fato de que as variâncias e covariâncias obtidas sejam subestimadas, uma vez que os dados básicos usados já seriam médias. Entretanto, DILLON (1973) acha que todos os meios disponíveis devem ser acionados para estimativa dos dados necessários, fazendo-se uso de julgamentos subjetivos de acordo com a teoria bayesiana.

## 2.2.2 - Especificação dos modelos utilizados

### 2.2.2.1 - Os modelos matemáticos

Para determinar as combinações de atividades que ve ~~tem~~ a maximizar a utilidade esperada dos pequenos produtores do semi-árido cearense, levando em consideração diver-

os fatores, tais como, preços dos produtos, preços dos fatores de produção, introdução de novas tecnologias, expansão da área agrícola e disponibilidade de mão-de-obra, utilizou-se como modelo empírico a Programação Quadrática e como modelo auxiliar a Programação Linear.

A programação linear visa, neste trabalho, encontrar, fundamentalmente, a combinação de atividades que maximize a renda da propriedade, não se levando em consideração o risco.

Este método de programação consiste na maximização ou minimização de uma função linear, denominada função objetivo, respeitando-se às limitações de recursos disponíveis e as restrições impostas ao modelo.

Além da linearidade, a aplicação deste método está condicionado às restrições da proporcionalidade, da divisibilidade, de aditividade e das possibilidades finitas.

Um modelo de programação linear consiste no estabelecimento de um sistema de equações e/ou inequações lineares, que solucionado, determina a combinação das variáveis, maximizando ou minimizando uma função linear, como se segue:

Maximizar a função objetivo:

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2)$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} X_j \leq b_i \quad (\text{para todo } i, i=1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

$$X_j \geq 0 \quad (4)$$

- onde:
- $Z$  - representa a margem bruta de renda a ser maximizada;
  - $C_j$  - constantes correspondentes à margem bruta associada à  $j$ -ésima atividade;
  - $X_j$  - indica o nível de produção ou de intensidade da  $j$ -ésima atividade;
  - $A_{ij}$  - constantes que representam a quantidade do  $i$ -ésimo recurso, necessário à obtenção de uma unidade da  $j$ -ésima atividade;
  - $b_i$  - constantes representando os limites dos  $i$ -ésimos recursos ou outras restrições, disponíveis para serem utilizados no processo de produção.

\* O Apêndice B apresenta a matriz básica de programação linear e a identificação das variáveis utilizadas neste estudo.

O principal algoritmo utilizado neste trabalho foi a Programação Quadrática.

Em notação matricial o problema geral da Programação Quadrática pode ser formulado da seguinte maneira:

Minimizar:

$$W(X) = C'X + \frac{1}{2} X' QX \quad (5)$$

sujeito a:

$$AX \geq b \quad (6)$$

$$X \geq 0 \quad (7)$$

onde:

$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  é o vetor das variáveis de decisão do modelo;

$C = (C_1, C_2, \dots, C_n)$  é o vetor dos coeficientes dos termos lineares;

$Q = \begin{bmatrix} q_{ij} \end{bmatrix}$   $n \times n$  é a matriz da forma quadrática;

$W(X)$  é uma função: - convexa se  $Q$  é positiva definida;  
- côncava se  $Q$  é negativa definida

$A = \begin{bmatrix} a_{ij} \end{bmatrix}$   $m \times n$  é a matriz de restrição do modelo;

$b = (b_1, b_2, \dots, b_m)$  é o vetor dos termos independentes.

Se a matriz  $Q$  da forma quadrática é positiva definida, a função  $W(X)$  assume um mínimo global na região viável  $S = \{AX \geq b \text{ e } X \geq 0\}$  e, se  $Q$  é negativa definida, então  $W(X)$  admite um máximo global em  $S$ .

O produto  $C'X$  é a renda esperada total ( $E$ ) e  $X'QX$  é sua variância ( $V$ ).

No caso em estudo,  $W(X)$  assume um único mínimo, pois a matriz  $Q$  é positiva definida por definição.

De acordo com o modelo conceptual apresentado no item 3.1., o problema da programação quadrática para esse estudo foi formulado do seguinte modo:

$$Q^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} X_i X_j \quad (m=n) \quad (8)$$

Objetivo a:

$$\sum_{j=1}^n C_j X_j = Z \quad (0 \leq Z \leq 2) \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} X_j \leq b_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (10)$$

$$X_j \geq 0 \quad (11)$$

- onde:
- $\sigma^2$  = variância da renda total;
  - $x_j$  = nível da j-ésima atividade;
  - $c_j$  = retorno esperado líquido da j-ésima atividade;
  - $\delta_{ij}$  = covariância do retorno, por unidade da atividade, entre a i-ésima e a j-ésima atividade quando  $i \neq j$  e a variância do retorno da i-ésima atividade quando  $i = j$ ;
  - $A_{ij}$  = necessidades técnicas da j-ésima atividade pelo i-ésimo recurso ou restrição;
  - $b_i$  = limite do i-ésimo recurso ou restrição;
  - $m$  = número de restrições;
  - $Z$  = um parâmetro, representando níveis escolhidos de renda, que varia de zero ao valor máximo de margem bruta de renda esperada ( $\hat{Z}$ );
  - $n$  = número de atividades.

Fazendo-se variar  $Z$  de 0 à  $\hat{Z}$ , pode-se obter uma série de planos e assim construir a fronteira de eficiência B-C. A aceitação de qualquer uma das soluções ou planos dependerá das preferências do tomador de decisão, de acordo com sua função de utilidade. Se essa função poder ser estimada, um plano específico poderá ser identificado oferecendo ao tomador de decisão o mais alto nível de utilidade esperada.

Para BISERRA (1980), uma formulação alternativa, utilizando a programação quadrática para determinar o "plano ótimo" do produtor sob condição de risco, consiste em maximizar a utilidade conforme a expressão abaixo sujeito as demais restrições apresentadas e definidas no modelo.

$$U = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \rho \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i x_j \delta_{ij} \right] \quad (12)$$

O coeficiente  $\rho$  é o parâmetro que mede o grau de aversão ao risco do produtor. Nesta pesquisa será considerado o coeficiente de risco determinado por DILLON & MESQUITA (1976) para o município de Canindê, característica do semi-árido cearense.

Em síntese, o modelo especificado é composto basicamente, por três tipos de variáveis: (a) as restritivas, que estabelecem limites para os recursos disponíveis nas propriedades típicas, tais como terra, mão-de-obra, capital, e possibilitam a inclusão de certas especificações no modelo; (b) as que definem as atividades produtivas, ou seja, especificam os empreendimentos a serem desenvolvidos nas fazendas típicas, assim como as tecnologias que podem ser utilizadas; (c) atividades de compra, que permitem aumentar a disponibilidade de alguns recursos, que estejam impedindo a exploração mais intensa de algumas atividades, ou o melhor aproveitamento de outros recursos, conforme as necessidades do modelo<sup>12/</sup>.

Na formulação do modelo, selecionou-se apenas as atividades que são mais importantes para a região e que constam nos questionários correspondentes ao estrato considerado por este estudo, na determinação das fazendas típicas.

### 3.2.2.2 - Programação quadrática: O método utilizado

Existem vários procedimentos para obtenção da solução numérica do problema de programação quadrática. Entre eles podemos citar:

- Método dos Multiplicadores de LAGRANGE;
- Método de KARUSH-KUHN-TUCKER;
- Método Simplex de WOLF;
- Método de complementaridade de LEMKE.

<sup>12/</sup> Para maiores detalhes, ver itens 3.2.3 a 3.2.6.



O método utilizado nesse trabalho foi o de LEMKE que trata do problema quadrático como uma variante do Método Simplex usado em programação linear que incorpora técnicas de pivoteamento.

O algoritmo de LEMKE foi desenvolvido pelo SCHOOL OF INDUSTRIAL ENGINEERING, PURDUE UNIVERSITY em linguagem de Programação FORTRAN-IV e atualmente está implementado no computador DEC-10 da Universidade Federal do Ceará-UFC.

### 3.2.3 - Atividades

As alternativas de exploração vigentes na região foram determinadas através de pesquisa direta realizada pela CEPAC-CE em todo o Estado do Ceará. Após a consolidação dos questionários foram definidos, para cada zona agroecológica e por estrato, com base na frequência em que aparecem, modelos médios de exploração que passaram a representar as "propriedades típicas" de cada região.

A área deste estudo, predominantemente semi-árida, caracteriza-se pela exploração de algodão arbóreo consorciado a culturas de subsistência e, em pequena escala, pela exploração pecuária tida muito mais pelo tradicionalismo do que com fins econômicos. Dado esse caráter e as características do grupo de produtores em estudo, a pecuária não será considerada neste trabalho como uma alternativa de exploração.

Visando aumentar o nível de renda, propõe-se a introdução dos cultivos de algodão herbáceo e sorgo consorciados com feijão os quais conforme experimentos e pesquisas desenvolvidos e embasados no conhecimento dos técnicos que trabalham na região, apresentam melhores rendimentos graças as melhorias tecnológicas adotadas.

Com base nestes critérios, considerou-se as seguintes atividades de exploração, medidas em hectare:

- algodão arbóreo + milho + feijão;

- algodão arbóreo com mais de dois anos;
- algodão herbáceo + feijão;
- milho + feijão;
- sorgo + feijão.

Outras atividades, tidas como de compra e venda e de transferências, foram consideradas neste estudo. Incluem-se entre estas, as necessidades de crédito e uso da mão-de-obra familiar e contratada medidas em cruzeiros e homens/dia, respectivamente.

Estimou-se as necessidades do crédito de custeio nos custos operacionais de cada modelo, incluindo-se o valor de toda mão-de-obra utilizada.

Quanto ao fator mão-de-obra contratada, considerou-se a possibilidade de sua utilização em quatro períodos: período I (Janeiro/Março); período II (Abril/Junho); período III (Julho/Setembro); período IV (Outubro/Dezembro).

A codificação das atividades estão apresentadas na TABELA B.2 do APÊNDICE B.

#### 3.2.4 - Margens brutas e matriz de variância-covariância

As margens brutas para cada atividade e a matriz de variância-covariância foram obtidas a partir de uma série histórica dos preços dos produtos e rendimentos anuais das atividades, compreendendo o período 1963/1984.

As receitas brutas resultam do produto dos preços corrigidos a nível de produtor e os rendimentos anuais observados. Os custos variáveis são resultantes da multiplicação dos coeficientes técnicos pelos preços dos insumos, em cruzeiros de julho de 1984. As margens brutas correspondem às diferenças entre as receitas brutas e os custos variáveis.

<sup>10/</sup> Exclusive o valor da mão-de-obra.

Para o ano de 1984, as produtividades foram estimadas a partir de dados amostrais oriundos da pesquisa direta realizada pela CEPA-CE. Para os demais anos, estimou-se de acordo com as variações ocorridas ao longo do período estudado, conforme as estatísticas oficiais<sup>11/</sup>.

Os preços foram corrigidos pelo Índice Geral de Preços da Fundação Getúlio Vargas, a preços constantes de Julho de 1984.

Nesta pesquisa considera-se que as principais origens dos riscos estão associados às condições climáticas e econômicas, as quais estão consideradas nas variações dos rendimentos e dos preços ao longo da série histórica estudada.

Reconhece-se como uma grande limitação das séries temporais, o fato de que elas apresentam tendências associadas principalmente às mudanças tecnológicas, ao declínio da fertilidade natural dos solos e aos ciclos econômicos.

