

UTILIZAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA PRODUÇÃO FLORESTAL

EUCLIDES GOMES PARENTE FILHO

FORTALEZA-CEARÁ
1995

UTILIZAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA PRODUÇÃO FLORESTAL



EUCLIDES GOMES PARENTE FILHO

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE
ESPECIALIZAÇÃO EM ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS
RENOVÁVEIS E POLÍTICA AMBIENTAL, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA-CEARÁ-BRASIL

1995

ii

R14361295
04/04/2023.

BIBLIOTECA SETORIAL
No 16196
DATA 28/11/96
DEPTO DE ECONOMIA E CONTABILIDADE

TCC
338.7
P252n

A 215157

“Florestas são grandiosas mais ecologicamente frágeis. Elas têm efeitos substanciais sobre o microclima, pois reduzem a amplitude das variações de temperatura durante o dia, ajudam a manter uma camada fresca e úmida de ar, e melhoram o clima local. Seus impactos totais com os consequentes benefícios para o homem são o de amenizar as interações dos elementos que compreendem o sistema ecológico.”

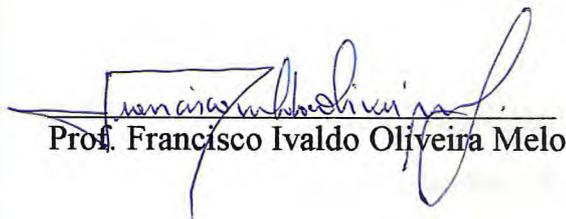
Esta monografia foi submetida à coordenação do Curso de Especialização em Economia dos Recursos Naturais Renováveis e Política Ambiental, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Economia dos Recursos Naturais e Política Ambiental, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Setorial do Departamento de Economia Agrícola.

A citação de qualquer trecho desta monografia é permitida, desde que seja de conformidade com as normas da ética científica.



Euclides Gomes Parente Filho

MONOGRAFIA APROVADA EM: 29/09/95



Prof. Francisco Ivaldo Oliveira Melo



Prof. Mauro Ferreira Lima



Profª Maria Irles de Oliveira Mayorga

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela ciência que recebi, que ela se constitua num degrau para que eu alcance a vós, fonte de toda ciência e sabedoria ;

A CAPES, pelo auxílio financeiro que dela recebi durante o Curso;

Ao Professor Francisco Ivaldo Oliveira Melo pela orientação e apoio indispensáveis a execução deste trabalho;

Aos Professores Mauro Ferreira Lima e Maria Irles de Oliveira Mayorga pelas sugestões, participações e orientações neste trabalho;

Ao Professor Romildo Albuquerque dos Santos pelas orientações acadêmicas e amizade;

A Engenheira Agrônoma Kátia Maria da Silva, pela atenção, presteza e confiança em todos os momentos que necessitei;

Aos Engenheiros Agrônomos Francisco Casimiro Filho, Regina Lúcia Feitosa Dias, à Engenheira Civil Marta Tereza Falcão Frota e à Administradora de Empresa Cacilda Araújo Furtado pela oportunidade do convívio agradável e amigo;

Aos demais colegas do Curso de Especialização em Economia dos Recursos Naturais Renováveis e Política Ambiental que, demonstraram ensinamentos mútuos, solidariedade e companheirismo, durante nosso período de convivência;

Ao Empresário e Proprietário da Fazenda Maturí(Caucaia-CE);

Às Bibliotecárias Jandira Maria Gomes Ribeiro, Maria Eliete de Oliveira, Vera Lúcia Dias Carvalho e Margareth de Figueiredo Nogueira Mesquita, pela ajuda quando solicitada;

Aos meus Familiares, em especial meu Pai, Euclides, de quem herdei o nome e o exemplo de honradez, responsável por conquistas por min conseguidas;

Aos Professores do Curso, pela seriedade e dedicação manifestadas;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concessão deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. O Problema e Sua Importância	1
1.2. Objetivos	5

CAPÍTULO II

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. As Florestas	6
2.2. A Programação Linear	17

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo	21
3.2. O Método de Análise	23
3.2.1. Conceito	23
3.2.2. Modelos	24
3.2.3. Limitações	25
3.2.4. Formulação Matemática do Modelo	27
3.2.5. Método Simplex	28
3.3. A Análise	29
3.3.1. Situação I	29
3.3.2. Situação II	30

3.3.3. Situação III	31
3.3.4. Situação IV	31
3.3.5. Situação V	32

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
---------------------------------	----

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÕES	40
---------------------	----

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	42
APÊNDICE	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Coeficientes Técnicos por tipologia e por estrato para as situações I e II(Fazenda Maturi - Caucaia - CE)	30
TABELA 2 -	Coeficientes Técnicos por tipologia e por estrato para as situações III e IV(Fazenda Maturi - Caucaia - CE)	32
TABELA 3 -	Coeficientes Técnicos por tipologia e por estrato para as situação V(Fazenda Maturi - Caucaia - CE)	33
TABELA 4 -	Resultado da análise para a situação I	34
TABELA 5 -	Resultado da análise para a situação II	35
TABELA 6 -	Resultado da análise para a situação III	36
TABELA 7 -	Resultado da análise para a situação IV	37
TABELA 8 -	Resultado da análise para a situação V	38

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Valor da produção florestal no Estado do Ceará	6
QUADRO 2	Imposto de circulação de mercadoria e serviços arrecadados no Estado do Ceará	7
QUADRO 3	Contribuição do subsetor florestal na arrecadação do ICMS no Estado do Ceará.	7
QUADRO 4	Espécies florestais, em percentagem, para a produção de forrageiras por estratos de áreas, do Estado do Ceará, em 1992	8
QUADRO 5	Espécies mais importantes com suas diversas formas de uso inventariadas no Estado do Ceará em 1992	15
QUADRO 6	Espécies de maior predominância na Fazenda Maturi, Caucaia CE	22

RESUMO

Este trabalho ressalta a simplicidade, facilidade de utilização e eficácia da programação linear em um sistema de produção florestal sustentável, através de cinco situações (planos) distintos submetidos a restrições de recursos, e ainda, sua contribuição no tocante ao desperdício de recursos, fixação e melhoria de vida da população rural, manutenção do equilíbrio ecológico e conseqüentemente produtividade.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

A floresta é um componente dos recursos naturais renováveis, como tal, é um importante fator para a manutenção do equilíbrio ecológico indispensável à sobrevivência da própria humanidade.

