

**PLANO DE OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA PARA OS LOTES IRRIGADOS DO
PROJETO DE IRRIGAÇÃO TABULEIROS DE RUSSAS - CEARÁ**

JOSÉ GONZALEZ GARCIA

JOSÉ GONZALEZ GARCIA

Orientador: Prof. Dr. José Vergilino de Aguiar

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Economia na área de Especialização em Planejamento e Desenvolvimento Econômico, como requisito necessário para obtenção do grau de Especialista.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Fortaleza - CE

Maio/2002

PLANO DE OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA PARA OS LOTES IRRIGADOS DO
PROJETO DE IRRIGAÇÃO TABULEIROS DE RUSSAS - CEARÁ

JOSÉ GONZALEZ GARCIA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. José Vanglésio de Aguiar

Monografia submetida à Coordenação do
Curso de Pós-graduação em Economia na área
de Especialização em Planejamento e
Desenvolvimento Econômico, como requisito
necessário para obtenção do grau de
Especialista.

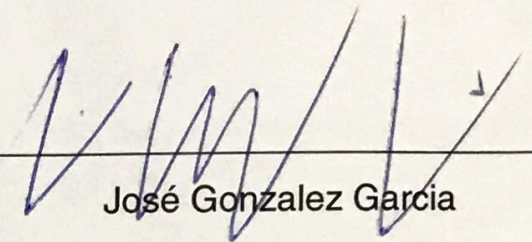
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Fortaleza - CE

Maio/2002

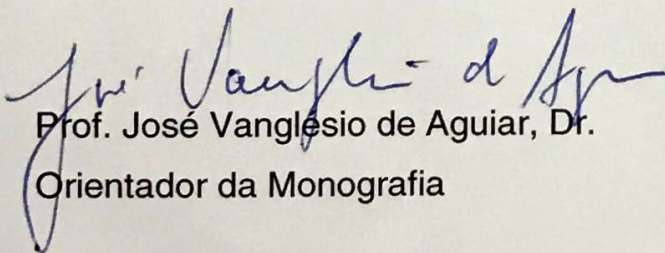
338.9
G198p
Proj. Irrigação Tabuleiros de Russas - Ce

Esta monografia foi entregue à Coordenação do Curso como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Especialista em Economia na Área de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, outorgado pela Universidade Federal do Ceará.



José Gonzalez Garcia

Monografia aprovada em: ____/____/____



Prof. José Vanglesio de Aguiar, Dr.
Orientador da Monografia

Aos meus pais, José Gonzalez
Garcia e Isabel Garcia Moreno.

À minha companheira Lena e
aos meus enteados Rafael e Irma.

Aos meus irmãos Pilar, Isabel e
Jorge Marcelo *in memoriam*.

Aos meus cunhados Manuel
Sérgio e Tobias

DEDICO

Aos futuros produtores do Projeto
de Irrigação Tabuleiros de Russas, que
o presente estudo subsidie-os na
tomada de decisão, em relação à
escolha das culturas e à quantificação
das áreas a serem plantadas.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Vanglesio de Aguiar, eficiente e criterioso na orientação.

À Secretaria da Agricultura Irrigada – SEAGRI, na pessoa de seu Secretário, Dr. Carlos Matos Lima, pela liberação.

À Coordenação do Curso de Pós-graduação em Economia – CAEN na pessoa do Coordenador do Curso de Especialização em Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Prof. Dr. Paulo Jorge de Melo Neto.

A todos os professores do Curso de Especialização em Planejamento e Desenvolvimento Econômico.

À Secretaria de Planejamento – SEPLAN, na pessoa de seu Subsecretário, Dr. João Marcos Maia, pelo incentivo e idealização do curso.

Aos colegas de trabalho da SEAGRI, pela colaboração na coleta de dados.

Aos colegas da Pós-graduação, pela convivência e companheirismo ao longo do curso.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Programação linear.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1 Localização do Projeto.....	5
3.2 Dados climatológicos.....	5
3.3 Dados edafológicos.....	5
3.4 Caracterização geral do Projeto.....	6
3.5 Modelo de programação linear utilizado.....	9
3.6 Custo de produção das culturas.....	10
3.7 Estimativa dos coeficientes de requerimento mensal de água.....	11
3.8 Coeficientes técnicos das culturas.....	12
3.9 Mercado das culturas estudadas.....	13
3.9.1 Abacaxi.....	13
3.9.2 Banana.....	14
3.9.3 Mamão.....	15
3.9.4 Manga.....	17
3.9.5 Melão.....	18
3.9.6 Uva.....	19
3.10 Disponibilidade de mão-de-obra.....	21
3.11 Formulação da função-objetivo.....	22

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Solução ótima do modelo estudado.....	27
4.2 Ocupação da terra.....	28
4.3 Utilização da água.....	28
4.4 Análise de sensibilidade.....	29
4.5 Análise de sensibilidade da receita líquida das atividades básicas....	30
5 CONCLUSÕES	33
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXOS	38

LISTA DE QUADROS

Quadro

1	Requerimento mensal de água (mm) das culturas estudadas.....	12
2	Área plantada no mundo com abacaxi.....	13
3	Área plantada no mundo com banana.....	14
4	Principais países exportadores de banana.....	15
5	Principais países importadores de banana.....	15
6	Área plantada no mundo com mamão.....	16
7	Principais países importadores de mamão.....	16
8	Área plantada no mundo com manga.....	17
9	Área plantada no mundo com melão.....	18
10	Área plantada no mundo com uva.....	19
11	Área plantada no mundo com as culturas estudadas.....	20
12	Área plantada no Brasil com as culturas estudadas.....	20
13	Dados populacionais dos municípios abrangidos pelo Projeto.....	21
14	Dados populacionais do Estado do Ceará.....	21
15	Restrição de área para pequenos produtores.....	22
16	Restrição de área para técnicos agrícolas.....	23
17	Restrição de área para engenheiros agrônomos.....	23
18	Restrição de área para lote empresarial.....	24
19	Restrição de água para pequenos produtores.....	24
20	Restrição de água para técnicos agrícolas.....	25
21	Restrição de água para engenheiros agrônomos.....	25
22	Restrição de água para lote empresarial.....	26
23	Área ocupada pelas culturas estudadas por categoria de produtor.....	27
24	Consumo de água mensal estimado pelo modelo proposto (mm.ha).....	29
25	Lote para pequenos produtores.....	31
26	Lote para técnicos agrícolas.....	31
27	Lote para engenheiros agrônomos.....	32
28	Lote empresarial.....	32

LISTA DE ANEXOS

Anexo

1 Valores nominais de receita, despesa e renda líquida das culturas selecionadas.....	38
2 Necessidades de água para a cultura do abacaxizeiro.....	39
3 Necessidades de água para a cultura da bananeira.	39
4 Necessidades de água para a cultura do mamoeiro.....	40
5 Necessidades de água para a cultura da mangueira.....	40
6 Necessidades de água para a cultura do meloeiro.....	41
7 Necessidades de água para a cultura da videira.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura

1 Planta do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas.....	7
2 Estação de bombeamento principal.....	8

PLANO DE OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA PARA OS LOTES IRRIGADOS DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO TABULEIROS DE RUSSAS - CEARÁ

Autor: José Gonzalez Garcia

Orientador: Prof. Dr. José Vanglésio de Aguiar

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi encontrar um plano ótimo de cultivo para o Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, desenvolvido através de um modelo de programação linear, onde se maximizou a receita líquida anual. No desenvolvimento do trabalho, foram analisados os aspectos edafoclimáticos, disponibilidade de mão-de-obra e de mercado das culturas estudadas. Foram quantificados os coeficientes técnicos e requerimento mensal de água das culturas, que são as variáveis do processo de produção. Na análise do modelo, foram incorporadas as restrições de volume de água mensal e área cultivada. A mão-de-obra e o mercado não foram considerados fatores restritivos. Com base nos valores encontrados pelo *software* de programação linear LINDO, utilizando a função-objetivo com as restrições de área cultivada e volume de água mensal, a combinação que otimizou a receita líquida para todos os lotes contempla 13,4% com banana, 16,6% com melão, 50,0% com manga e 20,0% com uva. O resultado não contemplou a cultura do abacaxi nem a do mamão.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial deverá saltar de 5,5 bilhões atuais para 10 bilhões no ano de 2050, com a acréscimo de 4,5 bilhões de pessoas nos próximos 50 anos. A agricultura deverá desempenhar papel decisivo na solução desse problema, pois teremos que aumentar a oferta de alimentos em praticamente 50%, para atender as necessidades alimentares dessa população.

As opções para vencer esse desafio compreendem a adoção de uma agricultura intensiva, o desenvolvimento da engenharia genética, a incorporação de novas áreas irrigadas e o aumento da produtividade.

As transações comerciais com os produtos agrícolas no mundo alcançaram, no ano de 1999, a cifra de US\$ 450 bilhões aproximadamente, sendo US\$ 20 bilhões com frutas em geral e US\$ 8,9 bilhões com as do abacaxi, banana, mamão, manga, melão e uva, que são as estudadas no presente trabalho, representando 42,82% do mercado mundial de frutas (FAO).