### 3.2.5 - Restrições impostas ao modelo

Além da disponibilidade de terra, trabalho e capital, que se constituem nos principais fatores de produção, foram consideradas no modelo algumas restrições auxiliares.

Especificamente, considerou-se as seguintes restrições:

#### 3.2.5.1 - Terra

A área atualmente agricultável nas propriedades típicas apresentada no modelo atual é de 5 hectares. Além disso, observa-se o uso atual de 6,7 hectares com forrageiras,

<sup>11/</sup> Para detalhes, veja Apêndice A.

dos quais 6,0 ha com pastagem nativa. Considerando a existência de somente 4,4 UA nas propriedades típicas estudadas, estimou-se nesta pesquisa, a possibilidade de parte destas pastagens serem usadas no incremento de 40% na área a ser explorada com agricultura.

### 3.2.5.2 - Trabalho

Nas restrições de trabalho, medidas em termos de homens/dia(HD), foram consideradas a mão-de-obra familiar e a contratada. A mão-de-obra familiar engloba a força de trabalho do proprietário e dos membros da família que trabalham no estabelecimento, perfazendo uma oferta de 40 HD/mês. A mão-de-obra contratada refere-se ao trabalho assalariado pago pelo produtor. As disponibilidades deste fator por período foram, identificadas na pesquisa realizada pela CEPA/CE e apresentam as seguintes ofertas máximas:

Período	I	(janeiro/março)	- 19 HD
Período	II	(abril/junho)	- 45 HD
Período	III	(julho/setembro)	- 5 HD
Período	IV	(outubro/dezembro)	- 0 HD

### 3.2.5.3 - Capital

Com relação ao capital operacional ou de custeio, somente foi levantado o montante necessário, não havendo portanto, restrições quanto ao total a ser utilizado. Partiu-se assim, da pressuposição de que os produtores têm capacidade ilimitada de empréstimos nos agentes financeiros. O objetivo maior neste caso é o de determinar o volume de crédito necessário para custear o plano em análise.



#### 3.2.5.4 - Restrições auxiliares

As restrições auxiliares estão associadas aos limites de máximo ou mínimo de algumas atividades. Na determinação destes limites foram considerados o uso atual dos recursos, a subsistência do agricultor e de sua família e as condições do mercado de produtos e fatores. Assim, o algodão herbáceo, o milho e o sorgo dado a exigibilidade de áreas mais propícias a seus cultivos e em razão de problemas mercadológicos, tiveram suas áreas de lavouras limitadas em um máximo de um hectare, individualmente.

A codificação e identificação das restrições são apresentadas na TABELA B-3 do APÊNDICE B.

#### 3.2.6 - Origem dos dados

As informações requeridas para consecução deste trabalho foram obtidas de várias fontes, sendo a principal os questionários aplicados pela CEPA/CE em 1984, aos agricultores das diversas áreas ecológicas do Estado.

Na tentativa de aprimorar estas informações, principalmente as referentes às atividades potenciais e às tecnologias propostas melhoradas, os dados apresentados nos questionários foram completados e ajustados com informações provenientes de diversas publicações, assim como, também, com o conhecimento de técnicos, pesquisadores e extensionistas que trabalham nas áreas que compõem a Zona Ecológica do Sertão.

Também foram utilizados dados de série temporal fornecidos pela CEPA-CE, que servirão de base para a determinação das variações ocorridas nos rendimentos físicos e nos preços das culturas consideradas, ao longo do período estudado (1963 a 1984).

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conduziu-se a análises dos resultados de forma a comparar a situação atual da propriedade típica do semi-árido cearense (0 — 25 hectares) com as diferentes simulações definidas no estudo, determinando-se, em todas as situações, as combinações de atividades que otimizam suas respectivas explorações.

Desta forma, a discussão dos resultados será apresentada analisando-se, inicialmente, a situação atual no que diz respeito à "fronteira de eficiência renda-risco", ao "plano de subsistência" e ao "plano ótimo" de produção. Em seguida, pressupõe-se a introdução de novas atividades, com culturas que utilizam tecnologias melhoradas e analisam-se as modificações sobre a "fronteira" e suas influências sobre a decisão do produtor. Posteriormente, repete-se a análise pressupondo-se um aumento de 40% da área agricultável. Finalmente, analisa-se as modificações com a ocorrência, simultânea, das duas pressuposições anteriores.

Em cada uma dessas análises, foram considerados a renda esperada, o risco observado e seu respectivo coeficiente de variação, a identificação dos planos eficientes, a utilização da terra e da mão-de-obra e a necessidade de capital (crédito de custeio).

As tabelas de resultados apresentam também o plano que maximiza a renda da propriedade, não se levando em consideração o risco. Esse plano é obtido através do uso de um modelo de programação linear<sup>13/</sup>.

---

<sup>13/</sup> Para maiores detalhes sobre os algoritmos de programação utilizados, ver item 3.2.2.

#### 4.1 - Resultados Obtidos Conforme Situação Atual.

##### 4.1.1 - Análise dos planos eficientes

A fronteira renda-risco apresentada na FIGURA 5, foi derivada considerando a situação atual dos agricultores da região semi-árida, isto é, representa os planos ótimos de atividades possíveis de serem adotados no atual estágio de desenvolvimento, conforme, observado pela pesquisa realizada pela CEPA/CE (1984) (TABELA 4).

As soluções do modelo básico, corresponde a níveis de renda esperada que variam de Cr\$ 900,00 mil a Cr\$ 955,73 mil e apresentam coeficientes de variação<sup>14/</sup> de 31,835% a 31,879%. As covariâncias entre as atividades exploradas são positivas (Tabela A.12, do Apêndice A), significando que o risco entre estes consórcios é bastante correlacionado. Esta razão pode explicar as pequenas modificações entre os "coeficientes de variação" ao longo da fronteira.

De um modo geral, as combinações das atividades são razoavelmente bem representadas nas soluções da fronteira renda-risco. A área utilizada com agricultura apresenta um crescimento de 6,49%, se compararmos os pontos extremos da fronteira, correspondendo aos planos eficientes A e M. Este crescimento significa um incremento de 0,32ha a partir do Plano A de exploração.

Observa-se também que a mão-de-obra utilizada nos planos da fronteira sofre um incremento de 4,96% em relação ao plano inicial (Plano A). Em nenhum período do ano agrícola, este fator apresenta-se como limitativo, tendo-se observado, inclusive, "sobras" na mão-de-obra familiar e a não utilização da mão-de-obra contratada em todos os planos estudados. Este resultado sugere que uma das formas pelas

<sup>14/</sup> Coeficiente de variação é a razão entre o desvio padrão e a renda esperada.

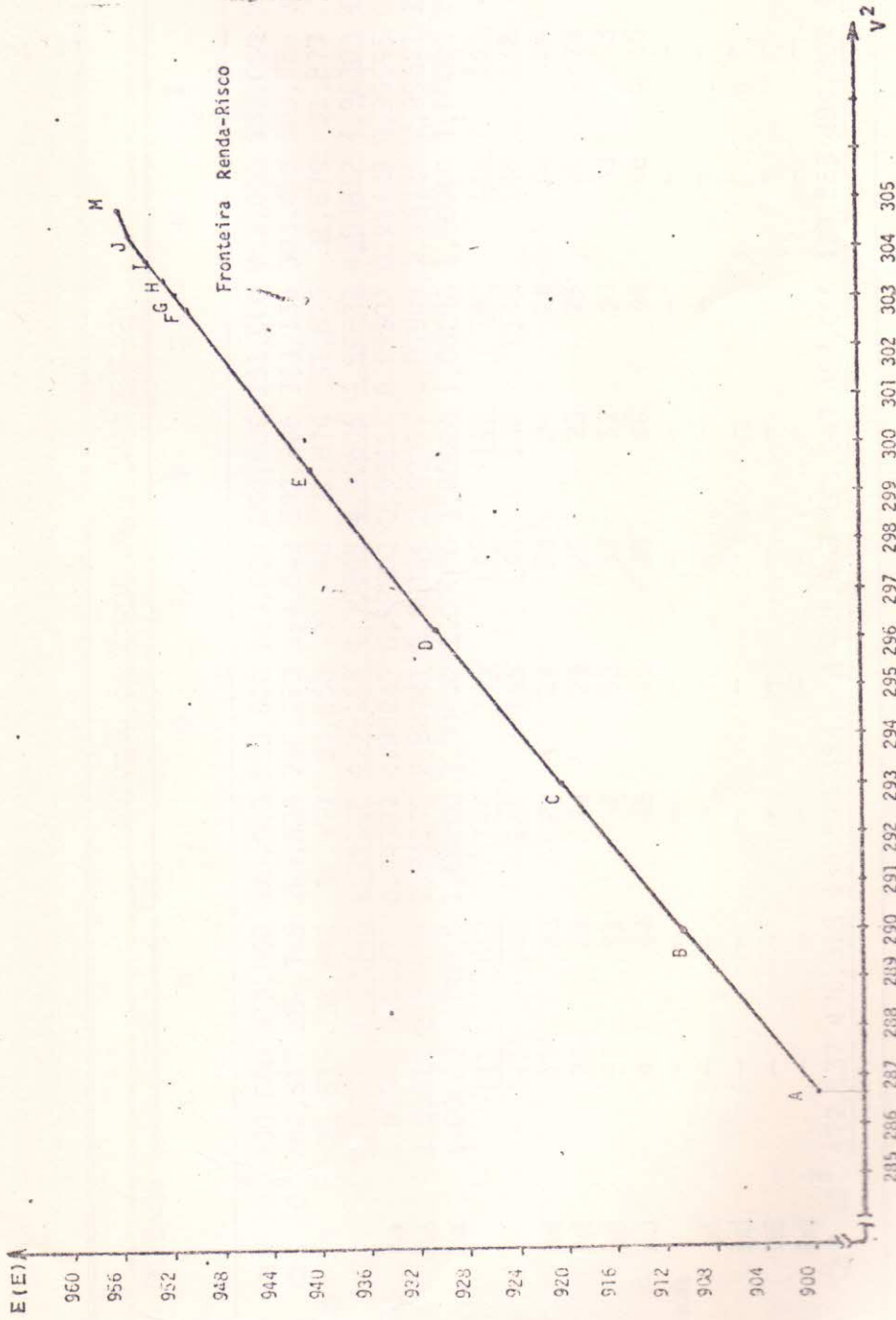


FIGURA 5 - Fronteira Renda - Risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense - situação atual.



TABELA 4 - Planos Eficientes de produção de produção para uma fazenda do semi-árido cearense - situação atual.

Discriminação	Unidade	Solução da Programação Quadrática										Solução da Programação linear (M)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
- Renda Esperada	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	900,000	910,000	920,000	930,000	940,000	950,000	951,000	952,000	953,000	955,000	955,000
- Desvio Padrão	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	286,517	289,769	293,824	296,282	299,542	302,806	303,133	303,459	303,786	304,439	304,678
- Coeficiente de Variação	%	31,835	31,842	31,950	31,558	31,866	31,874	31,875	31,876	31,877	31,878	31,879
- Área Cultivada	ha	4,67528	4,73348	4,79168	4,79168	4,90808	4,90808	4,96632	4,97812	4,98380	4,99548	5,00000
- Alg. moco + milho + feijão	ha	0,91882	0,93337	0,94792	0,96247	0,97702	0,99158	0,99303	0,99449	0,99595	0,99887	1,00000
- Alg. moco ≥ 2 anos	ha	2,80011	2,80011	2,84376	2,88741	2,93106	2,97474	2,97909	2,98785	2,99661	2,99661	3,00000
- Milho + feijão	ha	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
- Mão-de-obra Utilizada	hd	141	142	144	145	146	148	148	148	148	148	148
- Mão-de-obra familiar	hd	141	142	144	145	146	148	148	148	148	148	148
- .. Período 1	hd	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24
- .. Período 2	hd	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25
- .. Período 3	hd	51	51	52	52	52	52	53	53	53	53	53
- .. Período 4	hd	43	44	45	45	45	46	46	46	46	46	46
- Mão-de-obra contratada	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- .. Período 1	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- .. Período 2	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- .. Período 3	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- .. Período 4	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Custeio Total	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	472,137	476,318	480,520	484,684	488,865	493,047	493,466	493,885	494,302	495,135	494,440

FONTE: Valores computados.

quais o produtor pode alocando sua mão-de-obra disponível em outras atividades.