Na agropecuária, a floresta serve como um suporte básico, mantendo e conservando o meio físico e biótico (solo, água, clima), no qual suas atividades são desenvolvidas, proporcionando-lhe os produtos madeiros e não madeiros utilizáveis no processo de produção de vários outros.

A partir de meados da década de 80, a percepção mundial da existência de uma classe ecológico-ambiental de dimensão planetária - gerada pelo modelo de globalidade das sociedades nacionais, e que se traduz por uma relação sociedade/natureza caracterizada por elevada agressão sócio-ambiental vem mobilizando contingentes populacionais cada vez maiores, os quais se somam aos grupos sociais que lutam pela obtenção de um modelo de desenvolvimento socialmente justo, então também qualificado como ecologicamente viável.

Em toda a história da humanidade, a madeira, ao lado da água, foi um dos recursos naturais mais utilizado em diversas formas. Quando uma árvore era abatida ou pegava-se um pedaço de madeira visando sua utilização apenas como lenha, implemento ou construção de habitações, tentava-se já fazer uma classificação, visto que, decidia-se os comprimentos das toras no momento do empilhamento.

O desmatamento indiscriminado visando não apenas à expansão da fronteira agrícola, mas, principalmente, ao abastecimento, seja como matéria-prima ou ainda como combustível das pequenas e médias unidades industriais e comerciais cearenses (panificadoras, olarias, torrefação, serrarias, fábricas de móveis, caieiras, siderúrgicas, bares, pizzarias, lanchonetes, etc.), bem como o

consumo doméstico (cozimento de alimento), tem sido as causas da descaracterização e degradação ambiental no Estado do Ceará.

Apesar desse processo ocorrer de forma generalizada, pode-se destacar áreas onde se faz notar de forma mais incisiva: microrregiões da Ibiapaba, Araripe, Sobral, Sertões de Canidé, Uruburetama, Sertões de Senador Pompeu, Baturité, Litoral de Pacajus, Sertões de Cratêus, Iguatu e a Região Metropolitana de Fortaleza.

Os recursos vegetais do Ceará são classificados, de maneira global, em florestas de caatingas, formações florestais úmidas e num terceiro grupo denominado genericamente de "outras formações". As formações florestais predominam nas serras e vales úmidos e se destacam como manchas verdes.

O Ceará, já foi auto-suficiente em madeira de lei e em outras espécies menos nobres usadas para pequenas construções, consumo industrial e doméstico. Segundo levantamento do antigo IBDF, hoje IBAMA, em 1978, um total de 93,6% da madeira utilizada no Ceará, provinham do Norte e Sul do País e apenas 6,4% tinham origem nordestina com exclusão do Ceará cuja participação já era nula estatisticamente naquele ano (ZAKIA, 1994).

Segundo COELCE (1989), a energia consumida no Ceará, 28,2% provinha da eletricidade, 29,8% da lenha e carvão, 23,9% dos derivados de petróleo e 18,1% de outras fontes. Para tanto, segundo o IBGE (1986) o Ceará conseguiu 12,8 milhões de m³ de lenha e 30.711 t de carvão contra 13,7 milhões de m³ de lenha e 43.951 de carvão consumidos em 1987 segundo a mesma fonte.

Atualmente, a exploração de florestas, como objetivo de aproveitamento de madeira para qualquer finalidade, só poderá ser feita através de plano de manejo de rendimento sustentado, devidamente aprovado pelo IBAMA.

A taxa de reposição florestal a que estão sujeitos os consumidores de lenha e carvão vegetal deverá ser feita na proporção de 6 (seis) árvores por metro cúbico sólido de madeira. A reposição florestal é calculada sobre a capacidade de produção ou consumo declarado pela empresa, em dimensão nunca inferior ao

necessário a atividade por um exercício, de acordo com as características de cada categoria.

A maioria das tecnologias florestais atualmente disponíveis é direcionada para as monoculturas, voltadas na maioria das vezes somente para o lado econômico, sem a preocupação com a proteção e/ou recuperação dos solos.

Estima-se que desde a metade do século o mundo já perdeu uma quinta parte da superfície cultivável e um quinto das florestas tropicais. A cada ano são perdidos 20 milhões de hectares de florestas e 25 bilhões de toneladas de húmus por efeito da erosão, desertificação, salinização e outros processos de degradação do solo.

A degradação dos solos brasileiros é consequência de técnicas agrícolas inadequadas e da super utilização destes, seja para maximizar lucros a curto prazo, ou para assegurar a sobrevivência, fruto direto da exploração intensiva do solo.

Percebe-se então, que meio ambiente e desenvolvimento não constituem desafios separados; estão inevitavelmente interligados. O desenvolvimento não se mantém se a base de recursos ambientais se deteriora; o meio ambiente não pode ser protegido se o crescimento não leva em conta as consequências da destruição ambiental. Eles fazem parte de um sistema complexo de causa e efeito.