A quantidade de água existente na terra é de 1,6 bilhão de km^3 , sendo 97,3% salgada e 2,7% de água doce. Desta, 75% encontram-se congeladas nas calotas polares, 13,7% nos lençóis profundos do subsolo, 0,035% na forma de vapor atmosférico, ficando apenas 0,33% para atender as necessidades humanas, dos animais e da irrigação (http://geocities.yahoo.com.br/olirum_pr/situacao.htm). A agricultura irrigada utiliza mais de 66% desse total, obrigando a busca de uma máxima produtividade das culturas trabalhadas, com uma utilização mínima de água, isto é, maximizando a eficiência de uso.

De acordo com Frizzone (1996), em regiões de suprimento limitado de água, o planejamento de sua utilização deve considerar as necessidades hídricas das

diversas culturas a explorar, adequadas às disponibilidades de água e à rentabilidade obtida com essas culturas.

O aumento do consumo de água decorrente do acréscimo de área irrigada afeta diretamente o de energia elétrica, que deverá ser também racionalizado, uma vez que é um recurso escasso, de consumo crescente e produção limitada.

O produtor rural deve sempre perseguir a otimização do uso dos fatores de produção, tendo como objetivo o alcance do mais alto nível de produtividade econômica, a partir das restrições impostas à produção.

A programação linear utiliza sistemas de equações lineares que tem como objetivo quantificar e resolver combinações dos recursos disponíveis, atendendo às restrições impostas, na maximização do lucro ou minimização dos custos. Esta é uma importante ferramenta que auxilia na análise de problemas e encontra opções, com base científica, para tomada de decisões.

O presente estudo foi realizado nos Municípios de Russas, Limoeiro do Norte e Morada Nova, no Estado do Ceará, onde está se desenvolvendo o Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, que prevê, em sua primeira etapa, a implantação de 10.518 ha de área irrigada, utilizando sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, distribuídos em lotes de 8, 16, 24 e 63,57 ha, nos quais deverão ser cultivadas, prioritariamente, fruteiras de alto valor comercial, visando ao mercado interno e principalmente ao internacional.

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um plano ótimo de cultivo para o Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, utilizando um modelo de programação linear, tendo como função-objetivo a maximização da receita líquida, incorporando-se as restrições de disponibilidade de água, terra, mão-de-obra e mercado, pois a busca da lucratividade máxima é condição obrigatória para fazer face à competitividade de outros mercados produtores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Programação linear

A técnica de planejamento somente se consolidou por George B. Dantzig em 1947, quando trabalhava para a Força Aérea dos Estados Unidos (Fang & Puthenpure, 1993). A expressão programação linear foi designada pelo economista e matemático T. C. Koopmans, em 1948. Em 1939, o matemático e economista L. V. Kantorovich formulou e resolveu um problema com esse tipo de procedimento, que somente se tornou conhecido no ano de 1959. Por essa razão, credita-se a George B. Dantzig a concepção do Método Simplex algoritmo para resolver problemas lineares, publicado em 1949 (Bazaraa et al., 1990).

Vários pesquisadores desenvolveram modelos matemáticos que geraram programas de otimização (Valencia, 1975; Van Deman et al., 1976; Araújo, 1976; Sugai, 1976; Labadie & Hermann, 1981; Tsakiris & Kiountouzis, 1982; Arce, 1990; Frizzone et al., 1994; Frizzone, 1996).

A programação linear é uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais temos diversas alternativas de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamentação (Prado, 1999).

A formulação de um problema de maximização se estabelece através da programação linear, mediante o seguinte modelo matemático (Bazaraa et al., 1990):

$$\text{Maximizar } \sum_{j=1}^J c_j x_j \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a } \sum_{j=1}^J a_{ij} x_j < b_j \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j > 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

sendo:

a_{ij} , b_i e c_j : constantes

x_j ($j = 1, \dots, n$) : variáveis.

(1) Função-objetivo: é a variável que se deseja otimizar. Nos casos de otimização, representa a receita monetária, lucro, taxa de retorno de capital etc. Nos casos de minimização, representa custos, benefícios negativos etc.

(2) Restrições impostas: representam as limitações de recursos, sejam elas físicas, monetárias, humanas etc.

As constantes b , ($i = 1, \dots, m$) representam o nível máximo que se pode atingir para cada um dos recursos.

Os x , ($j = 1, \dots, n$) representam as variáveis de decisão do problema. A programação linear procura os valores de x , para maximizar ou minimizar a função-objetivo.

(3) Restrições impostas: indicam as soluções positivas na solução do problema.

Os modelos de programação linear aplicados em planejamento de irrigação freqüentemente são formulados estabelecendo como função-objetivo a maximização da renda líquida anual, sujeita às restrições de disponibilidade de água e outros recursos. Em virtude da consideração de escassez do recurso hídrico, em sua maioria os modelos foram desenvolvidos no sentido de selecionar cultivos e respectivas áreas, para serem explorados em condições limitadas de água (Rodrigues, 2000).

Carvalho et al. (2000), utilizando a técnica de programação linear, selecionaram as culturas e os meses de plantio que proporcionam a maximização da renda dos irrigantes no Projeto de Irrigação de Gorotuba-MG.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do Projeto

O Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas encontra-se localizado nos Municípios de Russas, Limoeiro do Norte e Morada Nova, no Estado do Ceará, na Microrregião do Baixo Jaguaribe, com 10.518 ha, a serem implantados na primeira etapa, utilizando sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão.

O acesso ao Projeto é feito pela BR 116 , com distância de 160 km para Fortaleza.

3.2 Dados climatológicos

O clima é classificado segundo Köeppen de Bsh' – Seco muito quente e conforme Gaussen – Tropical quente de seca acentuada. A pluviosidade média anual é de 710 mm, com temperatura média anual de 27°C, com mínima de 22°C e máxima de 28°C. A insolação é de 2.900 h/ano; umidade relativa média anual de 60%; velocidade média dos ventos de 4,5 m/s; evaporação média anual de 2.900mm.

3.3 Dados edafológicos

Os solos predominantes do Projeto são de relevo ligeiramente ondulado, franco-arenosos de classe planossolo solódico e o podzólico vermelho-amarelo, com boa drenagem e média fertilidade natural.

3.4 Caracterização geral do Projeto

A água para o Projeto provém do rio Banabuiú, perenizado pelas águas dos açudes Banabuiú e Arrojado Lisboa, com capacidade de armazenamento de 1,7 bilhão e 434 milhões de m³, respectivamente. A energia elétrica do Projeto provém do sistema CHESF/COELCE através da subestação de 69/13,8kv, localizada na cidade de Russas.

A infra-estrutura de uso comum é composta das seguintes instalações:

- Estação de Bombeamento Principal, com de 6 bombas centrífugas, com vazão de 14,0m³/s e potência total de 12.570 c.v.
- Estação de Bombeamento Secundária, composta de 6 bombas centrífugas, com vazão de 7,92³/s e potência total de 1.675 cv
- Adutora principal, com 20.417m

A infra-estrutura parcelar se compõe de:

- 662 estações de bombeamento parcelar; e
- tubulações e equipamentos de irrigação por gotejamento e microaspersão.

Os lotes do Perímetro de Irrigação Tabuleiros de Russas estão distribuídos da seguinte forma:

Categoria	Lotes (Quantidade)	Área (ha)	Área Total (ha)
Pequeno produtor	499	8,00	3.992,00
Técnico Agrícola	64	16,00	1.024,00
Engenheiro Agrônomo	20	24,00	480,00
Empresários	79	63,57	5.022,00
TOTAL	662		10.518,00