A necessidade de recursos para custeio apresenta um crescimento de 4,94%, o que mostra a similaridade entre as soluções encontradas no que concerne às atividades algodão mocô+milho+feijão e algodão mocô com dois ou mais anos, que apresentam uma maior utilização da área agricultável ao longo da fronteira, enquanto que o consórcio milho+feijão apresenta-se estável<sup>15/</sup>.

#### 4.1.2 - O "plano de subsistência"

O plano A da fronteira renda-risco representa o plano de subsistência para os produtores do semi-árido cearense, analisados nesta pesquisa. Este plano, apresentado na Tabela 4, é definido como "a combinação eficiente de atividades com a qual ele obterá a renda necessária para sua sobrevivência<sup>16/</sup>."

Observa-se que para uma renda esperada de Cr\$ 900,00 mil, o produtor teria o menor coeficiente de variação da fronteira, utilizaria somente 35,3% de sua força de trabalho familiar e usaria 93,5% da área agricultável disponível.

Seriam necessários recursos da ordem de Cr\$ 472,1 mil para atender as necessidades de custeio dessas explorações.

<sup>15/</sup> O consórcio milho+feijão tem sua área fixada em um limite máximo de um hectare em função da disponibilidade de áreas propícias a seu cultivo e a problemas de mercado. Para detalhes ver item 3.2.3.

<sup>16/</sup> Esta renda foi determinada conforme critérios estabelecidos pela FAO e equivale a US\$ 500,00 por família/ano, que ao câmbio de julho/84 representa Cr\$ 900.000,00.

#### 4.1.3 - O "plano ótimo"

Considerando-se um coeficiente de aversão da ordem de  $-0,1 \times 10^{-5}$ , conforme estimado por DILLON e MESQUITA (1976) para o município de Canindê, representativo da região semi-árida cearense, estimou-se o Plano Ótimo de atividades para a situação atual. Este plano, bem como os planos ótimos referentes as demais simulações deste trabalho, estão representados na TABELA 8.

A coluna PO-1 da Tabela 8 indica o "Plano Ótimo" conforme situação atual dos pequenos produtores da região semi-árida do Estado do Ceará.

Com este plano, o agricultor obteria um incremento de 5,95% da renda em relação ao plano de subsistência, enquanto que a área agricultável cresceria em 6,67%. A utilização da mão-de-obra familiar apresentaria um incremento de 4,96%, e a necessidade de recursos para custeio aumentaria em 4,68%.

Estes incrementos são observados graças à maior utilização de área nas atividades algodão mocô + milho + feijão e algodão mocô com dois anos ou mais. O consórcio milho + feijão não apresenta variabilidade na área cultivada.

Se confrontarmos esses resultados com os obtidos na situação atual resultante da pesquisa da CEPA/CE, apresentando na Tabela 2 observamos um incremento de cerca de 2% na renda esperada e de 3% na força de trabalho empregada.

#### 4.2 - Resultados Obtidos Introduzindo-se Novas Atividades com Tecnologias Melhoradas

Visando aumentar a renda do produtor e mensurar os impactos no nível de risco e no uso dos recursos, introduziu-se as explorações dos consórcios de algodão herbáceo-feijão e sorgo + feijão no modelo. Estas atividades apre-

sentam um nível tecnológico mais elevado em relação ao tradicional utilizado na região estudada, tendo, em consequência, maiores rendimentos por hectare <sup>17/</sup>.

#### 4.2.1 - Análise dos planos eficientes

A fronteira renda-risco desta situação está representada na FIGURA 6 enquanto os planos eficientes encontram-se na TABELA 5.

Observa-se que a introdução de novas atividades promove um crescimento de renda esperada de 55,24% entre o plano de subsistência (Plano A) e de renda máxima (Plano M) da fronteira renda-risco, apresentando nesse intervalo um incremento de 9,74% do coeficiente de variação.

A partir do plano A, a área agricultável apresenta um aumento de 0,67 ha correspondendo a uma variação de 15,42%. A princípio, observa-se a introdução da atividade sorgo + feijão (a partir do plano E), ocorrendo desde então, uma substituição de área das explorações com algodão mocó para este consórcio. Esta substituição se dá até o limite de um hectare para o consórcio sorgo + feijão, devido às restrições auxiliares impostos pelo modelo <sup>18/</sup>. Também os consórcios algodão herbáceo + feijão e milho + feijão apresentam aumentos gradativos de área cultivada até atingir o limite máximo de área estipulado para os mesmos.

Como na situação atual, a mão-de-obra não constitui fator limitante, mesmo tendo sido observado um incremento de 47,50% de seu uso, entre os planos limites apresentados na TABELA 5. Por outro lado, observa-se uma crescente necessidade de recursos para custeio, observando-se a variação de 48,15% entre os planos considerados (A e M).

<sup>17/</sup> Para detalhes ver item 2.2.

<sup>18/</sup> Para detalhes ver item 3.2.5.

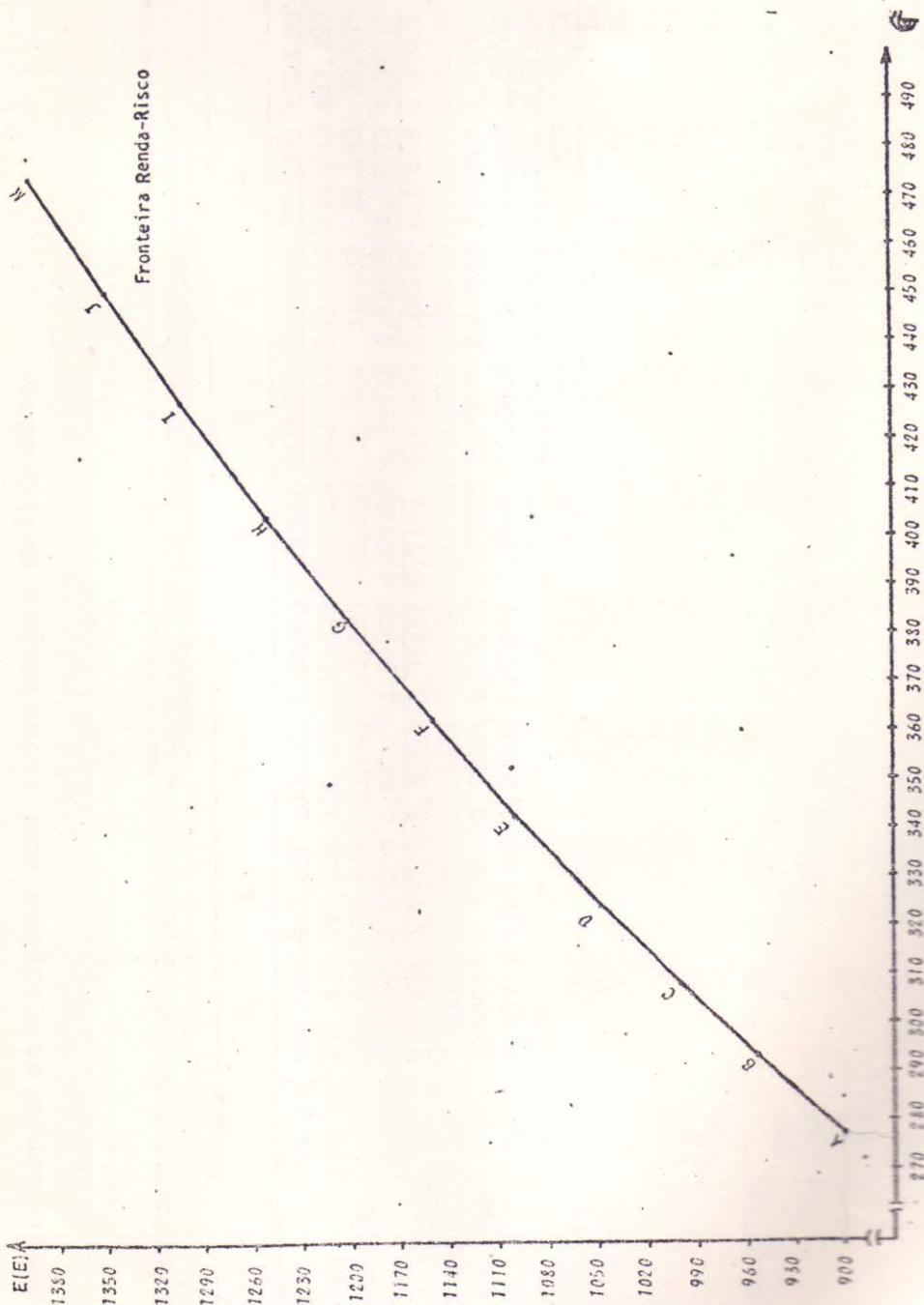


FIGURA 6 - Fronteira Renda-Risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense incluindo novas atividades com tecnologias melhoradas.

TABELA 5 - Planos Eficientes de produção para uma fazenda do semi-árido cearense, introduzindo-se novas atividades com tecnologias melhoradas.

Discriminação	Unidade	Soluções da Programação Quadrática										Solução da Programação Linear	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	(M)	(M)
- Renda Esperada	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	900,000	950,000	1,000,000	1,050,000	1,100,000	1,150,000	1,200,000	1,250,000	1,300,000	1,350,000	1,397,185	
- Desvio Padrão (σ)	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	277,615	299,038	308,467	324,329	342,729	362,410	383,190	404,897	427,392	450,556	472,940	
- Coeficiente de Variação	%	30,846	30,846	30,847	30,889	31,157	31,514	31,932	32,392	32,876	33,374	33,849	
- Área Cultivada	ha	4,33205	4,57277	4,82307	4,99792	4,99984	4,99978	4,99976	4,99972	4,99969	4,99967	5,00000	
. Alg. moco + milho + feijão	ha	0,67985	0,75764	0,76213	0,75668	0,71527	0,67904	0,64281	0,60658	0,57035	0,53413	0,50000	
. Alg. moco ≥ 2 anos	ha	2,03955	2,15292	2,28639	2,27004	2,14581	2,03712	1,92843	1,81974	1,71105	1,60239	1,50000	
. Alg. herbáceo + feijão	ha	0,69058	0,72888	0,77455	0,97120	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	
. Milho + feijão	ha	0,92213	0,97333	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	
. Sorgo + feijão	ha	-	-	-	-	0,13875	0,28362	0,42852	0,57340	0,71829	0,86315	1,00000	
- Mão-de-obra Utilizada		160	168	177	190	197	204	211	217	224	230	236	
. Mão-de-obra familiar		160	168	177	190	197	204	211	217	224	230	236	
.. Período 1	hd	26	27	29	31	32	33	34	35	36	37	37	
.. Período 2	hd	30	32	34	37	39	40	42	43	45	46	48	
.. Período 3	hd	55	58	61	65	67	70	72	74	76	78	81	
.. Período 4	hd	49	51	53	57	59	61	63	65	67	69	70	
. Mão-de-obra contratada		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 1	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 2	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 3	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 4	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- Custeio total	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	556,685	587,609	617,166	664,309	690,624	713,191	735,748	758,309	780,868	803,433	824,726	

FONTE: Valores computados.