A qualidade de vida e a produção de alimentos diminuíram em alguns países tropicais (BILSBORROW e GEORGES 1990). A degradação do meio ambiente, em consequência da agricultura desenvolvida pelos pequenos agricultores, tem sido uma dessas causas. Existem muitos estudos que mostram os prejuízos ambientais provocados pelos pequenos agricultores (MORAN, 1983; COLLINS, 1986; BLAIKIE e BROOKFIELD, 1987). Existem cerca de 500 milhões de pequenos produtores a nível mundial, onde uma grande parcela se dedica à agricultura baseada na derruba da floresta e queima. Estas atividades afetam 2,4 milhões de quilômetros quadrados de floresta densa, ou cerca de 20% das florestas tropicais do globo (GOLDAMMER, 1988; FAO/UNEP 1982a, 1982b, 1982c, 1982d). Por representar um grande contingente populacional, os

pequenos produtores consistem uma ameaça a ecologia mundial, se as suas práticas agrícolas não forem substituídas por outras mais adequadas.

Uma das causas dos desmatamentos identifica uma relação entre a queda na produtividade dos solos acompanhada da degradação ambiental. Os pequenos agricultores se instalam nas estradas abertas na floresta densa e iniciam o processo de derrubada e queimada. Depois de alguns anos, a produtividade dos solos diminui e os produtores passam a repetir o mesmo processo em outra parte da propriedade ou em novo local e o ciclo de degradação continua (FAO/UNEP, 1982b).

LIMA (1993b), comenta que na região semi-áridas, a contribuição do pequeno agricultor na degradação ambiental, se dá principalmente pela super utilização da área, já visto que dispõem de pequenas propriedades (minifúndio), e são obrigados a retornar a área anteriormente utilizada sem que esteja totalmente recuperada, ou seja o período de descanso adequado ainda não se encontra completo.

É fato notório que deixar as áreas florestais intactas não é a maneira correta para resolver o problema, haja vista que a demanda por madeira tem importância significativa em termos econômicos. Uma forma bastante lógica de solucionar o problema de degradação das florestas seria uma exploração racional, consciente, e por que não dizer, técnica. Isto posto será conseguido que haja quebra da cadeia formada pelo ciclo hidrológico, o crescimento da vegetação, a formação do solo e a vivência dos animais.

O esclarecimento da opinião pública é indispensável e imprescindível para a compreensão geral dos problemas nordestinos, especialmente daqueles da flora, da água e do solo em relação ao aumento de população. Felizmente, as florestas não são, por exemplo, iguais aos minérios, uma vez que são renováveis. Assim, possibilitam ao homem, através de técnicas e pesquisas, dentre elas podemos destacar: melhores métodos de plantio e conservação, implantação de sistemas Agroflorestais e Agrosilvipastoris evitando assim a desertificação do meio.

1.2. OBJETIVOS

1. Estudar o comportamento da programação linear, aplicada a empresa agrícola nas nossas condições regionais visando a exploração florestal.
2. Determinar a combinação ótima das variáveis dentro das restrições dos dados na empresa escolhida.
3. Ressaltar a importância da programação linear na administração dos recursos produtivos, fixação da mão-de-obra, atuação com custos compatíveis e segurança no suprimento de matéria-prima.

CAPITULO II

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. AS FLORESTAS

O setor florestal brasileiro, responsável por 4% do PIB, com exportações superiores a 1 bilhão de dólares, emprega direta e indiretamente 3,5% da população ativa do meio rural.(FAO/UNEP, 1984).

A participação do setor florestal no PIB cearense foi de 1% em 1989, correspondendo a 6% do setor agropecuário (IPLANCE, 1991). Este nível de participação, porém, é bem maior, pois no cálculo, só estão incluídos os produtos florestais comercializados, não contabilizando-se a produção autoconsumida. Vale salientar que o uso industrial do recurso florestal tem impacto acumulativo para a economia, com empregos e uso de recurso local.

O valor da produção florestal, no ano de 1992 no Ceará (QUADRO 1), foi de 53.573.414 dólares, representando 3,3% do valor bruto da produção em 1992, e dentre a produção florestal a lenha demonstrou acentuado destaque.

QUADRO 1: Valor da produção florestal no Estado do Ceará em 1992.

PRODUTO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR (US\$)	
			Unitário	Total
Cera de carnaúba	Kg	1.226.000	1,14	1.397.640
Estaca	Unid.	9.717.000	0,20	1.943.400
Lenha	st	16.793.467	2,73	45.846.164
Palha de carnaúba	Unid.	92.363.000	0,03	2.770.890
Pó de carnaúba	Kg	1.923.00	0,84	1.615.320
Total				53.573.414

FONTE:PROJETO PNUD/FAO/IBAMA/GOV. CEARÁ, (1993).

Com relação ICMS, os quadros a seguir evidenciam que o subsetor florestal contribuiu com um total de 981.813,58 dólares significando 0,2% do total do Estado e 6,8% da contribuição total do subsetor agropecuário (QUADRO 2).

QUADRO 2: imposto de circulação de mercadoria e serviços arrecadados no Estado do Ceará.

SETOR	VALOR ARRECADADO(US\$ 1,00)
Agropecuário	14.541.313,35
• Agricultura	9.239.723,80
• Pecuária	2.462.794,86
• Floresta	981.813,58
• Outros	1.856.981,11
Industrial	149.785.870,35
Serviços	300.365.065,01
Total	464.692.246,71

FONTE: SEFAZ(1992)

QUADRO 3: Contribuição do subsetor florestal na arrecadação do ICMS no Estado do Ceará.

PRODUTOS	VALOR ARRECADADO(US\$ 1,00)
Estaca e lenha	77.570,31
Carvão vegetal	37.029,34
Cera de carnaúba	867.213,94
Total	961.813,59

FONTE: SEFAZ(1992)

Em razão de problemas de produtividade dos solos e problemas sociais ligados a produção de madeira, alimentos e ecologia, confirma-se a importância da utilização de sistema de planejamento e manejo florestal. A região semi-árida é um exemplo típico dessa problemática, apresentando solos frágeis, pouco profundo e precipitações pluviométricas com um regime de distribuição muito irregular, onde existe grande pressão sobre os recursos vegetais. A exploração desses recursos de forma irracional e intensiva, sempre imediatista, tem concorrido para a degradação

da vegetação, comprometendo conseqüentemente, o precário equilíbrio ecológico da região (GORGATTI NETTO, 1984).