FONTE: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS

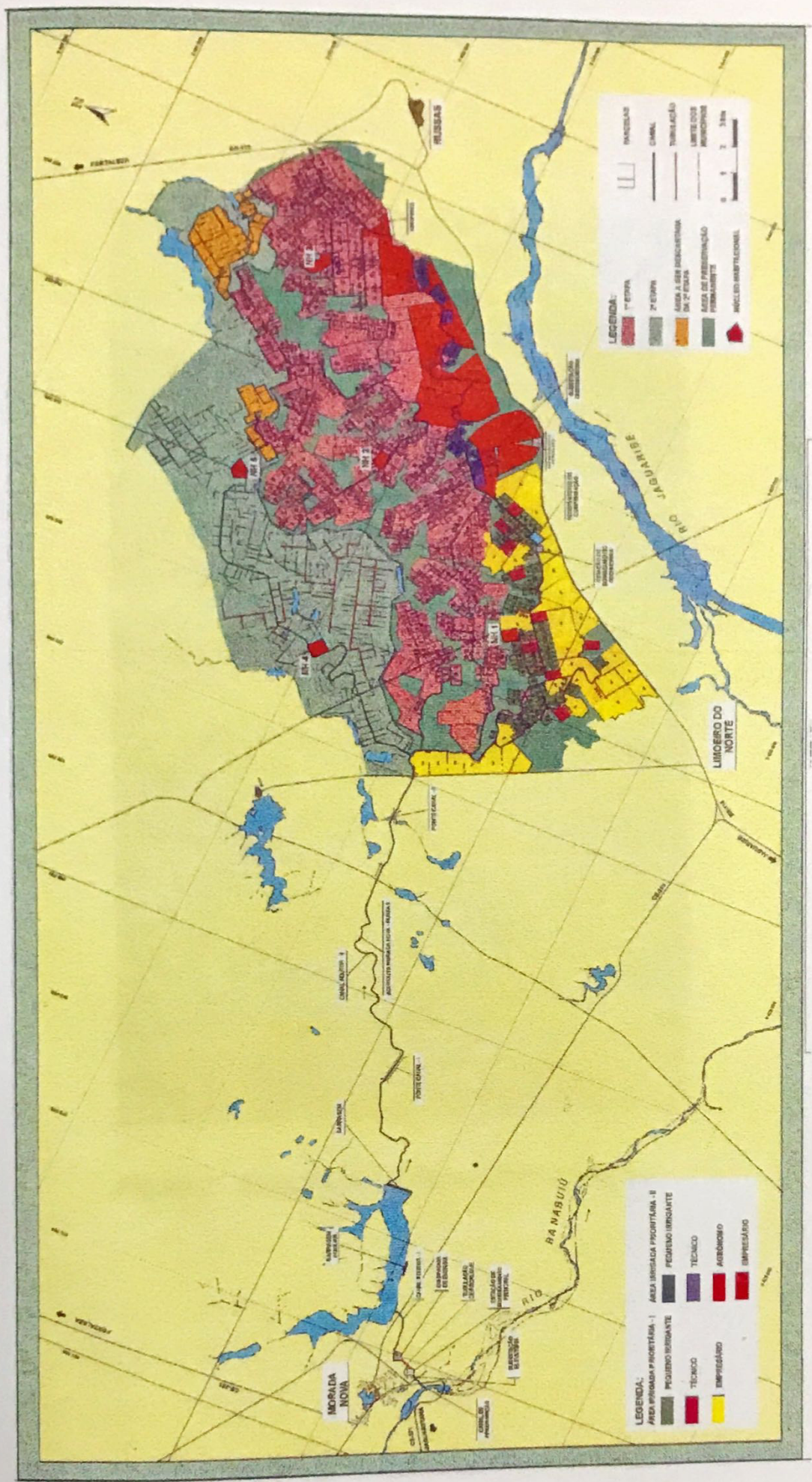


Figura 1 - Planta do Projeto de irrigação Tabuleiros de Russas

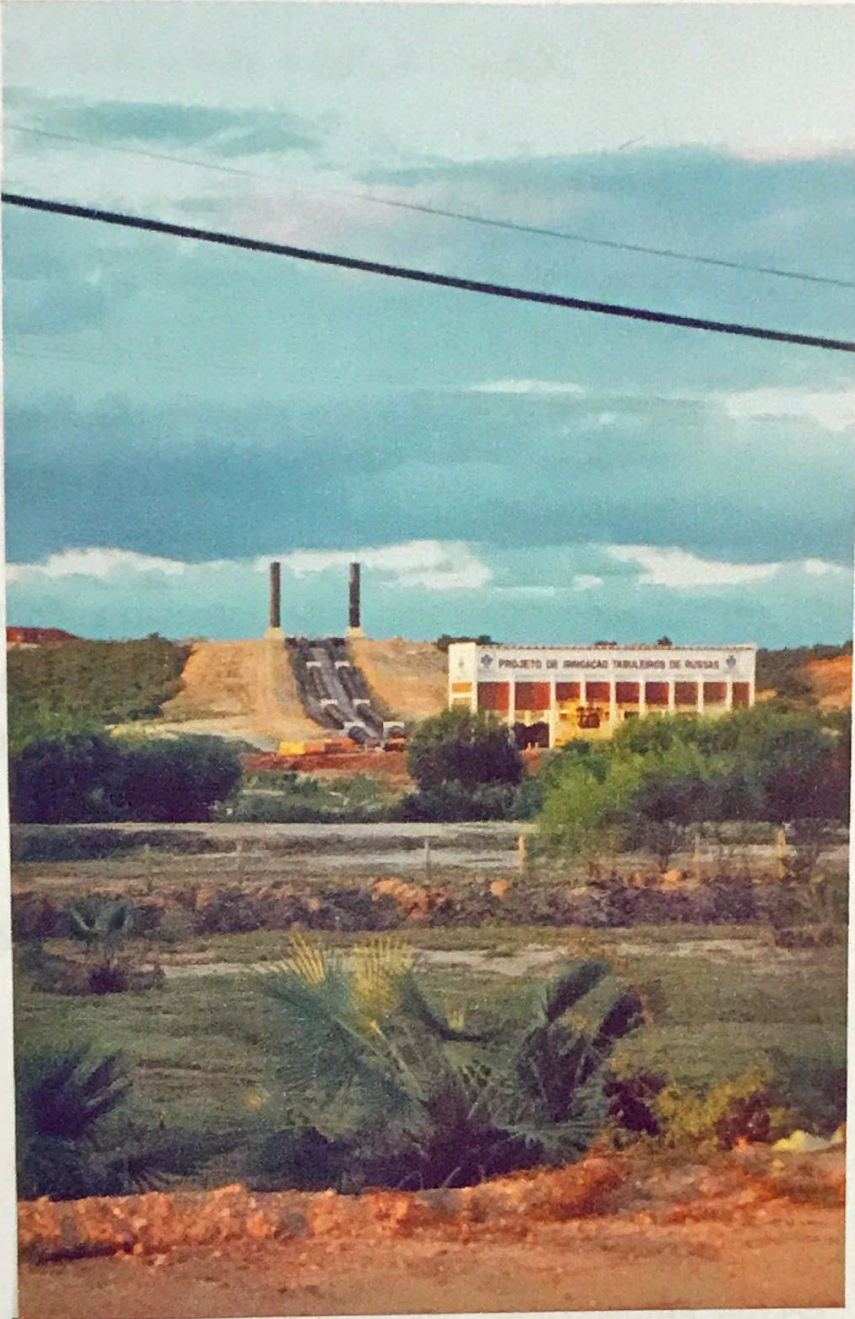


Figura 2 - Estação de bombeamento principal

3.5 Modelo de Programação Linear utilizado

O modelo utilizado no presente trabalho foi da forma:

Função-objetivo:

$$\text{MAX } Z = c_1X_1 + c_2X_2 + c_3X_3 + \dots + c_nX_n \quad (4)$$

Sujeito às restrições:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1 \quad (5)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2 \quad (6)$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{3n}X_n \leq b_3 \quad (7)$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m \quad (8)$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, \dots, X_n \geq 0 \quad (9)$$

As restrições representadas pelas equações (5), (6), (7) e (8) são chamadas restrições funcionais e representam o uso total do recurso. As restrições do tipo X_j são as de decisão, e as constantes de entrada a_{ij} , b_i e c_j , são as constantes do modelo.

A função-objetivo a ser maximizada será do tipo:

$$\text{MAX } Z = \sum \sum P_i Y_i X_{ik} - \sum \sum C_i X_{ik} - \sum \sum C_w W_i X_{ik} \quad (10)$$

Onde:

Z é a renda líquida decorrente do cultivo de n culturas, em R\$;

P_i é o preço unitário da i -ésima cultura, em R\$/kg;

W_i é a lâmina total de irrigação necessária;

C_i é o custo operacional da cultura i , sem os custos com irrigação, em R\$/ha;

X_{ik} é a área cultivada com a i -ésima cultura, no k -ésimo período, em ha;

Y_i é a produtividade da i -ésima cultura, em kg/ha

No presente trabalho, serão consideradas como restrições a área cultivada, a água, o mercado e a mão-de-obra. Para o desenvolvimento do modelo, as culturas eleitas passíveis de serem plantadas nas áreas são: abacaxi, banana, mamão, manga, melão e uva.

Os dados levantados para alimentação do modelo são: disponibilidade de água, terra, mão-de-obra e mercado; épocas de plantio; necessidades hídricas das culturas; produtividade, preços dos produtos e custos de produção.

Foi utilizado o *software* LINDO (Linear interactive and discrete optimization), em ambiente *windows*, na forma de uma matriz de **n** linhas por **m** colunas e será realizada a análise de sensibilidade a fim de se verificar a consistência do modelo obtido, em face dos aumentos nos preços dos fatores ou redução no preço dos produtos.

3.6 Custo de produção das culturas

Os valores nominais de receita, despesa e renda líquida das culturas selecionadas, utilizados para calcular a Renda Líquida Equivalente Anual, encontram-se no Anexo 01 e foram elaborados observando-se os indicadores tecnológicos da Secretaria da Agricultura Irrigada - SEAGRI (2001).

O cálculo da amortização dos investimentos foi feito da seguinte maneira:

$$A = I_0 \times FRC \quad (11)$$

$$FRC = (1 + i)^n$$

$$(1 + i)^n - 1 \quad (12)$$

sendo:

- A - amortização do investimento;
- I_0 - investimento inicial;
- FRC - fator de recuperação do capital;
- i - taxa real (decimal) anual de juros (0,12);
- n - número de anos.

3.7 Estimativa dos coeficientes de requerimento mensal de água

As lâminas de água aplicadas no presente estudo referem-se aos requerimentos mensais de água (mm) das culturas estudadas (Quadro 01) e ao ciclo das culturas, obedecido o plano de cultivo (Anexo 2 a 7).