#### 4.2.2 - O "Plano de subsistência"

O plano associado à renda de subsistência está representado pelo ponto A da FIGURA 6.

Ao relacionar-se este plano de subsistência com o mesmo plano da situação atual, observa-se uma redução no nível de "risco" com a introdução de novas atividades, calculada em 3,11% em termos do coeficiente de variação (Tabela 5).

A área destinada às culturas, também é reduzida em 7,34%, equivalente a uma área de 0,34 ha. O consórcio algodão herbáceo + feijão substitui não só parte da área plantada com mocó (consórcio algodão mocó + milho + feijão e algodão mocó com dois anos ou mais) como também utiliza parte da área ocupada com consórcio milho + feijão. O consórcio sorgo + feijão, por apresentar alto risco, não entra nesse plano.

Apesar da redução na área cultivada, observa-se um incremento do uso da mão-de-obra de 13,5%, implicando na melhor utilização deste fator. Semelhantemente, os recursos destinados ao custeio das explorações previstas necessitarão de um adicional de 17,91% em relação às necessidades de custeio do plano de subsistência da situação atual, o que se justifica, sobretudo, pelo uso adicional do fator trabalho.

#### 4.2.3 - O "plano ótimo"

O plano PO-2 da Tabela 8 representa o "Plano Ótimo" quando se introduz novas atividades à situação atual, estimado com base no coeficiente de aversão encontrado por DILLON E MESQUITA (1976).

Este plano apresenta uma renda esperada de Cr\$1.255,86 mil e um coeficiente da variação de 32,447%. Utiliza quase a totalidade da área disponível, emprega 217 homens/dia de força de trabalho e necessita de Cr\$ 790,92 mil para cobrir os custos operacionais.

Comparando-se com o "Plano Ótimo" da situação atual, observa-se um incremento de 31,71% na renda, um crescimento de 0,26% na área cultivada e uma elevação de 1,79% do coeficiente de variação (risco).

A utilização da força de trabalho cresce em 46,62%, enquanto que os custos operacionais aumentam em 53,97%. Quanto à alocação do fator terra, os consórcios algodão herbáceo + feijão e sorgo + feijão passam a ocupar 39,9% da área ocupada com algodão arbóreo. Isto se deve, provavelmente, à relação "renda/risco" dessas atividades.

#### 4.3 - Resultados Obtidos com um Incremento de 40% na área Agricultável

Com o fim de observar os impactos na renda familiar do produtor da região promoveu-se ampliação da fronteira agrícola, incrementando em 40% as áreas agricultáveis das propriedades em estudo. Do ponto de vista técnico esta expansão é perfeitamente viável dado a área ociosa e/ou com exploração pecuária, observada no modelo de exploração típico, a disponibilidade de mão-de-obra existente e a baixa produção agrícola estadual.

##### 4.3.1 - Análise dos planos eficientes

A Tabela 6 apresenta os planos eficientes de produção, caso ocorra um incremento de 40% na área disponível para as explorações agrícolas considerando apenas as culturas e as tecnologias atuais. Estes planos encontram-se representados na FIGURA 7.

A renda esperada apresenta, do plano inicial (Plano A) ao final (Plano M) um crescimento de 44,36%, enquanto o coeficiente de variação cresce em 1,07%.



As explorações com algodão arbóreo apresentam uma variação crescente em sua área enquanto que o consórcio milho+feijão estabiliza-se no seu limite máximo de área agricultável. No todo, a área cresce 49,72% ou seja 0,23 ha entre os planos A e M.

A mão-de-obra disponível é mais utilizada, havendo um incremento de 36,17% entre os planos limites apresentados mas, mesmo assim, continua não se constituindo fator limitante. Os recursos para custeio variam em 35,36% entre os planos referidos.

#### 4.3.2 - O "plano de subsistência"

O plano de produção A da Tabela 6 indica o "plano de subsistência" dos produtores do semi-árido cearense, quando se pressupõe a ocorrência de um aumento de 40% em sua área agricultável.

Como se esperava, este plano é igual ao "plano de subsistência" da situação atual. Isto significa que o incremento de área não influirá no plano que proporciona uma renda de subsistência, vez que o mesmo necessitaria apenas de 4,67 hectares para atingir aquele nível de renda esperada.

#### 4.3.3 - O "plano ótimo"

O incremento de 40% na área disponível à exploração agrícola propicia o "plano ótimo" representado pelo plano PO-3 da TABELA 8.

A renda esperada deste plano é de Cr\$ 1.192,50 mil, 25,07% superior à renda do "plano ótimo" estimado para a situação atual. Este aumento acontece graças ao incremento de 27,90% da área utilizada na agricultura. O coeficiente de variação, contudo, é 0,21% superior.

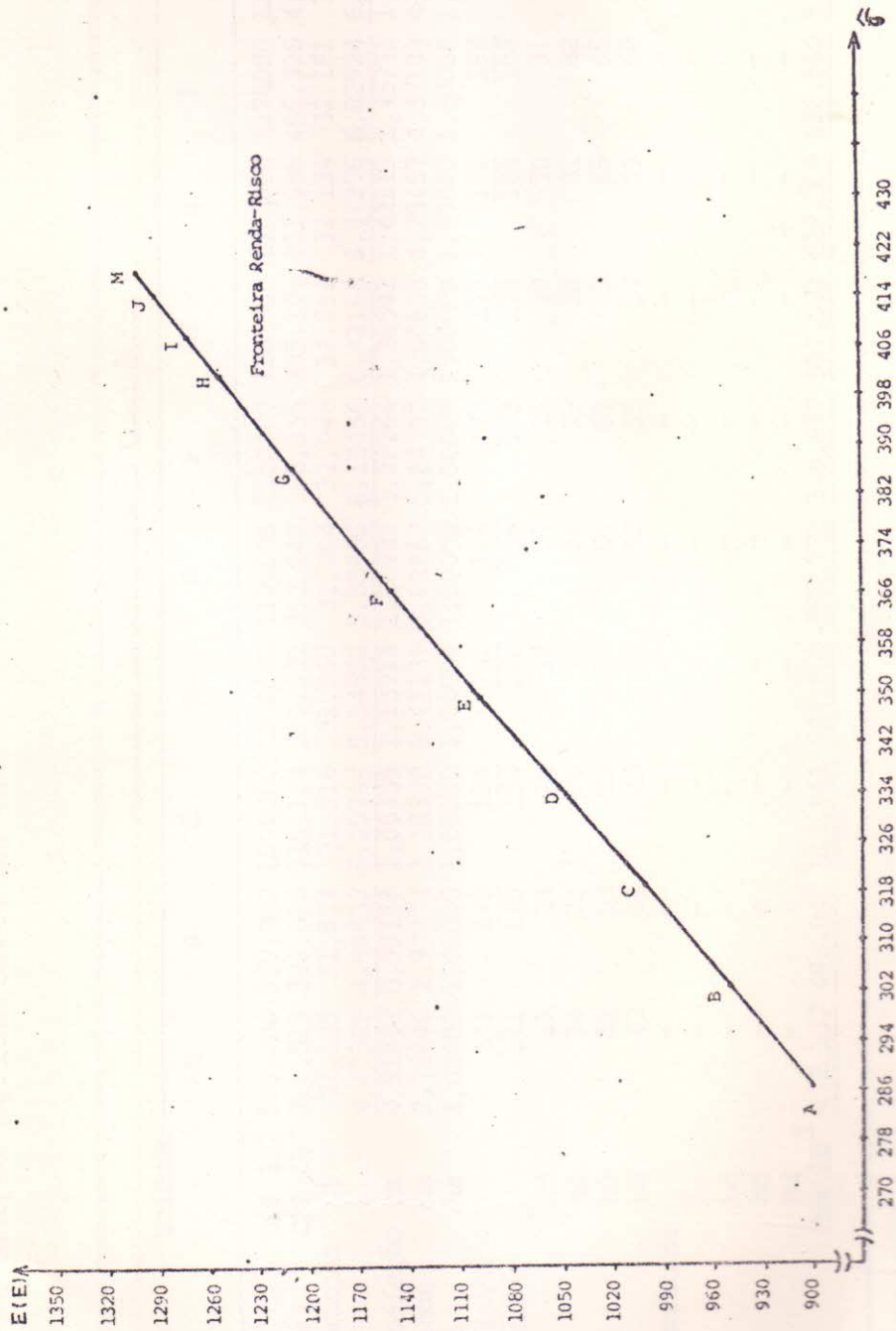


FIGURA 7 - Fronteira Renda-Risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense, considerando um incremento de 40% na área agrícola.

TABELA 6 - Planos Eficientes de produção para uma fazenda do semi-árido cearense, aumentan-  
do-se a área agricultável em 40%.

Discriminação	Unidade	Solução da Programação Quadrática										Solução da Programação Linear (M)	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	J	Linear
- Renda Esperada	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	900,000	950,000	1000,000	1050,000	1100,000	1150,000	1200,000	1250,000	1270,000	1290,000	1,299,272	
- Desvio Padrão (σ)	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	286,517	302,806	319,164	335,581	352,047	368,555	385,104	401,685	408,326	414,971	418,054	
- Coeficiente de Variação %	%	31,835	31,874	31,916	31,960	32,004	32,048	32,092	32,134	32,151	32,168	32,176	
- Área Cultivada	ha	4,67528	4,96632	5,25744	5,54852	5,83956	6,13056	6,42168	6,71276	6,82924	6,94560	7,00000	
.Alg. moco + milho+feijão	ha	0,91882	0,99158	1,00436	1,13713	1,20989	1,28264	1,35542	1,42819	1,45731	1,48640	-	1,50000
.Alg. moco ≥ 2 anos	ha	2,75646	2,97474	3,19308	3,41139	3,62967	3,84792	4,06626	4,28457	4,37193	4,45920	4,50000	
.Milho + feijão	ha	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	
- Mão-de-obra Utilizada	hd	141	148	154	160	166	173	179	185	188	191	192	
.Mão-de-obra familiar	hd	141	148	154	160	166	173	179	185	188	191	192	
.. Período 1	hd	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	32	
.. Período 2	hd	24	25	26	27	28	29	30	31	32	32	32	
.. Período 3	hd	51	53	55	57	59	61	63	65	65	66	66	
.. Período 4	hd	43	36	48	50	52	55	57	59	60	61	62	
.Mão-de-obra contratada	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 1	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 2	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 3	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
.. Período 4	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- Custeio total	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	472,137	493,047	513,951	534,860	555,771	516,687	597,591	619,500	626,860	635,289	639,103	

FONTE: Valores computados.

A área plantada com o consórcio milho + feijão permanece a mesma, dadas as restrições impostas ao modelo. Observa-se, contudo, substanciais acréscimos nas áreas utilizadas com as atividades algodão mocô + milho + feijão e algodão mocô com dois ou mais anos.