No Brasil, as perdas do solo por erosão atingem 25 t/ano/ha (GRUPO DE TRABALHO AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE DO FÓRUM ONG'S BRASILEIRAS PREPARATÓRIO PARA CONFERÊNCIA/92 DA SOCIEDADE CIVIL, 1993). No Ceará, as perdas são bem mais alarmantes, chegando a cerca de 40 - 100 t de solos agricultáveis por hectare/ano (SEARA, 1990). Isto se deve principalmente à ação do sol, dos ventos e das chuvas em solos desnudo, resultando do desmatamento indiscriminado. Este fator de degradação aumenta o arrasto de sedimentos e, conseqüentemente, da camada úmida do solo, proporcionando altas taxas de assoreamento.

Outro fator de contribuição das florestas para a agricultura, principalmente em regiões semi-áridas como o Ceará, é o fato de a floresta ser o maior termostato da natureza. Sabe-se que as grandes oscilações de temperatura são extremamente prejudiciais para a fisiologia vegetal e, em conseqüência, para a produção agrícola de alimentos (PRIMAVESI, 1990).

Para evidenciar esta afirmativa, o mesmo autor destaca que na parte da Argentina, onde as florestas foram eliminadas para dar lugar a pastagens e campos agrícolas (expansão da fronteira agrícola), o fenômeno de temperaturas extremas durante as 24 horas do dia (característica do clima desértico) foi observado e está dando um caráter semidesértico à paisagem. Já em locais onde as florestas ainda permanecem intactas, as temperaturas são mais amenas, e, por isso mesmo, favorecem o desenvolvimento de uma agricultura dentro dos padrões técnicos de exploração.

A proporção do uso racional dos recursos naturais é uma imposição da natureza à medida que avultam as necessidades dos grupos humanos e que se prevêem as exigências das gerações futuras (CEARÁ, 1992).

A cobertura vegetal não tem somente a função de fornecer madeiras e preservar o solo, a água e a fauna. A mata e a caatinga constituem o fator primordial no equilíbrio biológico regional. Todos os seres vivos se reproduzem e

com, o tempo, será atingido um ponto em que o balanço biológico do ambiente será rompido, caso a comunidade humana, inventora e responsável, não cuida de manter o mínimo necessário para o equilíbrio ecológico (LIMA, 1993a).

A crescente escassez de reserva de terras causada pela constante pressão demográfica e pelas práticas de uso da terra incompatíveis com a capacidade de sustentação dos solos e dos recursos naturais, tem acarretado sérios prejuízos ecológicos. Ano após ano, mais de cinco milhões de hectares de terra potencialmente produtiva, se perdem por desertificação nas zonas climáticas áridas e semi-áridas do mundo (VOLLMER, 1981).

Na pecuária, é a partir, por exemplo, de espécies da caatinga que o agricultor encontra suporte forrageiro para a criação de bovinos, ovinos e caprinos. Neste ponto, estima-se que a caatinga oferece, aproximadamente, 270 Kg/ha/ano de forragem para caprinos, e 210 Kg/ha/ano de forragem para bovinos e ovinos. Este potencial sofre grandes variações locais e também flutua em função das condições climáticas anuais (ARAÚJO FILHO, 1992).

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO NO NORDESTE DO BRASIL (1993), constatou que, na pecuária extensiva as espécies mais utilizadas são: Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth), Pau-branco (*Auxemma onocalyx* Taub), Jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Benth), Catingueira(*Caesalpinia bracteosa* Tul) e Juazeiro(*Zizyphus joazeiro* Mart), como pode-se observar no QUADRO 4.

QUADRO 4: Espécies florestais, em porcentagem, para a produção de forrageiras por estratos de áreas, do Estado do Ceará, em 1992.

ESPÉCIE	ESTRATOS DE ÁREAS						MÉDIA
	0 - 10	10 - 50	50 - 100	100-500	500-1000	> 1000	
Sabiá	38,8	37,5	40,0	20,0	27,5	33,4	32,8
Pau-branco	0,0	18,7	20,0	20,0	18,2	16,6	15,6
Jurama preta	22,2	0,0	0,0	0,0	27,3	16,7	11,0
Catingueira	0,0	12,5	20,0	0,0	9,0	0,0	6,9
Juazeiro	16,7	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	5,8
Jucá	11,2	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Faveleira	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	3,3
Mufumbo	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	3,3
Marmeleiro	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	3,3
Cipós	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	2,8
Mororó	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	2,8
Feijão bravo	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
Canafístula	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9
Algaroba	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	1,7
Jiquiri	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	1,7
Total	100	100	100	100	100	100	100

FONTE: PROJETO PNUD/FAO/IBAMA/GOV. CEARÁ, (1993).

Para a região semi-árida sugere-se uma silvicultura diversificada e consorciada, que se reflita mais para o social e ecológico do que para o econômico. Nestas áreas, os sistemas agroflorestais constituem importante alternativa para contribuir com o aumento da capacidade produtiva e reabilitação das áreas degradadas. Embora poucos resultados tenham sido registrados, diversas tentativas de pesquisa envolvendo o consórcio de espécie florestais com culturas agrícolas

foram feitas, porém os resultados foram na maioria das vezes negativos devido quase sempre às irregularidades das chuvas, seguidas de secas prolongadas, impossibilitando o estabelecimento dessas culturas (RIBASKI, 1991).