As necessidades mensais de água das culturas estudadas estão baseadas nos seguintes fatores:

- Evapotranspiração de referência (ET_0) – foram obtidas da publicação de Hargreaves(1974).
- Coeficientes das culturas (K_c) – para cada estágio de desenvolvimento das culturas, foram obtidos da publicação de Doorenbos & Kassan (1994).
- Evapotranspiração máxima (E_{tm}) – obtida através da expressão:

$$E_{tm} = ET_0 \times K_c \quad (13)$$

- Necessidade de Irrigação (NI) calculada através da expressão:

$$NI = E_{tm} - \text{Precipitação efetiva} \quad (14)$$

- Precipitação efetiva – foram obtidas da publicação de Hargreaves(1974).

- Requerimento mensal de irrigação ou lâmina bruta (Lb) – calculada através da expressão:

$$Lb = NI/Ea \quad (15)$$

- Eficiência de irrigação (Ea) – obtida de acordo com a metodologia de balanço de volume (Castro, 1997).

Quadro 01. Requerimentos mensais de água (mm) das culturas estudadas

Meses	Abacaxi	Banana	Mamão	Manga	Melão	Uva	Total
Janeiro	81,10	70,47	92,91	38,58		88,19	371,24
Fevereiro	-	-	-	-		-	-
Março	-	-	-	-		-	-
Abril	-	-	-	-		-	-
Maio	-	-	-	-		-	-
Junho	44,68	38,09	51,99	18,35		49,06	202,17
Julho	108,30	100,31	117,18	76,35		113,63	515,76
Agosto	151,05	141,38	161,80	112,35	109,13	157,50	833,20
Setembro	160,95	150,66	172,39	119,78	293,63	167,81	1.065,21
Outubro	178,40	167,09	190,96	133,18	198,50	185,94	1.054,07
Novembro	169,03	158,00	181,28	124,93		176,38	809,60
Dezembro	143,80	132,44	156,43	98,35		151,38	682,39
Total	1.037,30	958,44	1.124,93	721,85	601,25	1.089,88	5.533,64

3.8 Coeficientes técnicos das culturas

Os coeficientes técnicos das culturas utilizados no presente trabalho foram obtidos das planilhas de custo de produção da Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado do Ceará (SEAGRI, 2001), conforme mostra o anexo 01.

3.9 Mercado das culturas estudadas

3.9.1 Abacaxi

O Brasil ocupa a 4ª colocação no mundo, em área plantada com a cultura do abacaxi (FAO). A produção de frutos *in natura* em 59.328ha é praticamente absorvida pelo mercado interno. A Região Sudeste ocupa o 1º lugar em produção no Brasil, ficando a Região Nordeste com o segundo lugar, sendo o Estado da Paraíba o maior produtor.

Nos últimos anos, não tem havido variações significativas na área plantada com a cultura do abacaxi, entretanto os preços tiveram redução da ordem de 50%, no mesmo período.

Quadro 02. Área plantada no mundo com abacaxi

Países produtores	Área (ha)	%
Nigéria	115.000,00	15,65
Tailândia	97.300,00	13,24
Índia	74.200,00	10,10
Brasil	59.328,00	8,08
China	37.700,00	5,13
Filipinas	40.000,00	5,44
Indonésia	40.000,00	5,44
Vietnã	37.500,00	5,10
Guiné	18.000,00	2,45
Resto do Mundo	215.615,00	29,35
Total	734.643,00	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

3.9.2 Banana

A banana comercializada no mundo movimentou, em 2001, um volume de 13,70 milhões de toneladas, representando 37% do mercado mundial de frutas, com um acréscimo, na última década de, 25% (FAO).

Embora o Brasil tenha sido o maior produtor mundial de banana em 2001, com uma área plantada de 513.755ha (FAO), suas exportações representaram apenas 0,40% do volume comercializado (IBGE). Esse baixo volume colocado no mercado externo deveu-se principalmente ao grande consumo interno, que absorveu a maioria da produção, e à baixa qualidade dos produtos exportáveis (FrutiSéries 6, 2000).

Quadro 03. Área plantada no mundo com banana

Países produtores	Área (ha)	%
Brasil	513.755,00	12,71
Índia	464.000,00	11,47
Filipinas	360.000,00	8,90
Burundi	300.000,00	7,42
Indonésia	269.778,00	6,67
China	224.000,00	5,54
Equador	228.985,00	5,66
Tailândia	134.000,00	3,31
Uganda	130.000,00	3,21
Vietnã	100.000,00	2,47
Resto do Mundo	1.319.202,00	32,62
Total	4.043.720,00	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

Quadro 04. Principais países exportadores de banana

Países	Milhões t	%
Equador		
Costa Rica	4,0	29,20
Colômbia	1,8	13,14
Filipinas	1,5	10,95
Outros	1,1	8,03
Total	5,3	38,69
	13,7	100,00

Fonte: FrutiSéries 6, 2000

Quadro 05. Principais países importadores de banana

Países	%
Estados Unidos	40,00
Alemanha	12,70
Reino Unido	9,40
Bélgica/Luxemburgo	1,70
Resto do mundo	36,20
Total	100,00

Fonte: FrutiSéries 6, 2000

3.9.3 Mamão

O Brasil, com uma área plantada de 40.000 ha, em 2001, ocupa o 4º lugar na produção mundial de mamão (FAO). A perspectiva para o mercado internacional é crescente, com potencialidades de exportação para Europa e América do Norte.

A grande vantagem da comercialização do mamão para o mercado externo está na estabilidade de preço, em torno de US\$1,00 por quilo.

O preço no mercado interno é muito variável, dependendo da qualidade da produção e da sazonalidade.

Quadro 06. Área plantada no mundo com mamão

Países produtores	Área (ha)	%
Nigéria	90.000,00	26,33
Índia	57.000,00	16,68
Brasil	40.000,00	11,70
Indonésia	34.890,00	10,21
México	18.000,00	5,27
Peru	13.500,00	3,95
Congo	13.000,00	3,80
Tailândia	9.800,00	2,87
Filipinas	6.500,00	1,90
República Dominicana	5.892,00	1,72
Resto do Mundo	53.194,00	15,56
Total	341.776,00	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

Quadro 07. Principais países importadores de mamão

Países	%
Estados Unidos	42,00
Singapura	18,60
Hong Kong	11,50
China	4,30
Japão	4,10
Resto do mundo	19,50
Total	100,00

Fonte: FrutiSéries 7, 2000

3.9.4 Manga

A área plantada com manga no Brasil é de 68.000 ha, ocupando o 9º lugar no mundo em área para o ano de 2001 (FAO). As variedades Tommy Atkins, Haden e Keitt, foram as que mais tiveram crescimento de área, principalmente no Vale do Rio São Francisco, com 21,8 mil ha plantadas.

Nos próximos anos, cerca de 18,7 mil hectares entrarão em produção no Vale do São Francisco (CODEVASF). Este volume poderá provocar uma queda substancial de preços no mercado interno (FrutiSéries 2, 1999).

A manga apresenta custo de produção, preço e qualidade, competitivos no mercado internacional. Com esta condição, a manga poderá ser, nos próximos anos, a fruta brasileira com maior potencialidade de exportação (Agriannual 2000).

Quadro 08. Área plantada no mundo com manga

Países produtores	Área (ha)	%
Índia	1.400.000,00	47,29
China	211.500,00	7,14
México	156.000,00	5,27
Indonésia	165.000,00	5,57
Tailândia	135.000,00	4,56
Filipinas	130.000,00	4,39
Nigéria	122.000,00	4,12
Paquistão	94.100,00	3,18
Brasil	68.000,00	2,30
Guiné	45.000,00	1,52
Resto do Mundo	433.674,00	14,65
Total	2.960.274,00	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

3.9.5 Melão

O melão no Brasil dispõe de uma área plantada de 15.000ha em 2001, ocupando o 11º lugar na produção mundial (FAO). A Região Nordeste contribui com 95% dessa produção, sendo o Estado do Rio Grande do Norte o seu principal produtor. O volume comercializado no mercado interno, de 1995 a 1998, apresentou crescimento, e em 1999 houve queda, motivada principalmente pela redução de 60% dos preços comparados com os praticados em 1995. O mercado externo teve o mesmo comportamento, pois, no ano de 1999, o preço do melão sofreu uma redução de aproximadamente 66%, comparando-se a 1998.

Quadro 09. Área plantada no mundo com melão

Países produtores	Área (ha)	%
China	400.300,00	34,46
Turquia	110.000,00	9,47
Irã	70.000,00	6,03
Estados Unidos	55.900,00	4,81
Romênia	51.000,00	4,39
Espanha	38.500,00	3,31
Egito	35.500,00	3,06
Marrocos	35.000,00	3,01
México	31.500,00	2,71
Índia	31.300,00	2,69
Paquistão	30.000,00	2,58
Itália	23.082,00	1,99
Iraque	21.500,00	1,85
França	17.157,00	1,48
Brasil	15.000,00	1,29
Resto do Mundo	195.864,00	16,86
Total	1.161.603,00	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

3.9.6 Uva

A área plantada com uva no Brasil, no ano de 2001, foi de 61.786 ha. Não é muito expressiva, pois representa apenas 0,85% da área plantada no mundo (FAO). O volume comercializado da Uva Itália, no período de 1995 – 1999 na CEAGESP, teve um decréscimo de 42%, passando de cerca de 19,7 mil t/ano em 1995, para 11,4 mil t/ano em 1999. Nesse mesmo período, os preços médios também apresentam uma redução de 62% (Agrianual 2000).