#### 4.4 - Resultados Obtidos com a Expansão da Área e Introdução Simultânea de Novas Atividades com Tecnologias Melhoradas

##### 4.4.1 - Análise dos planos eficientes

A FIGURA 8 mostra a fronteira renda-risco quando se pressupõe, simultaneamente, a expansão da área agrícola e a introdução de novas atividades com tecnologias melhoradas. Os dados referentes ao planos eficientes estimados estão na TABELA 7.

Como esperado, os resultados desta simulação apresenta-se como os melhores entre os estudados, proporcionando uma variação de renda esperada de 93,41%, entre a "renda de subsistência" e a "renda máxima", definidas pelos pontos A e M da TABELA 7. O coeficiente de variação tem um incremento de 6,55% entre estes pontos. A área agricultável apresenta um crescimento de 61,59%, equivalente a 2,67 ha.

Observa-se que o algodão arbóreo apresenta um crescimento gradativo de área até o plano G, sendo a partir daí substituído gradativamente pelo consórcio sorgo + feijão. Observa-se que esta atividade (sorgo+feijão), assim como algodão herbáceo + feijão e milho + feijão, tem suas áreas respectivas, limitadas em um hectare<sup>19/</sup>.

Mesmo nesta situação, a mão-de-obra não se constitui em um fator limitante, apesar de apresentar um incremento

<sup>19/</sup> Para detalhes ver item 3.2.5.

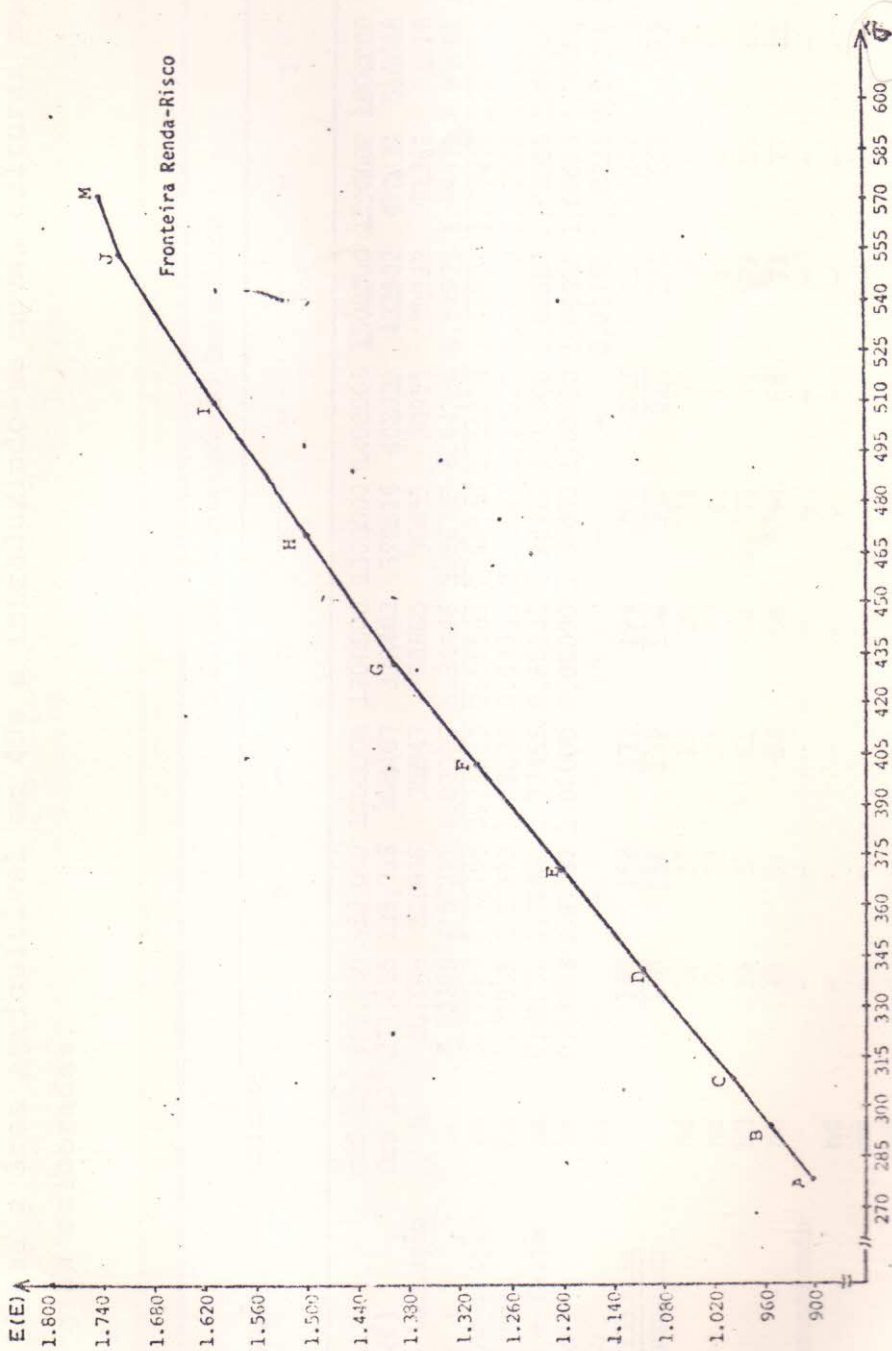


FIGURA 8 - Fronteira Renda-Risco para uma fazenda típica do semi-árido cearense, considerando simultaneamente a expansão da área agricultável e a introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas.

TABELA 7 - Plano Eficiente de produção para uma fazenda do semi-árido cearense, expandindo-se a área agricultável em 40% e introduzindo-se novas culturas com técnicas melhoradas.

Discriminação	Unidade	Solução da Programação Quadrática										Solução da Programação Linear (M)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
- Renda Esperada	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	900,000	950,000	1000,000	1200,000	1300,000	1400,000	1500,000	1500,000	1600,000	1700,000	1740,726
- Desvio Padrão (σ)	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	277,615	299,038	308,467	339,462	370,616	402,021	433,902	470,434	510,688	553,855	572,119
- Coeficiente de Variação	%	30,846	30,846	30,847	30,860	30,855	30,925	30,993	31,362	31,918	32,580	32,867
- Área Cultivada	ha	4,33205	4,57277	4,82307	5,34446	5,86703	6,44296	6,99979	6,99971	6,99968	6,99958	7,00000
.Alg. monocultivo+feijão	ha	0,67985	0,71764	0,76213	0,86581	0,96948	1,11074	1,24681	1,17434	1,10190	1,02943	1,00000
.Alg. monoc. ≥ 2 anos	ha	2,03955	2,15292	2,28639	2,59743	2,90844	3,33222	3,74043	3,52302	3,30570	3,08829	3,00000
.Alg. herbáceo + feijão	ha	0,69052	0,72888	0,77455	0,88122	0,98911	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
.Milho + feijão	ha	0,92213	0,97333	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
.Sorgo + feijão	ha	-	-	-	-	-	-	0,01255	0,30235	0,59208	0,88186	1,00000
- Mão-de-Obra Utilizada		160	168	177	194	209	223	236	249	262	274	280
.Mão-de-obra familiar		160	168	177	194	209	223	236	249	262	274	280
.. Período 1	hd	26	27	29	32	34	37	39	41	42	44	45
.. Período 2	hd	30	32	34	37	40	43	45	48	51	54	55
.. Período 3	hd	55	58	61	66	71	75	79	83	88	92	94
.. Período 4	hd	49	51	53	59	64	68	73	77	81	84	86
.Mão-de-obra contratada		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
.. Período 1	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
.. Período 2	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
.. Período 3	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
.. Período 4	hd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Custo Total	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	556,685	587,609	617,166	673,262	729,397	772,675	814,643	859,761	904,886	950,005	968,383

FONTE: Valores computados.

de 75,0% entre os planos limitrofes da TABELA 7. A necessidade de recursos para custeio apresenta uma variação de Cr\$ Cr\$411,70 mil que corresponde a 73,96% entre os referidos planos.

#### 4.4.2 - O "plano de subsistência"

O plano A da TABELA 7 constitui o "plano de subsistência" pressupondo-se a ocorrência simultânea da expansão de 40% da área agricultável e da introdução de novas atividades com tecnologias melhoradas.

Este plano apresenta o mesmo resultado do "plano de subsistência" da TABELA 5, característicos da situação em que se introduz novas atividades com tecnologias melhoradas. Este fato ocorre porque o incremento da área não afeta o plano de subsistência.

#### 4.4.3 - O "plano ótimo"

A combinação ótima das atividades para esta simulação é definida pelo plano PO-4 da TABELA 8.

Estima-se uma renda esperada de Cr\$ 1.498,63 mil, que representa um incremento de 57,17% em relação ao "plano ótimo" da situação atual. Por sua vez, a área utilizada na agricultura é incrementada em 2,01 ha, equivalente a 40,36%, enquanto que o coeficiente de variação apresenta um decréscimo de -0,52 pontos percentuais.

A área plantada com o consórcio sorgo + feijão é relativamente pequena em função do alto risco dessa atividade. Por outro lado, os consórcios algodão herbáceo + feijão e milho + feijão são plantados em toda a área destinada a sua exploração.

TABELA 8 - Planos ótimos de produção para uma fazenda típica do semi-árido cearense.

Discriminação	Unidade	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4
- Renda Esperada	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	953,490	1.255,861	1.192,506	1.498,632
- Desvio Padrão	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	303,946	407,495	382,643	469,907
- Coeficiente de Variação	%	31,877	32,447	32,087	31,356
- <u>Área Cultivada</u>		<u>4,98696</u>	<u>4,99971</u>	<u>6,37844</u>	<u>6,99973</u>
.Alg. mocô+milho+feijão	ha	0,99674	0,60240	1,34461	1,17540
.Alg. mocô ≥ 2 anos	ha	2,99022	1,80720	4,03383	3,52620
.Alg. herbáceo + feijão	ha	-	1,00000	-	-
.Milho + feijão	ha	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
.Sorgo + feijão	ha	-	0,59011	-	0,29813
- <u>Mão-de-Obra Utilizada</u>		<u>148</u>	<u>217</u>	<u>178</u>	<u>249</u>
.Mão-de-obra familiar	hd	148	217	178	249
.. Período 1	hd	24	35	29	41
.. Período 2	hd	25	43	30	48
.. Período 3	hd	53	74	62	83
.. Período 4	hd	46	65	57	77
.Mão-de-obra contratada	hd	-	-	-	-
.. Período 1	hd	-	-	-	-
.. Período 2	hd	-	-	-	-
.. Período 3	hd	-	-	-	-
.. Período 4	hd	-	-	-	-
- <u>Custeio Total</u>	Cr\$ 10 <sup>3</sup>	<u>494,212</u>	<u>760,923</u>	<u>594,484</u>	<u>859,118</u>

FONTE: Valores computados.

CONVENÇÕES:

PO-1: Plano ótimo para a situação atual;

PO-2: Plano ótimo introduzindo-se novas culturas com tecnologias melhoradas;

PO-3: Plano ótimo expandindo-se a área agricultável em 40%;

PO-4: Plano ótimo com expansão da área agricultável e a introdução de novas culturas com tecnologias melhoradas.



## 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A pesquisa mostra que na análise dos planos ótimos, o nível de renda aumenta consideravelmente (57%) nas pequenas propriedades típicas do semi-árido cearense quando se compara o incremento da área disponível para as atividades agrícolas com introdução de novas atividades com tecnologias melhoradas e a situação atual. Este aumento se dá muito mais pela introdução de atividades com inovação tecnológicas do que pelo incremento da área agricultável. Isoladamente, a introdução dos consórcios algodão herbáceo + feijão e sorgo + feijão usando níveis tecnológicos mais elevados do que os tradicionalmente utilizados, promove um acréscimo na renda do plano ótimo de 32%, enquanto que o incremento de 40% da área disponível à exploração agrícola amenta neste plano, em apenas 25% a renda esperada, em relação a situação atual.