Dados estatísticos revelam que nessas áreas a probabilidade de sucesso da agricultura de sequeiro (dependente de chuvas) é de 3 anos de acerto para cada 10 anos. Isto mostra o alto risco desta prática, evidenciando a necessidade da diversificação agropecuária (RIBASKI, 1991).

Dessa maneira, nas áreas de sequeiro, o sistema silvipastoril é a alternativa mais viável para a recuperação de pastagens degradadas e implantação de novas áreas para produção de forragem, pois nessas áreas a vegetação nativa (caatinga) possui baixa capacidade suporte, em média de 13 ha/animal (SALVIANO, 1984). Isto se deve à escassez de alimento durante os períodos de seca, quando a disponibilidade de forragem é bastante reduzida, em razão da pobreza do seu estrato herbáceo em gramíneas e/ou leguminosas com potencial forrageiro.

BRAID (1993), cita ser incontestável a forte influência do subsetor florestal na economia do Estado do Ceará, visto que a participação do material lenhoso é força preponderante na indústria, na agricultura e no balanço energético do Estado. Sem contar, ainda, com a expressiva contribuição social da atividade florestal que, em época de estiagem, é a responsável pela sobrevivência da maior parte da população rural. É através da retirada de lenha, estaca, Morrões, produção de carvão vegetal, exploração da carnaúba, etc., que o Estado consegue absorver a mão-de-obra ociosa liberada pela agricultura no período não chuvoso.

Segundo o mesmo autor, deve-se chamar atenção para a contribuição do subsetor florestal na renda do produtor rural (13,6%), mais em contrapartida, é também conveniente salientar que o sistema de produção aliado à estrutura fundiária do Estado favorece o processo de degradação dos recursos naturais na medida em que os minifúndios, resultantes dessa estrutura, intensificando o uso da terra, insuficiente até para a subsistência, escasseiam a disponibilidade desses mesmos recursos.

O componente florestal nativo é principalmente na preservação da biodiversidade, pois cria condições favoráveis à variabilidade genética, diversidade de espécies da flora e fauna, como também da diversidade de ecossistemas. Contribui para proliferação de organismos em seu habitat, interagindo na unidade ecológica. A perda da diversidade genética animal como vegetal, eleva o grau de uniformidade, e, conseqüentemente, aumenta a vulnerabilidade das espécies às forças ambientais (adversidades climáticas, pragas e doenças) (PROJETO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO NO NORDESTE DO BRASIL, 1993).

Segundo STARKE (1991), a destruição de floresta e de outras áreas agrestes causa a extinção de espécies vegetais e animais e reduz drasticamente a diversidade genética dos ecossistemas. Esse processo priva as gerações atuais e futuras de material genético para aperfeiçoar variedades de cultivos, tornando-as vulneráveis ao desgaste provocado pelo clima, às pragas e às doenças. O desaparecimento de espécies e subespécies, muitas delas ainda não estudadas pela ciência, priva-nos de importantes fontes potenciais de remédios e produtos químicos industriais. Destroi para sempre seres de grande beleza e partes de nosso patrimônio cultural; e empobrece a biosfera.

O manejo sustentado é um dos principais objetivos dos planos florestais, existindo vários métodos técnicos disponíveis na literatura (TAYLOR, 1978, MEYER et al., 1983, etc.). Normalmente a variável de controle desses métodos restringe-se à área florestal ou volume de madeira (RODRIGUEZ et al. 1986).

Entretanto, existem inúmeras restrições na aplicação desse conceito nos modernos métodos de manejo (THOMPSON, 1965; WARE & CLUTTER, 1971).

WARE & CLUTTER (1971) mencionam a obtenção de um plano de manejo como etapa fundamental no planejamento florestal.

LEUSCHNER (1984) sugeriu que um plano florestal deve informar os regimes de manejo utilizados em cada unidade florestal, a distribuição de idade que será obtida, os fluxos de produção de madeira, custos e receitas.

O setor florestal produz uma série de bens e serviços que ajudam os membros da sociedade a satisfazerem muitas de suas necessidades (WORLD

BANK, 1978). Em termos da provisão adequada de alimentos, o setor contribui diretamente e indiretamente para alcançá-la. Florestas produzem frutas, castanhas e outras sementes, raízes, folhas, mel, fungos, óleos comestíveis, temperos e outros bens que contribuem diretamente para a satisfação desta necessidade. Além disso, as florestas estão envolvidas na produção de carne de animais selvagens como aves, répteis, mamíferos e mesmo insetos e peixes. DOUROJEANNI (1981) atestou a importância destes alimentos ao constatar que eles fornecem até 80% da proteína animal consumida pelas populações rurais da Amazônia. Os trabalhos de SMITH (1976a, 1976b, 1978, 1979), MORAN (1983), GOULDING (1979, 1980, 1981) e outros, apresentam ilustrações desse papel no caso da Amazônia brasileira. As florestas também produzem folhas e sementes, que podem ser usadas para alimentar animais domésticos que por sua vez são consumidos por seres humanos.

Além dessa forma direta de prover alimentos, o setor florestal contribui indiretamente através da agricultura. Isto se dá, tanto pela restauração da produtividade de solos degradados através da melhoria de sua textura, estrutura e fertilidade após o abandono do agricultor itinerante, quanto pela minimização da erosão e lixiviação, regulando o fluxo de água e reduzindo o assoreamento de canais de irrigação ou drenagem. As florestas também ajudam a agricultura, por serem bancos nos quais geneticistas podem obter novos materiais genéticos para manterem ou mesmo aumentarem a produtividade das culturas modernas, “melhorar os seus conteúdos nutritivos, melhorar seus sabores (ou restaurá-los), e aumentar as suas resistências à tipos emergentes de pestes e doenças ou a “stresses” ambientais tais como calor e frio” (MYERS, 1984; ESQUINAS - ALCÁZAR, 1987). As florestas também podem servir como zonas tampão contra a propagação de doenças e pestes epidêmicas que afetam plantas ou animais domésticos. Um exemplo disto foi o uso feito pela Companhia Florestal Monte Dourado - Jarí, da floresta tropical para evitar a expansão de fungos que atacam a Gmelina (NASCIMENTO, 1985). A diversidade biológica da floresta tropical também é fonte de alcalóides de plantas, que são úteis no controle de pestes e doenças.