Quadro 10. Área plantada no mundo com uva

Países produtores	Área (ha)	%
Espanha	1.1000.000,00	15,19
Itália	797.000,00	11,00
França	870.000,00	12,01
Turquia	540.000,00	7,45
Estados Unidos	360.000,00	4,97
Irã	260.000,00	3,45
Portugal	257.000,00	3,55
China	252.900,00	3,49
Romênia	247.536,00	3,42
Argentina	207.000,00	2,86
Brasil	61.786,00	0,85
Resto do Mundo	2.362.481,00	32,61
Total	7.243.917,00	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

Quadro 11. Área plantada no mundo com as culturas estudadas

Culturas	Área (ha)	%
Abacaxi	734.643,00	4,46
Banana	4.043.720,00	24,53
Mamão	341.776,00	2,07
Manga	2.960.274,00	17,96
Melão	1.161.603,00	7,05
Uva	7.243.917,00	43,94
Total	16.485.933,00	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

Quadro 12. Área plantada no Brasil com as culturas estudadas

Culturas	Área (ha)	%
Abacaxi	55.749	7,34
Banana	521.285	68,65
Mamão	40.000	5,27
Manga	68.000	8,96
Melão	15.000	1,98
Uva	59.278	7,81
Total	759.312	100,00

Fonte: FAO – Food and Agriculture Organization

Com a entrada em produção de 10.518 ha, do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, haverá um acréscimo de 0,06% na área plantada mundial e 1,39% em relação à brasileira, portanto, concluímos que a inclusão deste projeto no cenário produtivo de frutas no plano mundial, não haverá variação significativa de preços de seus produtos.

3.10 Disponibilidade de mão-de-obra

A mão-de-obra não foi considerada como fator de restrição no presente trabalho, uma vez que, com a população residente nos municípios de abrangência do Projeto e dos demais municípios do Ceará (Quadro 13 e 14), existe força de trabalho suficiente para atender a demanda do Projeto, isto ainda sem levar em consideração as migrações motivadas pela implantação do referido Perímetro.

Quadro 13. Dados populacionais dos municípios abrangidos pelo Projeto

Município	Urbana	Rural	Total
Limoeiro do Norte	28.186	19.047	47.233
Morada Nova	32.595	28.789	61.384
Russas	34.239	21.054	55.293
Total	95.020	68.890	55.293

Fonte: IBGE;IPLANCE 2000

Quadro 14. Dados populacionais do Estado do Ceará

Estado	Urbana	Rural	Total
Ceará	5.303.741	2.113.661	7.417.402

Fonte: IBGE;IPLANCE 2000

3.11 Formulação da função-objetivo

Os coeficientes da função-objetivo correspondem à renda líquida (R\$.ha⁻¹) das culturas estudadas, obtida do fluxo de caixa de um período de 15 anos (Anexo 1).

A função-objetivo é representada por:

a) nível de 100% da renda líquida:

MAX

$$2325.29AB + 2929.19BA + 15535.19MG + 2089.25MA + 4214.40ME + 19706.70UV$$

b) nível de 40% da renda líquida:

$$\text{MAX } 1395.17AB + 1757.51BA + 9321.11MG + 1253.55MA + 2528.64ME + 11824.02UV$$

Quadro 15. Restrição de área para pequenos produtores

AJAN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
AFEV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
AMAR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
AABR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
AMAI)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
AJUN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
AJUL)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
AAGO)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 8\text{ha}$
ASET)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 8\text{ha}$
AOUT)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 8\text{ha}$
ANOV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$
ADEZ)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 8\text{ha}$

Quadro 16. Restrição de área para técnicos agrícolas

AJAN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
AFEV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
AMAR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
AABR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
AMAI)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
AJUN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
AJUL)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
AAGO)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 16ha$
ASET)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 16ha$
AOUT)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 16ha$
ANOV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$
ADEZ)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 16ha$

Quadro 17. Restrição de área para engenheiros agrônomos

AJAN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
AFEV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
AMAR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
AABR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
AMAI)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
AJUN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
AJUL)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
AAGO)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 24ha$
ASET)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 24ha$
AOUT)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 24ha$
ANOV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$
ADEZ)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 24ha$

Quadro 18. Restrição de área para lote empresarial

AJAN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
AFEV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
AMAR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
AABR)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
AMAI)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
AJUN)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
AJUL)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
AAGO)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 63,57ha$
ASET)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 63,57ha$
AOUT)	$AB + BA + MG + MA + ML + UV \leq 63,57ha$
ANOV)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$
ADEZ)	$AB + BA + MG + MA + UV \leq 63,57ha$

Quadro 19. Restrição de água para pequenos produtores

WJAN)	$81.1 AB + 70.47 BA + 38.58 MG + 88.19 UV \leq 1.300 mm.ha$
WFEV)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 1.300 mm.ha$
WMAR)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 1.300 mm.ha$
WABR)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 1.300 mm.ha$
WMAI)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 1.300 mm.ha$
WJUN)	$44.68 AB + 38.09 BA + 18.35 MG + 51.99 MA + 49.06 UV \leq 1.300 mm.ha$
WJUL)	$108.3 AB + 100.31 BA + 76.35 MG + 117.18 MA + 113.63 UV \leq 1.300 mm.ha$
WAGO)	$151.05AB+141.38BA+112.35MG+161.8MA+109.13ML+157.5UV \leq 1.300mm.ha$
WSET)	$160.95AB+150.66BA+119.78MG+172.39MA+293.63ML+167.81UV \leq 1.300 mm.ha$
WOUT)	$178.4AB+167.09BA+133.18MG+190.96MA+198.5ML+185.94UV \leq 1.300 mm.ha$
WNOV)	$169.03AB+158 BA+124.93 MG+181.28MA+176.38UV \leq 1.300 mm.ha$
WDEZ)	$143.8 AB+132.44 BA+98.35 MG+156.43 MA+151.38 UV \leq 1.300 mm.ha$

Quadro 20. Restrição de água para técnicos agrícolas

WJAN)	$81.1 \text{ AB} + 70.47 \text{ BA} + 38.58 \text{ MG} + 88.19 \text{ UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WFEV)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WMAR)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WABR)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WMAI)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WJUN)	$44.68 \text{ AB} + 38.09 \text{ BA} + 18.35 \text{ MG} + 51.99 \text{ MA} + 49.06 \text{ UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WJUL)	$108.3 \text{ AB} + 100.31 \text{ BA} + 76.35 \text{ MG} + 117.18 \text{ MA} + 113.63 \text{ UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WAGO)	$151.05\text{AB}+141.38\text{BA}+112.35\text{MG}+161.8\text{MA} + 109.13\text{ML}+157.5 \text{ UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WSET)	$160.95\text{AB}+150.66\text{BA} + 119.78\text{MG}+172.39\text{MA}+293.63\text{ML}+167.81\text{UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WOUT)	$178.4 \text{ AB}+167.09 \text{ BA}+133.18\text{MG}+190.96\text{MA}+198.5\text{ML}+185.94\text{UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WNOV)	$169.03 \text{ AB} + 158 \text{ BA} + 124.93 \text{ MG} + 181.28 \text{ MA} + 176.38 \text{ UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$
WDEZ)	$143.8 \text{ AB} + 132.44 \text{ BA} + 98.35 \text{ MG} + 156.43 \text{ MA} + 151.38 \text{ UV} \leq 2.600 \text{ mm.ha}$

Quadro 21. Restrição de água para engenheiros agrônomos

WJAN)	$81.1 \text{ AB} + 70.47 \text{ BA} + 38.58 \text{ MG} + 88.19 \text{ UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WFEV)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WMAR)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WABR)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WMAI)	$0\text{AB} + 0\text{BA} + 0\text{MG} + 0\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WJUN)	$44.68 \text{ AB} + 38.09 \text{ BA} + 18.35 \text{ MG} + 51.99 \text{ MA} + 49.06 \text{ UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WJUL)	$108.3 \text{ AB} + 100.31 \text{ BA} + 76.35 \text{ MG} + 117.18 \text{ MA} + 113.63 \text{ UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WAGO)	$151.05\text{AB}+141.38\text{BA}+112.35\text{MG}+161.8\text{MA}+109.13\text{ML}+157.5\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WSET)	$160.95\text{AB}+150.66\text{BA}+119.78\text{MG}+172.39\text{MA}+293.63\text{ML}+167.81\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WOUT)	$178.4\text{AB}+167.09\text{BA}+133.18\text{MG}+190.96\text{MA}+198.5\text{ML}+185.94\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WNOV)	$169.03\text{AB} + 158\text{BA} + 124.93\text{MG} + 181.28\text{MA} + 176.38\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$
WDEZ)	$143.8\text{AB} + 132.44\text{BA} + 98.35\text{MG} + 156.43\text{MA} + 151.38\text{UV} \leq 3.900 \text{ mm.ha}$

MG - área plantada com mangueira (ha)

MA - área plantada com mamoeiro (ha)

ML - área plantada com melão (ha)

UV - área plantada com uva (ha)

Quadro 22. Restrição de água para lote empresarial

WJAN)	$81.1 AB + 70.47 BA + 38.58 MG + 88.19 UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WFEV)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WMAR)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WABR)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WMAI)	$0AB + 0BA + 0MG + 0UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WJUN)	$44.68AB + 38.09BA + 18.35MG + 51.99MA + 49.06UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WJUL)	$108.3AB + 100.31BA + 76.35MG + 117.18MA + 113.63UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WAGO)	$151.05AB + 141.38BA + 112.35MG + 161.8MA + 109.13ML + 157.5 UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WSET)	$160.95AB + 150.66BA + 119.78MG + 172.39MA + 293.63ML + 167.81UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WOUT)	$178.4AB + 167.09BA + 133.18MG + 190.96MA + 198.5ML + 185.94UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WNOV)	$169.03 AB + 158 BA + 124.93 MG + 181.28 MA + 176.38 UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$
WDEZ)	$143.8AB + 132.44BA + 98.35MG + 156.43MA + 151.38UV \leq 10.330 \text{ mm.ha}$

Sendo:

AJAN – área irrigada no mês de janeiro, em ha;

ADEZ – área irrigada no mês de dezembro, em ha.