Por outro lado, dentre as simulações estudadas, tanto no plano de subsistência como no plano ótimo, a hipótese que apresenta o menor risco, definido pelo coeficiente de variação da renda, é a que combina a expansão da área agricultável e a introdução de novas atividades com tecnologias melhoradas.

A simulação envolvendo, simultaneamente, novas atividades e expansão de área, também resulta numa melhor distribuição do uso da mão-de-obra familiar, promovendo, no plano ótimo, seu incremento a 89% em relação ao mesmo plano da situação atual.

De um modo geral, os resultados sugerem que através da introdução de atividades produtivas e da expansão da área agrícola os agricultores conseguem diminuir o risco, aqui entendido como variância da renda esperada, para um dado nível de renda.

No plano ótimo, a substituição do algodão arbóreo pe lo algodão herbáceo e/ou pelo sorgo, apresentou-se como uma

setor primário, tais como os impactos na renda dos produtores rurais que os programas de preços mínimos e de subsídio a alguns insumos produtivos teriam sobre a expansão da área cultivada, ou mesmo sobre o nível de risco associado às atividades agrícolas. A compreensão de seus resultados será útil sobretudo na orientação dos programas de pesquisa, extensão rural, crédito, reestruturação fundiária, fomento ou estímulo à produção. Finalmente, sugere-se para futuras pesquisas, estudos sobre os mecanismos de comercialização existentes na região; avaliação de outras tecnologias e alternativas de produção; e, estudos sobre risco e produção agrícola incluindo diferentes tamanhos de propriedades e tipos de exploração.

6 - LITERATURA CITADA

- 1 - ANDERSON, J. R. Risk aversion and polynomial preferense. Aust. Econ. Paper, 12(21): 261-2, 1973.
- 2 - \_\_\_\_\_, Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research. R. Marketing Agric. Econ., 42(3): 131-84, 1974.
- 3 - \_\_\_\_\_, DILLON, J. L. & HARDAKER, J.B Agricultu-  
ral decision analysis. Ames, The Iowa State Univer-  
sity Press, 1977, 344p.
- 4 - BARROSO, L.V. Atitudes dos produtores de abacaxi em rela-  
ção ao risco-Estado da Paraíba.DEA-UFC, 1985. 75p. (Te-  
se de Mestrado).
- 5 - BAUMOL, W.J. An expected gain-confidence limit criterion  
for portfolio selection. Management Science, 10(1):  
174-82, 1963.
- 6 - BARRY, P.J. & FRASER, D.R. Risk management in primary  
agricultural production: methods, distribution, re-  
wards and strutural implications.AJAE,58(2):286-95,1976.
- 7 - BISERRA, J.V. Uncertainty and decision analysis on large  
sharecropped farms in Northeast Brasil.The Ohio State  
University, 1980. 232 p. (Dissertação PhD).
- 8 - BREGALDA , P.F., OLIVEIRA, A.F. & BORNESTEIN, C.T. Intro-  
dução a programação linear. Rio, Campus, 1981.259 p.
- 9 - BROWN, R.V., KAHAR, A.S., & PETERSON, C. Decision analy-  
sis: a overview. New York, HOIT, Rinehart and Winston,  
1974. 84 p.

- 10 - CHEN, J.T. A linear alternative to quadratic and semi-variance programming for farm planing under uncertainty: comment. American Journal of Agricultural Economics, 53(4): 662-64, 1971.
- 11 - \_\_\_\_\_, & BAKER, C.B. Marginal risk constraint linear program for activities analysis. American Journal of Agricultural Economics, 56(3): 622-27, 1974.
- 12 - CEPA-CE. Caracterização do Processo Produtivo. Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural-PAPP/Projeto Nordeste. 1984.
- 13 - CRUZ, E.R. da. Importância das atitudes dos agricultores ao risco de decisões de produção. Revista de Economia Rural, 18(1): 89-114, 1980.
- 14 - \_\_\_\_\_, PACTA-Programa de avaliação comparativa de tecnologias alternativas: guia do usuário. EMBRAPA-DDM, 1980. 7 p.
- 15 - \_\_\_\_\_, Aspectos teóricos sobre a incorporação de risco em modelos de decisão. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984.
- 16 - DILLON, J.L. An expository review of Bernoullian decision theory. R. Marketing of Agricultural Economics, 39 (1): 1-80, 1971.
- 17 - \_\_\_\_\_, & ANDERSON, J.R. Allocative efficiency, traditional agriculture and risk. American Journal of Agricultural Economics, 53(1): 26-32, 1971.
- 18 - \_\_\_\_\_, & MESQUITA, T.C. Atitudes dos pequenos agricultores do Sertão do Ceará diante do risco. DEA-UFC, Série Pesquisa nº 12, 1976. 25 p.
- 19 - \_\_\_\_\_, & SCANDIZZO, P.L. Risk attitudes of subsistence farmers in Northeast Brasil: A sampling approach. American Journal of Agricultural Economics, 60(3): 425-34, 1978.

- 20 - DILLON, J.L., & SCANDIZZO, P.L. Atitudes dos agricultores nordestinos de subsistência em relação ao risco. DEA-UFC, série Pesquisa nº 17, 1976. 24 p.
- 21 - FELDSTEIN, M.S. Mean-variance analysis in the theory of liquidity preference and portfolio selection. Review of Economic Studies, 36(1): 5-11, 1969.
- 22 - FREUND, R.J. The introduction of risk into a programming model. Econometrica, 24 (3): 253-63, 1956.
- 23 - Fundação Getulio Vargas, Conjuntura Econômica, 1985.
- 24 - HADLEY, G. Linear programming. Reading, Massachussets, Addison Wesley, 1962. 519 p.
- 25 - HAZELL, P.B.R. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. American Journal of Agricultural Economics, 53 (1): 53-62, 1971.
- 26 - \_\_\_\_\_, Farmers expectations, risk aversion and market equilibrium under risk. American Journal of Agricultural Economics, 59 (1): 204-09, 1977.
- 27 - HEADY, E O. & CANDLER, W. Linear programming methods. Ames, The Iowa State University Press, 1958.
- 28 - HO, S.P.S. Uncertainty and the choice of tenure arrangements: some hypotheses. American Journal of Agricultural Economics, 58 (1): 88-92, 1976.
- 29 - HOLANDA, A.D. Alternativas tecnológicas para a agricultura da região Seridó (RN), sob condições de risco. DEA-UFC, 1979. 115 p. (Tese Mestrado).
- 30 - \_\_\_\_\_, & SANDERS, J.H. Avaliação da introdução de novas tecnologias para pequenos e médios agricultores sob condições de risco - O Sertão do Rio Grande do Norte. DEA-UFC, 1975.

- 31 - JOHNSON, A.W. Sharecroppers of the sertão: Economics and dependence on a brasilian plantation. Standfor University Press, 1971.
- 32 - \_\_\_\_\_, S.R. A reexamination of the farm diversification problem. Journal of Farm Economics, 49 (3): 610-29, 1967.
- 33 - LOW, A.R.C. Decision taking under uncertainty: A linear programming model of peasant farmer behaviour. Journal of Agricultural Economics, 25 (3): 311-21, 1974.
- 34 - MARCA, I. Combinação ótima de atividades agrícolas para o projeto integrado de colonização de Altamira-Pará. DEA-UFC, 1985. 73 p. (Tese de Mestrado).
- 35 - MARKOWITZ, H. Portfolio selection. Journal of Finance, 7(1): 77-91, 1952.
- 36 - McCARL, B.A et alli. Quadratic programming application in the decision sciences: A tutorial. Journal of Agricultural Economics, 25(2): 61-76, 1974.
- 37 - PASTORE, J. Decisões em condições de incerteza na agricultura. Revista de Economia Rural, Tomo I:65-84, 1975.
- 38 - PATRICK, G.F. Efeitos de programas alternativos do Governo sobre a agricultura do Nordeste. Pesquisa e Planejamento Econômico, 4(1): 49-82, 1974.
- 39 - PEIXOTO, H. Determinação de "portfolios" de venda para soja, face ao risco do mercado. Revista de Economia Rural, 15:105-19, 1977.
- 40 - PERES, F.C. Planejamento da empresa agrícola em condições de risco. EMBRAPA-DEP, 1984.
- 41 - PYLE, D.H. & TURNOVSKY, S.J. Safety-first and expected utility maximization in mean-standard deviation

- portfolio analysis. Review of Economics and Statistic, 52(1): 75-81, 1970.
- 42 - QUIRK, J.P. & SAPOSNIK, R. Admissibility and measurable utility function. Review Economics Studies, 29: 140-46, 1962.
- 43 - SCHLUTER, M.G.G. & MOUNT, T.D. Management objectives of the peasant farmer: An analysis of risk aversion in the choice of cropping pattern, Surat District, India. DAE, Cornell University, 1974.
- 44 - SCHULTZ, T.W. Transforming traditional agriculture. Yale University Press, 1964.
- 45 - TOBIN, J. Liquidity preference as behaviour towards risk. Review of Economics Studies, 25(1): 65-86, 1958.
- 46 - WIENS, T.B. Peasant risk aversion and allocative behaviour: A quadratic programming experiment. American Journal of Agricultural Economics, 58 (4): 629-35, 1976.

## APÊNDICE A

### OS DADOS

O modelo prevê a utilização de uma série temporal de dados para retratar o efeito exercido sobre os rendimentos físicos por hectare das culturas selecionadas, no período 1963-1984. A partir desta série de 22 anos, foram calculadas as variações percentuais entre os rendimentos de cada ano em relação ao ano base de 1984, para cada cultura, como mostra a TABELA A.1. Em seguida foi gerada uma nova série temporal de rendimentos para aquelas culturas em consórcio sendo então aplicadas as variações percentuais encontradas anteriormente sobre os rendimentos de cada cultura consorciada disponíveis para 1984, obtidos diretamente da pesquisa realizada pela CEPA/CE. (TABELA A.2).

Em virtude da falta de informações sobre a cultura de sorgo, para o período 1963-1972, fez-se a pressuposição de que seu rendimento iria variar na mesma proporção da variação do milho, no mesmo período. As demais informações foram obtidas do IBGE/GCEA.

As variações ocorridas nos preços dos produtos são, também, fontes de risco, e para captar seus efeitos sobre a renda do produtor, tomou-se como ponto de partida uma série temporal dos preços recebidos pelos produtores da região. Estes preços foram corrigidos para eliminar os efeitos da inflação, e transformados em preços constantes de 1984 (TABELA A.5), usando-se para tal o "Índice Geral de Preços" da Fundação Getúlio Vargas (TABELA A.4).

Observa-se, novamente por falta de dados no período 1963-1972, a pressuposição de que a variação dos preços do sorgo, neste período, seja a mesma variação dos preços de milho.



Para os insumos, foram usados os preços de abril de 1984, também corrigidos para eliminar o efeito da inflação e transformados em preços constantes de julho de 1984 (TABELA A.8), considerado o mês médio de vez que os demais preços se constituem em médias anuais. Convém salientar que o efeito da variação dos preços dos insumos não se constitui uma fonte de risco para o produtor, porque eles são conhecidos antes da escolha do plano de produção da propriedade. Por isto, é dispensável o uso de uma série temporal desses dados.