Além do uso na agricultura, alcalóide de plantas também têm importante aplicações na medicina e na indústria. No processo de identificação desses usos, o conhecimento acumulado pelos ameríndios através de milhares de anos de sobrevivência na floresta é especialmente valioso. SCHULTES (1979) citado por MYERS (1983) constatou que somente os índios do noroeste da Amazônia têm empregado mais de 1.300 espécies de plantas como medicamentos e narcóticos. Outras dessas plantas estão sendo encontradas por etnobotânicos e outros pesquisadores.

O setor florestal também tem um papel na satisfação das necessidades de segurança dos seres humanos, através da provisão de materiais de construção. Postes, cercas, estacas, móveis, ferramentas e utensílios são produtos freqüentemente feitos de materiais obtidos nas florestas. (NASCIMENTO, 1983).

No Estado do Ceará através de inventário florestal, detectou-se e existência de 220 espécies florestais nas quais eram utilizadas para os mais variados fins, entre os quais energéticos(lenha e carvão) madeiros, entre outros. No QUADRO 5, verificam-se as utilidades das 220 espécies mais importante levantadas na caatinga, com o número, percentual de existência, e ainda o nome vulgar e científico.

QUADRO 5: Espécies mais importantes com suas diversas formas de uso inventariadas no Estado do Ceará em 1992.

FORMAS DE USO	NEI ¹		NV ²	NC ³
	Unid.	%		
Doméstico				
- medicinal	97	44	Angico Alecrim Pau d'olio Quixabeira	<i>Piptadenia macrocarpa</i> Benth <i>Rosmarinus officinalis</i> Linn <i>Copaifera langsdorffii</i> <i>Bumelin sartorum</i> Mart
- alimentícia	43	22	Cajueiro Píqui Pitanga Araçá	<i>Anacardium occidentale</i> Linn <i>Caryocar coriaceum</i> Wittn <i>Stenocalyx michelli</i> Berg <i>Psidium</i> sp
- melífera	69	31	Angelim Canafítula Marmeleiro	<i>Andira retusa</i> <i>Pitheceliobium multiflorum</i> <i>Croton sonderianus</i>
- forrageira	29	13	Canafítula Mororó Sabiá Favela	<i>Pitheceliobium multiflorum</i> <i>Bauhinia cheilantho</i> <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth <i>Cnidoscolus phyllacanthus</i> <i>Pax & K. hoffm</i>
- energética	178	80	Catingueira Marmeleiro Jurema preta Jurema branca	<i>Caesalpinia bracteosa</i> Tul <i>Croton sonderianus</i> <i>Mimosa tenuiflora</i> Benth <i>Piptadenia stipulacea</i> Benth
Construção civil	59	27	Aroiara Cedro Braúna	<i>Astronium urundeaeye</i> Engl <i>Cedrela odorata</i> Linn <i>Schinoosis brasiliensis</i> Engl

Continua

Continuação

QUADRO 5.

Produtos acabados	100	45	Birindíba	<i>Buchanavia captata</i>
			Açoita cavalo	<i>Luehea sp.</i>
			Frei jorge	<i>Cordia trichotoma</i>
			Violete	<i>Dalbergia cearenses Ducke</i>
Sem utilidades	16	7	Orelha de burro	<i>Vitilotium spreng</i>
			Burra leiteira	<i>Sapium lanceolata</i>
			Pau serrote	
			Lagartixa	

FONTE: PROJETO PNUD/FAO/IBAMA/GOV. CEARÁ(1992)

¹ Número de espécies inventariadas

² Nome vulgar

³ Nome científico

Especialmente na última década, como resultado da redução da oferta e conseqüente aumento dos preços dos combustíveis fósseis, o papel tradicional das florestas e o seu potencial considerável para produção de energia no futuro têm sido crescentemente reconhecidos. Na forma de lenha, “pellets” ou carvão para consumo doméstico (cozinhar e aquecer) e industrial, ou na forma de combustíveis líquidos como etanol ou metanol, a madeira tem contribuído para melhorar a qualidade de vida de milhões de pessoas. (NASCIMENTO, 1983).

Como as florestas geralmente ocorrem ou são plantadas em áreas rurais, muitos dos empregos diretos ou indiretos criados pelo setor estão, portanto, localizados nestas zonas. As indústrias de processamento de madeira são geralmente localizadas próximas à base dos recursos, também devido às características de peso e volume da madeira e as necessidades de redução de custos de transporte. Ao concentrar suas atividades nessas áreas, o setor florestal ajuda a reduzir as diferenças de oportunidades econômicas entre zonas urbanas e rurais, portanto diminuindo a migração rural-urbana e os problemas de desemprego urbano (TODARO, 1981).

Quando manejadas apropriadamente, as florestas podem reduzir a probabilidade de enchentes e afetar a navegabilidade de rios através de regulação dos seus fluxos. Elas também têm um papel fundamental na contenção de barreiras, principalmente nas regiões de topografia acidentada. Além dos benefícios sobre a produtividade de terras agrícolas, com redução das taxas de erosão, as florestas também influenciam a qualidade das águas afetando o processo de assoreamento dos rios, canais e reservatórios usados para consumo doméstico, irrigação ou produção hidrelétrica. Esta característica é especialmente importante nas áreas tropicais, onde os solos são mais susceptíveis ao poder erosivo da estação chuvosa geralmente intensa. Esses benefícios econômicos podem ser altamente significativos porém não são normalmente registrados nas estatísticas econômicas (WORLD BANK, 1978).