WJAN – volume de água disponível, no mês de janeiro, em mm.ha;

WDEZ – volume de água disponível, no mês de dezembro, em mm.ha.

AB - área plantada com abacaxizeiro (ha)

BA - área plantada com bananeira (ha)

MG - área plantada com mangueira (ha)

MA - área plantada com mamoeiro (ha)

ML - área plantada com meloeiro (ha)

UV - área plantada com videira (ha)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados visando a atender os objetivos propostos. É feita uma análise comparativa dos resultados obtidos pelo Modelo de Programação Linear estudado e o plano de cultivo do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas.

4.1 Solução ótima do modelo estudado

O modelo proposto apresentou os seguintes resultados:

Quadro 23. Área ocupada pelas culturas estudadas por categoria de produtor

Categoria do lote	Culturas	Área (ha)	%
Pequeno produtor	Banana	1,06	13,38
	Manga	4,00	50,00
	Melão	1,34	16,63
	Uva	1,60	20,00
Técnico Agrícola	Banana	2,12	13,31
	Manga	8,00	50,00
	Melão	2,68	16,69
	Uva	3,20	20,00
Engenheiro Agrônomo	Banana	3,18	13,33
	Manga	12,00	50,00
	Melão	4,02	16,67
	Uva	4,80	20,00
Empresários	Banana	8,41	13,32
	Manga	31,79	50,00
	Melão	10,66	16,68
	Uva	12,71	20,00

O plano ótimo de cultivo que apresentou a maior renda líquida sugere o cultivo de 1,06ha de bananeira, 4,00ha de mangueira, 1,34ha de meloeiro e 1,60ha de videira para o lote de pequeno produtor, 2,12ha de bananeira, 8,00ha de mangueira, 2,68ha de meloeiro e 3,20ha de videira para o lote de técnico agrícola, 3,18ha de bananeira, 12,00ha de mangueira, 4,02ha de meloeiro e 4,80ha de videira para o lote de engenheiro agrônomo e 8,41ha de bananeira, 31,79ha de mangueira, 10,66ha de meloeiro e 12,71ha de videira para o lote empresarial.

4.2 Ocupação da terra

O recurso terra é totalmente usado apenas nos meses de agosto, setembro e outubro, quando o meloeiro é cultivado. A área ociosa nos meses de outubro, novembro dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho e julho poderá ser utilizada com culturas anuais, favoráveis à adubação verde, que promoverá uma melhoria físico-química do solo.

4.3 Utilização da água

O consumo estimado de água mensal do modelo estudado não apresentou valores de demanda superior aos valores considerados nas restrições para os lotes de pequenos produtor, técnico agrícola, engenheiro agrônomo e empresarial de 1.300 mm.ha, 2.600 mm.ha, 3.900 mm.ha e 10.330 mm.ha, respectivamente.

O Quadro 24 apresenta o volume de água consumido do modelo proposto de 9.961m^3 , 20.099m^3 , 30.232m^3 e 80.111m^3 e no mês crítico (outubro), para os lotes de pequenos produtor, técnico agrícola, engenheiro agrônomo e empresarial, respectivamente.

A existência de folga do recurso água em todos os meses evidencia que o volume de água disponível é superior ao volume requerido, não sendo, portanto restritivo, determinando com isso que o preço-sombra é igual a zero.

Quadro 24. Consumo de água mensal estimado pelo modelo proposto (mm.ha)

Meses	Pequeno produtor	Técnico Agrícola	Engenheiro Agrônomo	Empresário	Total
Janeiro	3.654	7.378	11.103	29.419	51.554
Fevereiro	0	0	0	0	
Março	0	0	0	0	
Abril	0	0	0	0	
Maiο	0	0	0	0	
Junho	1.884	3.806	5.728	15.177	26.595
Julho	5.848	11.796	17.744	47.019	82.407
Agosto	8.418	16.977	25.536	67.667	118.598
Setembro	8.998	18.147	27.296	72.331	126.772
Outubro	9.961 ⁽¹⁾	20.099 ⁽²⁾	30.232 ⁽³⁾	80.111 ⁽⁴⁾	140.403
Novembro	9.396	18.950	28.504	75.532	132.382
Dezembro	7.656	15.444	23.232	61.561	107.893

Disponibilidade de água mensal:

(1) 13.000 m³

(2) 26.000 m³

(3) 29.000 m³

(4) 103.300 m³

4.4 Análise de sensibilidade

Como os coeficientes técnicos do Modelo de Programação Linear não são conhecidos com exatidão e muitas vezes estimados, estando assim sujeitos a variações, se faz necessário determinar os intervalos nos quais a solução se

mantém ótima. E isto é possível através da análise de sensibilidade dos parâmetros do Modelo de Programação Linear (Bazaraa et al., 1990). Ao se executar a sensibilidade de uma variável, todas as demais variáveis e seus coeficientes permanecem inalterados.

Uma análise de sensibilidade do modelo proposto foi realizada para se observar como a solução do modelo se altera, quando há modificações na função a ser maximizada ou na alteração das restrições.

4.5 Análise de sensibilidade da receita líquida das atividades básicas

A análise compreende as possíveis variações na receita de uma atividade básica quando ocorre variação nos preços dos produtos ou dos insumos. Nos Quadros 25 a 28, encontram-se os valores utilizados no modelo, quando a renda líquida se reduz em 40 % e quando aumenta a restrição dos mercados para a manga e a uva, assim como quando se reduz 1,0ha da área disponível, dos lotes de pequenos produtor, técnico agrícola, engenheiro agrônomo e 3,57ha do lote empresarial, para ser utilizada para residência, instalações para beneficiamento da produção e outras pequenas atividades próprias do produtor rural (suinocultura, avicultura etc).

Restrição manga (ha)	6,00	6,00	4,00	6,00
Restrição uva (ha)	3,20	3,20	2,00	3,20
Restrição milho (ha)	2,12	2,12	1,48	2,12
Manga (ha)	8,00	6,00	4,00	2,00
Milho (ha)	2,58	2,58	2,24	2,58
Uva (ha)	3,20	3,20	2,00	2,00
Área utilizada (ha)	16,00	16,00	15,20	16,00
Receita líquida PB	204.851,50	122.910,30	79.707,61	63.612,16

Quadro 25. Lote para pequenos produtores

Discriminação	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Área disponível (ha)	8,00	8,00	8,00	7,00
Redução na renda (%)	0	40,00	40,00	40,00
Restrição /manga (ha)	4, 00	4,00	2, 00	1, 00
Restrição p/uva (ha)	1,60	1,60	1,00	1,00
Banana (ha)	1,06	1,06	3,74	3,18
Manga (ha)	4,00	4,00	2,00	1,00
Melão (ha)	1,34	1,34	1,12	1,82
Uva (ha)	1,60	1,60	1,00	1,00
Área utilizada (ha)	8,00	8,00	7,87	7,00
Renda líquida R\$	102.425,80	61.455,44	39.881,41	31.333,63

Quadro 26. Lote para técnicos agrícolas

Discriminação	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Área disponível (ha)	16,00	16,00	16,00	15,00
Redução na renda (%)	0	40,00	40,00	40,00
Restrição /manga (ha)	8, 00	8,00	4, 00	2, 00
Restrição p/uva (ha)	3,20	3,20	2,00	2,00
Banana (ha)	2,12	2,12	7,49	8,42
Manga (ha)	8,00	8,00	4,00	2,00
Melão (ha)	2,68	2,68	2,24	2,58
Uva (ha)	3,20	3,20	2,00	2,00
Área utilizada (ha)	16,00	16,00	15,73	15,00
Renda líquida R\$	204.851,50	122.910,90	79.762,81	63.612,16

Quadro 27. Lote para engenheiros agrônomos

Discriminação	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Área disponível (ha)	24,00	24,00	24,00	23,00
Redução na renda (%)	0	40,00	40,00	40,00
Restrição /manga (ha)	12, 00	12,00	6, 00	3, 00
Restrição p/uva (ha)	4,80	4,80	3,00	3,00
Banana (ha)	3,18	3,18	11,23	13,63
Manga (ha)	12,00	12,00	6,00	3,00
Melão (ha)	4,02	4,02	3,36	3,35
Uva (ha)	4,80	4,80	3,00	3,00
Área utilizada (ha)	24,00	24,00	23,60	22,99
Renda Líquida R\$	307.277,30	184.366,30	119.644,20	95.879,88