As TABELAS A.6 e A.7 apresentam os coeficientes técnicos e as necessidades de mão-de-obra por tipo de exploração e por hectare, enquanto a TABELA A.9 apresenta os custos operacionais para um hectare implantado com as diversas atividades.

Obtidas as séries temporais dos rendimentos dos consórcios e dos preços dos produtos, e conhecidos os preços dos insumos, foram calculados respectivamente para cada ano, as receitas brutas, as margens brutas e a margem bruta esperada (MBE), para cada tipo de exploração (TABELAS A.10 e A.11).

As receitas brutas anuais foram obtidas a partir do somatório dos produtos entre o rendimento físico por hectare de cada cultura consorciada e seu preço corrigido.

As margens brutas constituem-se na diferença entre as receitas brutas e o custo por hectare (TABELA A.9) a preços de julho de 1984, excluindo o valor da mão-de-obra. A estimativa da margem bruta esperada (MBE) é dada pela média ao longo dos vinte e dois anos estudados das margens brutas por hectare de cada tipo de exploração.

Finalmente, a partir das margens brutas e usando o processo computacional, determinou-se as variâncias e co-variâncias dos tipos de exploração, satisfazendo-se portanto os requerimentos do modelo (TABELA A.12).

TABELA A.1 - Rendimentos das principais culturas - Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará. 1963/1984.

Anos	Algodão Moco		Algodão Herbáceo		Milho		Feijão		Sorgo (1)	
	kg/ha.	Base: 1984	kg/ha	Base: 1984	kg/ha	Base: 1984	kg/ha	Base: 1984	kg/ha	Base: 1984
1963	217	113,021	305	64,619	1.287	313,902	436	120,110	3.742	238,344
1964	254	132,292	312	66,102	683	166,585	255	70,248	1.986	126,497
1965	239	124,479	594	125,847	1.227	299,268	529	145,730	3.568	227,261
1966	262	136,458	564	119,492	631	153,902	488	134,435	1.835	116,879
1967	254	133,854	461	97,670	1.396	340,488	727	200,275	4.059	258,585
1968	278	144,792	478	101,271	1.088	265,366	695	191,460	3.164	201,529
1969	232	120,833	422	89,407	1.052	256,585	723	199,174	3.059	194,841
1970	139	72,396	89	18,856	199	48,537	114	31,405	579	36,879
1971	254	132,292	598	126,695	1.081	263,659	547	150,689	3.144	200,255
1972	222	115,625	381	80,920	850	207,317	359	98,898	2.472	157,452
1973	241	123,521	603	127,754	619	150,976	365	100,551	1.800	114,650
1974	238	123,958	69	14,619	423	103,171	248	68,320	1.438	91,592
1975	162	84,375	354	75,000	540	131,707	324	89,256	1.800	114,650
1976	141	76,563	250	52,966	335	81,707	145	39,945	1.886	120,127
1877	168	87,500	286	60,593	662	161,463	279	76,860	800	50,955
1978	183	95,313	329	69,703	334	81,963	206	56,749	1.200	76,433
1979	122	63,542	264	55,932	239	58,293	262	72,176	1.400	89,172
1980	101	52,604	335	70,975	149	36,098	72	19,835	1.000	63,694
1981	69	35,938	252	53,390	197	48,049	199	54,821	600	38,217
1982	86	44,792	563	119,280	75	18,293	155	42,700	1.250	79,618
1983	69	35,938	234	49,576	120	29,268	149	41,047	600	38,217
1984	192	100,000	472	100,000	410	100,000	363	100,000	1.570	100,000

FONTE: IBGE/GCEA - CEPA/CE.

(1) Os dados do período 1963/1972 foram estimados conforme a variação do milho para o mesmo período.

TABELA A.2 - Rendimentos das principais explorações - Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará - 1963/1984.

Anos	Algodão + Milho + Feijão Moco (a)	Alg. Moco $\geq$ 2 anos (b)	Alc. Herbaceot + Feijão	Milho + Feijão (kg/ha)	Sorgo + Feijão (kg/ha)
1963	84,766	216,198	258,475	1.883,410	3.575,160
1964	99,219	126,446	264,407	999,512	1.897,450
1965	93,359	262,314	503,390	1.795,610	3.408,920
1966	102,344	241,983	477,966	923,415	1.753,180
1967	100,391	368,496	390,678	2.042,930	3.878,030
1968	108,594	344,628	405,085	1.592,200	3.028,930
1969	90,625	358,512	353,627	1.539,510	2.922,610
1970	54,297	56,529	75,424	291,220	553,185
1971	99,219	271,240	506,780	1.581,950	3.003,820
1972	86,719	178,017	322,881	1.243,900	2.361,780
1973	94,141	603,902	511,017	905,854	1.719,750
1974	92,969	412,633	58,475	619,024	1.373,890
1975	63,281	528,829	300,000	790,244	1.719,750
1976	57,423	326,829	211,864	490,244	1.501,910
1977	65,625	645,854	242,373	968,780	764,321
1978	71,484	325,854	278,814	489,780	1.146,500
1979	47,656	233,171	223,729	349,756	1.337,580
1980	39,453	144,390	283,898	216,585	955,414
1981	26,953	192,195	213,559	288,293	573,248
1982	33,594	73,171	477,119	109,756	1.194,270
1983	26,953	117,073	198,305	175,610	573,248
1984(c)	75,000	400,000	400,000	600,000	1.500,000

FONTE: Tabela A.1 - Calculado a partir do percentual de variação em relação a 1984.

Nota: (a) Algodão Moco de primeiro ano;

(b) Algodão Moco com mais de um ano;

(c) Pesquisa CEPA/CE.

TABELA A.3 - Preços médios correntes a nível de produtor - Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará - 1963/1984.

Anos	Algodão Mocô (Cr\$/kg)	Algodão Herbáceo (Cr\$/kg)	Milho (Cr\$/kg)	Feijão (Cr\$/ks)	Sorgo (1) (Cr\$/kg)
1963	0,08	0,08	0,02	0,05	0,03
1964	0,21	0,22	0,04	0,06	0,05
1965	0,27	0,27	0,07	0,11	0,09
1966	0,28	0,22	0,10	0,27	0,13
1967	0,43	0,39	0,09	0,19	0,11
1968	0,51	0,46	0,10	0,22	0,13
1969	0,53	0,52	0,12	0,26	0,15
1970	1,10	1,02	0,37	0,86	0,46
1971	1,02	0,95	0,33	0,62	0,41
1972	1,05	1,00	0,33	0,52	0,45
1973	2,47	2,31	0,64	1,23	0,80
1974	2,42	2,30	0,63	1,79	0,90
1975	3,05	3,05	0,95	1,48	1,20
1976	7,11	8,39	1,41	3,48	1,21
1977	5,89	5,57	1,29	4,15	1,12
1978	7,34	7,34	2,35	5,49	1,55
1979	12,66	12,66	4,96	13,30	3,20
1980	29,11	29,11	10,37	40,27	7,26
1981	51,74	51,74	26,73	91,75	10,03
1982	72,75	72,75	36,83	86,00	16,65
1983	277,99	277,99	112,28	367,11	70,00
1984	697,66	697,66	263,86	639,56	146,33

FONTE: IBGE/GCEA - CEPA/CE.

(1) Os dados do período 1963/72 foram estimados a partir das variações dos preços do milho por o mesmo período.

TABELA A.4 - Índice Geral de Preços e os Fatores de Correção - 1963/1984.

Base: 1984

Anos	Índice Médio Anual	Fator de Correção
1963	1,96	7.301,8877
1964	3,73	3.836,9168
1965	5,85	2.446,4444
1966	8,08	1.771,2500
1967	10,40	1.376,1250
1968	12,90	1.109,4341
1969	15,50	923,3355
1970	18,60	769,4462
1971	22,40	638,9152
1972	26,20	546,2481
1973	30,20	473,8974
1974	38,80	368,8582
1975	49,60	288,5423
1976	70,10	204,1612
1977	100,00	143,1170
1978	138,70	103,1846
1979	213,50	67,0337
1980	427,50	33,4777
1981	897,30	15,9497
1982	1.753,70	8,1609
1983	4.463,80	3,2062
1984	14.311,70	1,0000

FONTE: FGV - Conjuntura Econômica - Coluna 2- Base:1977.

TABELA A.5 - Preços médios reais a nível de produtor - Zona Agroecológica dos Sertões do Ceará - 1963/1984.

Anos	Algodão Mocoó (Cr\$/kg)	Algodão Herbáceo (Cr\$/kg)	Milho (Cr\$/kg)	Feijão (Cr\$/kg)	Sorgo (Cr\$/kg)
1963	584,151	584,151	146,038	365,094	219,057
1964	805,753	844,122	153,477	230,215	191,846
1865	660,540	660,540	171,251	269,109	220,180
1966	495,950	389,675	177,125	478,237	230,262
1967	591,734	536,689	123,851	261,464	151,374
1968	565,811	510,340	110,943	244,076	144,226
1969	489,368	480,134	110,800	240,067	138,500
1970	846,391	784,835	284,695	661,724	353,945
1971	651,693	606,969	210,842	396,127	261,955
1972	573,560	546,248	180,262	284,049	223,962
1973	1.170,530	1.094,700	303,294	582,894	379,118
1974	892,637	848,374	232,381	660,256	331,972
1975	850,054	880,054	274,115	427,043	346,251
1976	1.451,590	1.712,910	287,867	710,481	247,035
1977	842,959	797,162	184,621	593,936	160,291
1978	757,375	757,375	242,484	566,483	159,936
1979	848,647	848,647	332,487	891,549	214,508
1980	974,535	974,535	347,163	1.348,150	243,048
1981	825,239	825,239	426,336	1.463,390	159,976
1982	593,703	593,703	300,564	701,834	135,878
1983	891,283	891,283	359,989	1.177,020	224,432
1984	697,660	697,660	263,860	639,560	146,330

FONTE: Tabelas A.3 e A.4

TABELA A.6 - Coeficiente técnicos por tipo de exploração e por hectare - Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará.

Discriminação	Unidade	Alg. Moço + Milho + Feijão	Alg. Moço ≥ 2 anos	Alg. Herbáceo + Feijão	Milho + Feijão	Sorgo+feijão
<b>SEMENTES</b>						
. Algodão moço	kg	5,0	-	-	-	-
. Algodão herbáceo	kg	-	-	15,0	-	-
. Milho	kg	6,0	-	-	12,0	-
. Feijão	kg	4,0	-	8,0	8,0	5,0
. Sorgo	kg	-	-	-	-	5,0
<b>DEFENSIVOS</b>						
. Inseticida	lt	-	-	2,0	0,5	1,0
. Fomicida	kg	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0
SACARIA	m	5,0	-	3,0	7,0	15,0
MÃO-DE-OBRA (1)	H/D	52,0	12,0	65,0	60,0	67,0
<b>RENDIMENTO</b>						
. Algodão moço	kg	75,0	210,0	-	-	-
. Algodão herbáceo	kg	-	-	400,0	-	-
. Milho	kg	400,0	-	-	600,0	-
. Feijão	kg	180,0	-	200,0	280,0	320,0
. Sorgo	kg	-	-	-	-	1.500,0

FONTE: CEPA/CE. - Projeto Nordeste.

(1) Detalhamento da mão-de-obra na Tabela A.7.

TABELA A.7 - Necessidade (período/mês) de mão-de-obra por tipo de exploração.