Fatores Econômicos, tais como: carência de incentivos e créditos, ausência de estudos de comercialização, custos e demanda futura, além da falta de uma Política Agrícola e Florestal eficiente, são fatores que restringem a produção da biomassa.

Fatores Sociais, os quais intimamente correlacionados com os fatores econômicos e estrutura fundiária, também, não permitem a conservação do nosso principal ecossistema e conseqüentemente dos recursos naturais renováveis, os quais gradativamente vem cedendo lugar para outra cultura. (LIMA, 1993b).

2.2. A PROGRAMAÇÃO LINEAR

BOLES (1955) fez um estudo da aplicação da programação linear a um problema típico de administração rural, utilizando os recursos como mão-de-obra, água, capital etc. de modo a obter o máximo lucro.

FRENCH (1955) discute as pressuposições de linearidade, aditividade, divisibilidade e possibilidades finitas e descreve como podem ser interpretadas quando aplicadas a área de comercialização agrícola.

KATZMAN (1956) descreve a aplicação da técnica de programação linear para vários problemas encontrados na indústria de alimentos.

KING e BISHOP(1957) descreve o uso da programação linear para determinar a combinação ótima de produtos para empresas agrícolas e para especificar as quantidades de capital que os empresários poderiam investir para que fosse lucrativo. Considera também a introdução do risco e mostra como pode alterar um programa.

Todo empresário, diz CALDAS e PEREIRA (1959), objetiva o lucro. Com o empresário agrícola o mesmo acontece pois a meta é conseguir a mais lucrativa combinação dos fatores usados na produção. Sendo a programação linear um método matemático que constitui um dos instrumentos mais úteis no estudo de problemas e técnicas, orientados no sentido de basear cientificamente a tomada de decisões, um método que procura resolver o problema fundamental da economia o que consiste em encontrar a distribuição ótima, de acordo com determinado objetivo e dos meios de produção disponíveis em quantidades limitadas pelas várias formas possíveis à sua utilização.

YANG (1959) afirma que para aplicar a técnica de programação linear é imprescindível que as condições e os problemas se ajustem e seus supostos básicos e exemplifica fazendo um planejamento pela programação linear, para uma empresa.

GREENWALD (1960) demonstra rigorosamente a exatidão do método simplex através de vários exemplos.

HEADY e CANDLER (1960) consideram que um problema de programação linear tem três componentes quantitativos: um objetivo; métodos ou processos alternativos para atingir o objetivos; o restrição de recursos ou outras restrições. Um problema que tenha estes três componentes pode sempre ser expresso como um problema de programação linear.

A agricultura e a Indústria parecem ser as que maiores benefícios terão com o seu desenvolvimento, o que vem corroborar a afirmativa de BELCHIOR (1961) citado por CRISTANCHO(1965), quando diz que constituem os seus

objetivos principais solucionar os seguintes tipos de problema: transporte ou distribuição, análise de atividade e misturas de produtos (adubos, rações e outros).

DORFMAN (1962) mostra como pode ser aplicada a programação linear segundo a teoria da firma.

Segundo DORFMAN (1962) a programação linear foi criada por G.B. DANTZIG em 1947 como uma técnica para planificar as diversas atividades da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF). Esta técnica, no entanto, tinha grande semelhança com a análise de "input-output" feita por LEONTIEF apresentada em 1936 mostrando evidente relação entre estas duas técnicas. DORFMAN (1962) continua dizendo que a solução para o problema da USAF pela programação linear, estimulou duas linhas de desenvolvimento: a primeira, foi a aplicação desta técnica aos problemas de direção em outros campos, e a segunda, explorou as implicações da programação linear na teoria econômica em geral.

Com o fim da guerra, o método tornou-se mais refinado e tem sido usado como instrumento de pesquisa por economistas agrícolas na otimização e organização dos recursos e empreendimentos rurais, para sugerir ajustamentos desejáveis, visando maximização do lucro na produção de produtos agropecuários, para minimização de custos no processamento de produtos como fertilizantes e rações, para obtenção de modelos de distribuição espacial equilibrados quanto ao fluxo de produtos agrícolas, para indicar fluxos interregionais ótimos de fatores de produção e produtos específicos, etc (RODRIGUEZ, 1987).

Por muitos anos a programação linear teve interesse predominantemente acadêmico. O real potencial da programação linear começa a emergir somente recentemente, com interessantes conseqüências nos métodos tradicionais de planejamento florestal (VON GADOW, 1982).

SANCHEZ et al. (1985) comenta que uma pessoa treinada em resolver problemas de um tamanho razoável, pode solucioná-lo e aproximar-se bastante do ótimo, mas à medida que o problema fica mais complexo e as alternativas se multiplicam, o indivíduo tende a perder o controle dos elos, e, então, o uso do modelo matemático se torna indispensável.

Os mesmos autores demonstraram a utilização da programação linear, no planejamento operacional do abastecimento florestal.

Segundo KIRBY (1978), no Serviço Florestal do Departamento de Agricultura Americano a programação linear vem sendo utilizada na solução de vários problemas: orçamentação, planejamento do uso do solo, transporte de madeira, manutenção de estradas e em planos de exploração.

Poucas empresas brasileiras investem atualmente no desenvolvimento de modelos matemáticos e sistemas para o seu planejamento. Segundo RODRIGUEZ (1986), nos Estados Unidos, em 1971, cerca de 4 milhões de hectares já eram manejados com modelos de programação linear, com método proposto por WARE & CLUTTER.

VAN GODOW (1982) utilizou a programação linear para o planejamento anual de operações silviculturais.