Quadro 28. Lote empresarial

Discriminação	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Área disponível (ha)	63,57	63,57	63,57	60,00
Redução na renda (%)	0,00	40,00	40,00	40,00
Restrição /manga (ha)	31,79	31,79	15,80	8,00
Restrição p/uva (ha)	12,71	12,71	8,00	8,00
Banana (ha)	8,41	8,41	29,77	34,17
Manga (ha)	31,79	31,79	15,80	8,00
Melão (ha)	10,66	10,66	8,91	9,83
Uva (ha)	12,71	12,71	8,00	8,00
Área utilizada (ha)	63,57	63,57	62,47	60,00
Renda Líquida R\$	813.900,80	488.340,30	316.705,60	254.071,70

5. CONCLUSÕES INDICADORAS

A partir do estudo das culturas escolhidas para a realização deste trabalho, levando em consideração também as restrições de área cultivada e a necessidade hídrica de cada uma delas, obtivemos as seguintes conclusões:

A maximização da receita líquida anual das diversas categorias foram: Pequeno Produtor – R\$ 102.425,70; Técnico Agrícola – R\$ 204.851,50; Engenheiro Agrônomo – R\$ 307.277,30; Empresarial – R\$ 813.900,80. A receita líquida anual do Projeto de Irrigação Tabuleiro de Russas atinge um total próximo de R\$ 135 bilhões. A área total maximizada economicamente compreende o plantio de 1.368,9 ha de banana, 5.260,0 ha de manga, 1.788,8 ha de melão e 2.102,5 ha de uva.

Verificou-se que não houve alteração nas culturas selecionadas, afetando apenas a renda líquida e a área plantada, com a análise de sensibilidade realizada para cada categoria de produtor, simulando a renda líquida em 40 % e aumentando a restrição de mercado para a manga e a uva, reduzindo-se 1,0ha da área disponível dos lotes de pequenos produtor, técnico agrícola, engenheiro agrônomo e 3,57ha do lotes empresarias.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2000. Indicadores de Produtos. **ARCOS Comunicação**.p.128-545, São Paulo,2000
- ARCE, R.A.B. Otimização de um projeto hidroagrícola, no Município de Guaíra (SP), utilizando programação linear. Piracicaba: **USP**, 1990. 76p. (Mestrado em Irrigação em Drenagem – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1990).
- AUTRAN, H.R.C. Determinação da combinação ótima de atividades no perímetro irrigado de Morada Nova, Ceará, através da programação linear. Fortaleza: **UFC**, 1978. 130p. Dissertação (Mestrado em Economia Agrícola - Universidade Federal do Ceará, 1978).
- BAZARAA, M.S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. Linear programming and network flows.2ª ed. New York: **Wiley**, 1990.684p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional/DNOCS. Projeto Tabuleiros de Russas - Fortaleza: **DNOCS**, 2000.23p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional/SIH/DPE. FrutiSéries 06 Banana - Minas Gerais, Brasília: **SIH/DPE**, 2000.8p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional/SIH/DPE. FrutiSéries 07 Mamão. Minas Gerais, Brasília: **SIH/DPE**, 2000.8p.
- BRASIL .Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal/SRH/DH. FrutiSéries 02 Manga Tommy Atkins. São Paulo, Brasília: **SRH/DH**,1998.2p.

- BRASIL .Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal/SRH/DH. FrutiSéries 05 Uva Itália. São Paulo, Brasília: **SRH/DH**,1998.2p.
- CARVALHO, D. F., SOARES, A. A., RIBEIRO, C. A. S., et al. Otimização do uso da água no Perímetro Irrigado do Gorutuba, utilizando-se a técnica da programação linear. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2,p.203-209, 2000.
- CASTRO, L. C. A. Análise da irrigação por sulcos utilizando a metodologia do balanço de volume. Fortaleza: **UFC**, 1997. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará, 1997).
- CEARÁ. Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará. Perfil Básico Municipal. Limoeiro do Norte. Fortaleza: **IPLANCE**, 2000. 31p.
- CEARÁ. Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará. Perfil Básico Municipal. Morada Nova. Fortaleza: **IPLANCE**, 2000. 29p.
- CEARÁ. Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará. Perfil Básico Municipal. Russas. Fortaleza: **IPLANCE**, 2000. 31p.
- CEARÁ. Secretaria da Agricultura Irrigada/DAP/SIGA. Custo e Análise de Rentabilidade das Culturas do Abacaxi, Banana, Manga, Mamão, Melão e Uva. Fortaleza: **SEAGRI**, 2001.8p.
- DOORENBOS, J.& KASSAN, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução por H. R. Gheyi; A. A. Sousa; F. A. Damasceno, e J.F. de Medeiros . Campina Grande: **UFPB**, 994.306.il. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem,33). Tradução de Yield Response to Water.

- FANG, S. C. & PUTHEMPURA, S. Linear optimization and extensions: Theory and algorithm. **AT&T Prentice Hall**, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993. 302p.
- FAO – Food and Agriculture Organization. Statistical databases. Disponível por www em: <http://apps.fao.org/inicio.htm> (20, mar. 2002).
- FRIZZONE, J. A., BOTREL, T. A., ARCE, R. A. B., et. al. Alocação de água e combinação de atividades pela programação linear em um projeto hidroagrícola no Município de Guaíra(SP). Piracicaba: **Scientia Agricola**, v.51,n.3,p.524-532.1994.
- FRIZZONE J. A. Modelo de programação linear para otimizar o uso da água em Perímetros Irrigados e sua aplicação no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho. Piracicaba: **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, 57p. Tese (Livre Docente), 1996.
- FRIZZONE, J. A., SILVEIRA, S. DE F. R. Curso de gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentado de projetos hidroagrícolas. Brasília: 1996.89p.
- HARGREAVES, G. H. Precipitation dependability and potentials for agricultural production in Northeast Brazil. Logan: **Utah State University**, 1974. 123p.
- LABADIE, J. W., HEEMANN, D. F. Optimal scheduling of furrow irrigations via linear programming. St. Joseph: **ASAE**, 1981.33p. (ASAE. Paper,31-5008).
- PRADO, D. S. Programação Linear. Belo Horizonte: **Editora de Desenvolvimento Gerencial**, 1999.208p.

RODRIGUES, J. A. L. Plano ótimo de cultivo no Projeto de Irrigação Morada Nova, Ceará, utilizando modelo de programação linear. Fortaleza: **UFC**, 2000. 81p. (Mestrado em Irrigação e Drenagem - Universidade Federal do Ceará, 2000).

TERRA PLANETA ÁGUA. Disponível por [www](http://geocities.yahoo.com.br/olirum_pr/situacao.htm) em:
http://geocities.yahoo.com.br/olirum_pr/situacao.htm (14, fev. 2002).

TSAKIRIS, G., KIOUNTOUZIS, E. A Model for the optimal operation of an irrigation system. **Agricultural Water Management**. Amsterdam, n.5,p.241-252.1982.

VALENCIA, J. C. Programación linear para la formulación de planos de cultivos en los distritos de riego de México. México: **Recursos Hidráulicos**, v.4,n.4. 562-77. 1975.

VAN DEMAN, J. M., SOWEL, R. E. Otimization of water use for irrigation. St. Joseph: **ASAE**, 1976. 20p. (ASAE. Paper, 76-2526).

Anexo 01. Valores nominais de receita, despesa e renda líquida das culturas selecionadas