Discriminação	Alg. Mocó + Milho + Feijão	Alg. Mocó ≥ 2 anos	Alg. Herbáceo + Feijão	Milho + Feijão	Sorgo + Feijão
PERÍODO I (Preparo da área)					
• Novembro	9,0	2,0	11,0	9,0	10,0
• Dezembro	2,0	1,0	3,0	2,0	2,0
• Janeiro	4,0	-	5,0	4,0	4,0
	3,0	1,0	3,0	3,0	4,0
PERÍODO II (Plantio)					
• Fevereiro	9,0	2,0	16,0	10,0	14,0
• Março	3,0	-	6,0	3,0	6,0
	6,0	2,0	10,0	7,0	8,0
PERÍODO III (Tratos culturais/colheita)					
• Abril	21,0	2,0	19,0	26,0	22,0
• Maio	10,0	2,0	8,0	11,0	7,0
• Junho	7,0	-	7,0	9,0	7,0
	4,0	-	4,0	6,0	8,0
PERÍODO IV (Colheita)					
• Julho	13,0	6,0	19,0	15,0	21,0
• Agosto	2,0	-	8,0	4,0	10,0
• Setembro	4,0	1,0	11,0	4,0	8,0
• Outubro	4,0	3,0	-	5,0	3,0
	3,0	2,0	-	2,0	-
TOTAL	52,0	12,0	65,0	60,0	67,0

FONTE: CEPAC/CE.



TABELA A.8 - Preços dos insumos/fatores a nível de produtor.

(Cr\$ de Julho/1984)

Discriminação	Unidade	Custo Unitário (Cr\$ 1,00)
SEMENTES		
. Algodão mocô	kg	1.115
. Algodão herbáceo	kg	1.115
. Milho	kg	525
. Feijão	kg	1.640
. Sorgo	kg	650
DEFENSIVOS		
. Inseticida	kg	8.600
. Formicida	kg	2.570
MÃO-DE-OBRA		
. Trabalhador rural	hd	3.000
OUTROS		
. Sacos	ud	260

FONTE: EMATERCE-CODAGRO.

TABELA A.9 - Custos operacionais por hectare para os tipos de explorações utilizados no modelo

Discriminação	(Cr\$ de Julho de 1984)				
	Alg. Mocó + Milho + Feijão	Alg. Mocó ≥ 2 anos	Alg. Herbáceo + Feijão	Milho + Feijão	Sorgo + Feijão
<u>INSUMOS</u>					
. Sementes	15.285	-	29.845	19.420	11.450
. Defensivos	2.570	1.285	19.770	6.870	11.170
. Outros (sacaria)	1.300	-	780	1.820	3.900
TOTAL DOS INSUMOS	<u>19.455</u>	<u>1.285</u>	<u>50.395</u>	<u>28.110</u>	<u>26.520</u>
<u>MÃO-DE-OBRA</u>					
. PERÍODO I	27.000	6.000	33.000	27.000	30.000
. PERÍODO II	27.000	6.000	48.000	30.000	42.000
. PERÍODO III	63.000	6.000	57.000	78.000	66.000
. PERÍODO IV	39.000	18.000	57.000	45.000	63.000
TOTAL DE MÃO-DE-OBRA	<u>156.000</u>	<u>36.000</u>	<u>195.000</u>	<u>180.000</u>	<u>201.000</u>
TOTAL	175.455	37.285	245.395	208.110	223.520

FONTE: Tabelas A.6 à A.8

TABELA A.10 - Receita bruta por hectare para os tipos de explorações utilizados no modelo -1963/1984.

Anos	(Cr\$ de Julho de 1984)				
	Alg. Mocó + Milho + Feijão (Cr\$/ha)	Alg. Mocó $\geq$ 2 anos (Cr\$/ha)	Alg. Herbáceo + Feijão (Cr\$/ha)	Milho + Feijão (Cr\$/ha)	Sorgo + Feijão (Cr\$/ha)
1963	311.815	138.645	238.691	397.834	923.481
1964	211.323	223.848	255.536	198.684	415.769
1965	337.259	172.669	410.944	417.308	876.071
1966	275.523	142.121	314.835	343.577	609.427
1967	322.340	166.333	314.402	399.640	754.599
1968	263.321	172.042	300.192	307.490	585.525
1969	244.135	124.177	267.339	304.460	557.791
1970	138.635	128.678	100.758	141.091	262.298
1971	394.467	181.049	426.984	500.679	977.881
1972	249.789	139.268	232.557	302.885	618.843
1973	398.853	308.543	676.633	438.850	839.540
1974	260.082	232.365	139.825	270.153	600.439
1975	268.712	155.935	340.249	323.343	717.435
1976	228.520	233.388	419.665	220.589	535.931
1977	256.727	154.894	284.510	306.676	268.594
1978	191.020	151.593	275.461	208.534	286.238
1979	233.797	113.241	318.564	296.466	482.837
1980	136.708	107.656	330.149	150.063	317.780
1981	248.586	62.280	336.686	347.538	348.424
1982	95.880	55.845	343.203	116.900	258.173
1983	153.131	67.264	273.372	198.493	283.256
1984	272.989	146.509	406.976	337.393	424.154

FONTE: Tabelas A.2 e A.5.

TABELA A.11 - Margem Bruta (1) e Margem Bruta Esperada (M.B.E) (2) por hectare para os tipos de explorações utilizados no modelo - 1963/1984.

Anos	(Cr\$ de Julho de 1984)				
	Alg. Mocó + Milho + Feijão (Cr\$/ha)	Alg. Mocó ≥ 2 anos (Cr\$/ha)	Alg. Herbáceo + Feijão (Cr\$/ha)	Milho + Feijão (Cr\$/ha)	Sorgo + Feijão (Cr\$/ha)
1963	292.360	137.360	188.296	369.724	896.967
1964	191.868	222.563	205.141	170.574	389.249
1965	317.804	171.384	360.549	389.198	849.551
1966	256.068	140.836	264.440	315.467	582.907
1967	302.885	165.048	264.007	371.530	728.079
1968	243.866	170.757	249.797	279.380	559.005
1969	224.680	122.892	216.944	276.350	531.271
1970	119.180	127.393	50.363	112.987	235.778
1971	375.012	179.764	376.589	472.569	951.361
1972	230.334	137.983	182.162	274.775	592.323
1973	379.398	307.258	626.238	410.740	813.020
1974	240.627	231.080	89.430	242.043	573.919
1975	249.257	154.650	289.854	295.233	690.915
1976	209.065	232.103	369.270	192.479	509.431
1977	237.272	153.609	234.115	278.566	242.074
1978	171.565	150.208	225.066	180.424	259.718
1979	214.342	111.956	268.169	268.356	466.317
1980	117.253	106.371	279.754	121.953	291.260
1981	229.131	60.995	286.291	319.428	321.904
1982	76.425	54.560	292.808	88.780	231.653
1983	133.676	65.979	222.977	170.383	256.736
1984	253.534	145.224	356.581	309.283	397.634
MBE	230.255	152.276	268.129	268.647	516.867

FONTE: Tabelas A.9 e A.10.

NOTA: (1) Margem bruta = receita total - custo operacional (exceto mão-de-obra).

(2) Margem bruta esperada (MBE) é a média aritmética simples das margens brutas.

TABELA A.12 - Matriz de variância - covariância das margens brutas - Zona Agroecológica dos Sertões do Estado do Ceará.

Discriminação	Alg, Mocó + Milho + Feijão (105)	Alg. Mocó $\geq$ 2 anos (105)	Alg. Herbáceo + Feijão (105)	Milho + Feijão (105)	Sorgo + Feijão (105)
Alg. mocó + Milho + Feijão	59837	27325	46894	75762	154010
Alg. mocó $\geq$ 2 anos		35395	27412	21913	68371
Alg. herbáceo + Feijão			130128	56349	102370
Milho + Feijão				102959	195330
Sorgo + Feijão					530251

FONTE: Cálculos executados através de computações.

## APÊNDICE B

Este apêndice apresenta a Matriz Básica de Programação Linear, bem como a codificação e identificação das atividades e restrições inerentes ao modelo desenvolvido neste estudo.



TABELA B.2 - Codificação e identificação das atividades utilizadas no modelo

CODIGO ADOTADO	UNIDADE DE MEDIDA	IDENTIFICAÇÃO
L <sub>1</sub>	hectare	Algodão arbóreo+milho+feijão
L <sub>2</sub>	hectare	Algodão arboreo 2 anos
L <sub>3</sub>	hectare	Algodão herbáceo+feijão
L <sub>4</sub>	hectare	milho+feijão
L <sub>5</sub>	hectare	sorgo+feijão
MC <sub>1</sub>	homens/dia	Mão-de-obra contratada, período Jan/Mar
MC <sub>2</sub>	homens/dia	Mão-de-obra contratada, período Abr/Jun
MC <sub>3</sub>	homens/dia	Mão-de-obra contratada, período Jul/Set
MC <sub>4</sub>	homens/dia	Mão-de-obra contratada, período Out/Dez
PAM	Kg	Produção de algodão arbóreo
PAH	Kg	Produção de algodão herbáceo
PMI	kg	Produção de milho
PFE	kg	Produção de feijão
PSG	kg	Produção de sorgo
COP	Cr\$1,00	Custeio operacional
VPT	Cr\$1,00	Valor da produção total



TABELA B.3 - Codificação e identificação das restrições utilizadas no modelo.

CODIGO ADOTADO	UNIDADE DE MEDIDA	IDENTIFICAÇÃO
Terra	hectare	Disponibilidade de área agricultável.
RMF1	homens/dia	Mão-de-obra familiar, período Jan/Mar.
RMF2	homens/dia	Mão-de-obra familiar, período Abr/Jun.
RMF3	homens/dia	Mão-de-obra familiar, período Jul/Set.
RMF4	homens/dia	Mão-de-obra familiar, período Out/Dez.
RMFT	homens/dia	Mão-de-obra familiar Total, período Jan/Dez.
RMCl	homens/dia	Disponibilidade de Mão-de-obra contratada, período Jan/Mar.
RMc2	homens/dia	Disponibilidade de Mão-de-obra contratada, período Abr/Jun.
RMc3	homens/dia	Disponibilidade de Mão-de-obra contratada, período Jul/Set.
RMc4	homens/dia	Disponibilidade de Mão-de-obra contratada, período Out/Dez.
RPAM	Kg	Restrição auxiliar para determinar a produção do algodão arbóreo.
RPAH	Kg	Restrição auxiliar para determinar a produção do algodão herbáceo.
RPMI	Kg	Restrição auxiliar para determinar a produção de milho
RPFE	Kg	Restrição auxiliar para determinar a produção de feijão.
RPSG	Kg	Restrição auxiliar para determinar a produção de sorgo.
RCOP	Cr\$1,00	Restrição auxiliar para determinar a necessidade de custeio.
RVPT	Cr\$1,00	Restrição auxiliar para determinar o Valor da produção Total.
RCMI	Kg	Consumo de milho para subsistência.
RCPE	Kg	Consumo de feijão para subsistência
RAM	hectare	Restrição auxiliar: área de algodão arbóreo de primeiro ano, corresponde a um terço da área do algodão arbóreo com 2 anos ou mais.
RAH	hectare	Restrição auxiliar: algodão herbáceo com área menor ou igual a um hectare.
RMI	hectare	Restrição auxiliar: área de milho $\leq$ 1 hectare.
RSG	hectare	Restrição auxiliar: área de sorgo $\leq$ 1 hectare.