Cultura	ANOS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
Abacaxi																
Receita	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	7.559,93	113.398,90
Despesa	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	5.234,63	78.519,50
Renda Líquida	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	2.325,29	34.879,40
Banana																
Receita	2.100,00	8.400,00	10.500,00	21.000,00	2.100,00	8.400,00	10.500,00	21.000,00	2.100,00	8.400,00	10.500,00	21.000,00	2.100,00	8.400,00	10.500,00	147.000,00
Despesa	5.556,02	3.732,61	4.078,52	13.437,15	5.556,02	3.732,61	4.078,52	13.437,15	5.556,02	3.732,61	4.078,52	13.437,15	5.556,02	3.732,61	4.078,52	93.780,05
Renda Líquida	(3.456,02)	4.667,39	6.421,48	7.562,85 (3.456,02)	4.667,39	6.421,48	7.562,85 (3.456,02)	4.667,39	6.421,48	7.562,85 (3.456,02)	4.667,39	6.421,48	7.562,85 (3.456,02)	4.667,39	6.421,48	53.219,95
Manga																
Receita	-	-	8.303,30	16.606,60	29.891,88	36.534,52	36.534,52	36.534,52	36.534,52	36.534,52	36.534,52	36.534,52	36.534,52	36.534,52	36.534,52	420.146,98
Despesa	5.838,72	2.882,27	4.935,83	5.808,15	7.090,57	8.113,18	8.113,18	8.113,18	8.113,18	8.113,18	8.113,18	8.113,18	8.113,18	8.113,18	8.113,18	107.687,34
Renda Líquida	(5.838,72)	(2.882,27)	3.367,47	10.798,45	22.801,31	28.421,34	28.421,34	28.421,34	28.421,34	28.421,34	28.421,34	28.421,34	28.421,34	28.421,34	28.421,34	312.459,64
Mamão																
Receita	3.360,00	13.440,00	5.600,00	3.360,00	13.440,00	5.600,00	3.360,00	13.440,00	5.600,00	3.360,00	13.440,00	5.600,00	3.360,00	13.440,00	5.600,00	112.000,00
Despesa	5.953,29	6.438,82	3.138,33	5.953,29	6.438,82	3.138,33	5.953,29	6.438,82	3.138,33	5.953,29	6.438,82	3.138,33	5.953,29	6.438,82	3.138,33	77.652,20
Renda Líquida	(2.593,29)	7.001,18	2.461,67 (2.593,29)	7.001,18	2.461,67 (2.593,29)	7.001,18	2.461,67 (2.593,29)	7.001,18	2.461,67 (2.593,29)	7.001,18	2.461,67 (2.593,29)	7.001,18	2.461,67 (2.593,29)	7.001,18	2.461,67	34.347,80
Melão																
Receita	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	17.280,00	259.200,00
Despesa	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	13.065,60	195.984,00
Renda Líquida	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	4.214,40	63.216,00
Uva																
Receita	-	-	21.328,00	42.656,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	53.320,00	650.504,00
Despesa	18.224,22	8.340,48	13.186,94	16.043,45	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	17.694,64	250.436,13
Renda Líquida	(18.224,22)	(8.340,48)	8.141,06	26.612,55	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	35.625,36	400.067,87

Fonte: SEAGRI, 2001.

Anexo 02. Necessidades de água para a cultura do abacaxizeiro

Meses	ET_o (mm)	K_c	ET_m (mm)	K_r	ET_r (mm)	P.E. (mm)	N.I. (mm)	E_a	L_b (mm)
Janeiro	189,00	0,80	151,2	0,90	136,08	71,20	64,88	0,80	81,10
Fevereiro	150,00	0,80	120	0,90	108,00	119,50	0,00	0,80	-
Março	135,00	0,80	108	0,90	97,20	154,50	0,00	0,80	-
Abril	126,00	0,80	100,8	0,90	90,72	151,80	0,00	0,80	-
Mai	120,00	0,80	96	0,90	86,40	113,00	0,00	0,80	-
Junho	117,00	0,80	93,6	0,90	84,24	48,50	35,74	0,80	44,68
Julho	142,00	0,80	113,6	0,90	102,24	15,60	86,64	0,80	108,30
Agosto	172,00	0,80	137,6	0,90	123,84	3,00	120,84	0,80	151,05
Setembro	183,00	0,80	146,4	0,90	131,76	3,00	128,76	0,80	160,95
Outubro	201,00	0,80	160,8	0,90	144,72	2,00	142,72	0,80	178,40
Novembro	196,00	0,80	156,8	0,90	141,12	5,90	135,22	0,80	169,03
Dezembro	202,00	0,80	161,6	0,90	145,44	30,40	115,04	0,80	143,80

Anexo 03. Necessidades de água para a cultura da bananeira

Meses	ET_o (mm)	K_c	ET_m (mm)	K_r	ET_r (mm)	P.E. (mm)	N.I. (mm)	E_a	L_b (mm)
Janeiro	189,00	0,90	170,1	0,75	127,58	71,20	56,38	0,80	70,47
Fevereiro	150,00	0,90	135	0,75	101,25	119,50	0,00	0,80	-
Março	135,00	0,90	121,5	0,75	91,13	154,50	0,00	0,80	-
Abril	126,00	0,90	113,4	0,75	85,05	151,80	0,00	0,80	-
Mai	120,00	0,90	108	0,75	81,00	113,00	0,00	0,80	-
Junho	117,00	0,90	105,3	0,75	78,98	48,50	30,48	0,80	38,09
Julho	142,00	0,90	127,8	0,75	95,85	15,60	80,25	0,80	100,31
Agosto	172,00	0,90	154,8	0,75	116,10	3,00	113,10	0,80	141,38
Setembro	183,00	0,90	164,7	0,75	123,53	3,00	120,53	0,80	150,66
Outubro	201,00	0,90	180,9	0,75	135,68	2,00	133,68	0,80	167,09
Novembro	196,00	0,90	176,4	0,75	132,30	5,90	126,40	0,80	158,00
Dezembro	202,00	0,90	181,8	0,75	136,35	30,40	105,95	0,80	132,44

Anexo 04. Necessidades de água para a cultura do mamoeiro

Meses	ETo (mm)	Kc	ETm (mm)	Kr	ETr (mm)	P.E. (mm)	N.I. (mm)	Ea	Lb (mm)
Janeiro	189,00	1,10	207,9	0,70	145,53	71,20	74,33	0,80	92,91
Fevereiro	150,00	1,10	165	0,70	115,50	119,50	0,00	0,80	-
Março	135,00	1,10	148,5	0,70	103,95	154,50	0,00	0,80	-
Abril	126,00	1,10	138,6	0,70	97,02	151,80	0,00	0,80	-
Mai	120,00	1,10	132	0,70	92,40	113,00	0,00	0,80	-
Junho	117,00	1,10	128,7	0,70	90,09	48,50	41,59	0,80	51,99
Julho	142,00	1,10	156,2	0,70	109,34	15,60	93,74	0,80	117,18
Agosto	172,00	1,10	189,2	0,70	132,44	3,00	129,44	0,80	161,80
Setembro	183,00	1,10	201,3	0,70	140,91	3,00	137,91	0,80	172,39
Outubro	201,00	1,10	221,1	0,70	154,77	2,00	152,77	0,80	190,96
Novembro	196,00	1,10	215,6	0,70	150,92	5,90	145,02	0,80	181,28
Dezembro	202,00	1,10	222,2	0,70	155,54	30,40	125,14	0,80	156,43

Anexo 05. Necessidades de água para a cultura da mangueira

Meses	ETo (mm)	Kc	ETm (mm)	Kr	ETr (mm)	P.E. (mm)	N.I. (mm)	Ea	Lb (mm)
Janeiro	189,00	0,90	170,1	0,60	102,06	71,20	30,86	0,80	38,58
Fevereiro	150,00	0,90	135	0,60	81,00	119,50	0,00	0,80	-
Março	135,00	0,90	121,5	0,60	72,90	154,50	0,00	0,80	-
Abril	126,00	0,90	113,4	0,60	68,04	151,80	0,00	0,80	-
Mai	120,00	0,90	108	0,60	64,80	113,00	0,00	0,80	-
Junho	117,00	0,90	105,3	0,60	63,18	48,50	14,68	0,80	18,35
Julho	142,00	0,90	127,8	0,60	76,68	15,60	61,08	0,80	76,35
Agosto	172,00	0,90	154,8	0,60	92,88	3,00	89,88	0,80	112,35
Setembro	183,00	0,90	164,7	0,60	98,82	3,00	95,82	0,80	119,78
Outubro	201,00	0,90	180,9	0,60	108,54	2,00	106,54	0,80	133,18
Novembro	196,00	0,90	176,4	0,60	105,84	5,90	99,94	0,80	124,93
Dezembro	202,00	0,90	181,8	0,60	109,08	30,40	78,68	0,80	98,35

Anexo 06. Necessidades de água para a cultura do meloeiro

Meses	ET_o (mm)	K_c	ET_m (mm)	K_r	ET_r (mm)	P.E. (mm)	N.I. (mm)	E_a	L_b (mm)
Agosto	172,00	0,75	129	0,70	90,30	3,00	87,30	0,80	109,13
Setembro	183,00	1,30	237,9	1,00	237,90	3,00	234,90	0,80	293,63
Outubro	201,00	0,80	160,8	1,00	160,80	2,00	158,80	0,80	198,50

Anexo 07. Necessidades de água para a cultura da videira

Meses	ET_o (mm)	K_c	ET_m (mm)	K_r	ET_r (mm)	P.E. (mm)	N.I. (mm)	E_a	L_b (mm)
Janeiro	189,00	0,75	141,75	1,00	141,75	71,20	70,55	0,80	88,19
Fevereiro	150,00	0,75	112,5	1,00	112,50	119,50	0,00	0,80	-
Março	135,00	0,75	101,25	1,00	101,25	154,50	0,00	0,80	-
Abril	126,00	0,75	94,5	1,00	94,50	151,80	0,00	0,80	-
Maió	120,00	0,75	90	1,00	90,00	113,00	0,00	0,80	-
Junho	117,00	0,75	87,75	1,00	87,75	48,50	39,25	0,80	49,06
Julho	142,00	0,75	106,5	1,00	106,50	15,60	90,90	0,80	113,63
Agosto	172,00	0,75	129	1,00	129,00	3,00	126,00	0,80	157,50
Setembro	183,00	0,75	137,25	1,00	137,25	3,00	134,25	0,80	167,81
Outubro	201,00	0,75	150,75	1,00	150,75	2,00	148,75	0,80	185,94
Novembro	196,00	0,75	147	1,00	147,00	5,90	141,10	0,80	176,38
Dezembro	202,00	0,75	151,5	1,00	151,50	30,40	121,10	0,80	151,38