BOUSSARD e PETIT (1967), desenvolveram um modelo de planejamento, utilizando-se de técnicas de programação linear, adequado à situações onde o objetivo é obter um plano que, além de maximizar os ganhos esperados, resulte em uma probabilidade mínima de ruína

CALATRAVA e DOMINGO (1982) apresentou um exemplo de aplicação simultânea de técnicas de simulação e programação linear, levando em consideração, critérios de estabelecimento de posturas *a priori* do agricultor, com respeito ao universo aleatório de estados da natureza com os quais irá se defrontar *a posteriori* da estratégia que adotar.

RODRIGUEZ (1987), relata que "SCHSTOWISKY (1951) demonstrou que, quando o mesmo indivíduo toma as decisões sobre os investimentos e o consumo, então só por acaso acontecerá a coincidência entre a maximização do lucro."

Mais recentemente tem havido uma preocupação especial em se desenvolver sistemas que maximizem, física e financeiramente, a atividade florestal. Esses sistemas, geralmente utilizando-se de técnicas de programação matemática, tem sido utilizada na solução de problemas de manejo destinados ao suprimento industrial, sendo usados e sugeridos por: VON GADON & WALKER, 1982; ANDRADE JR., 1983; TAUBE NETO, 1984; SANCHEZ et al., 1985; HOF et al., 1986; RODRIGUEZ et al., 1986.

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho teve seus dados e informações coletadas na Fazenda Maturi, que possui uma área aproximadamente de 460 hectares, localizado no município de Caucaia-CE pertencente a Ceará Cerâmica Ltda., onde técnicas de manejo florestal adequadas são empregados.

- Clima

Segundo a classificação de Koppen o clima do tipo AW Tropical Chuvoso, com temperaturas médias superiores aos 18°C, durante todo o ano e com precipitações concentradas no período de fevereiro a abril. Segundo Gaussen, e do tipo 4 bth, com estação seca de seis meses.

- Solos

A área apresenta associações de solos, que variam dos aluviões e planossolos em áreas próximas aos cursos d'água; Latossolos vermelho-amarelos distróficos nas partes mais elevadas e planas, e associações de solos brunos não calcicos + solos litólicos, nas partes mais onduladas.

- Hidrografia

A fazenda Maturi, acha-se cortada pelo riacho Maturi, o qual faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Ceará.

- Tipologias Florestais

Na área da propriedade foram identificadas duas tipologias florestais ou sejam:

- CAATINGA ARBÓREA MÉDIA (com três estratos)

- CAATINGA ARBÓREA FECHADA (com dois estratos)

As espécies de maior predominância nestas tipologias encontram-se listadas a seguir:

QUADRO 6 - Espécies de maior predominância na Fazenda Maturi, Caucaia-CE.

NOME REGIONAL	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA
Marmeleiro	<u>Croton sonderianus</u> m. arq.	Euphorbiaceae
Mufumbu	<u>Combretum leprosum</u> MART	Combrefaceae
Mororó	<u>Bauhinia</u> sp.	Leguminosae
Sabiá	<u>Mimosa Caesalpiniiifolia</u> BENTH	Leguminosae
Catingueira	<u>Caesalpinia bracteosa</u> TULL	Leguminosae
João Mole	<u>Pidonia</u> sp.	Nyctaginaceae
Catanduva	<u>Piptadenia moniliformia</u> BENTH	Nyctaginaceae
Muricí	<u>Byrionina</u> sp.	Nyctaginaceae
Jurema Preta	<u>Mimosa teneeiflora</u> (wild) POIR	Leguminosae
Angico	<u>Anondemantira columbina</u> <u>Brenan</u>	Leguminosae
Angélica	<u>Gurttarda</u> sp.	Rubiaceae
Surucucu	<u>Piptadenia biuncifera</u> Benth	Leguminosae
Mutamba	<u>Cazuma ulmicifolia</u> LAM	Esterculiácea

3.2. O MÉTODO DE ANÁLISE

3.2.1. CONCEITO

Os problemas de programação linear referem-se à distribuição eficiente de recursos limitados entre atividades competitivas, com a finalidade de atender a um determinado objetivo, por exemplo, maximização de lucros ou minimização de custos. Em se tratando de programação linear, esse objetivo será expresso por uma função linear, à qual dá-se o nome de função objetivo.

É claro que é necessário dizer quais as atividades que consomem cada recurso, e em que proporção é feita esse consumo. Essas informações serão fornecidas por equações ou inequações lineares, uma para cada recurso. Ao conjunto dessas equações ou inequações lineares dá-se o nome de restrições do modelo.

Geralmente existem inúmeras maneiras de distribuir os escassos recursos entre as diversas atividades, bastando para isso que essas distribuições sejam coerentes com as equações de consumo de cada recurso, ou seja, que elas satisfaçam as restrições do problema. Entretanto, deseja-se achar aquela distribuição que satisfaça as restrições do problema, e que alcance o objetivo desejado, isto é, que maximize o lucro ou minimize o custo. A essa solução dá-se o nome de solução ótima.

Uma vez obtido o modelo linear, constituído pela função objetivo (linear) e pelas restrições lineares, a programação linear se incube de achar a sua solução ótima.

Um problema de programação linear segundo SHACTTAN, citado por CRISTANCHO (1965) necessariamente terá de possuir três componentes quantitativos: objetivo, métodos ou processos alternativos e restrição de recursos ou outras restrições.

3.2.2. MODELOS

PROBLEMA DA ANÁLISE DAS ATIVIDADES

Na análise de atividade a programação linear se faz sentir na distribuição de recursos por várias linhas de atividade, de modo a obter o maior lucro, o menor tempo de produção, a maior utilização de recursos disponíveis e outros efeitos. Alguns exemplos característicos são:

- distribuição de mão-de-obra, máquinas e outros fatores nos diversos empreendimentos da empresa, de modo a obter o maior lucro ou utilização de máquinas, mão-de-obra ou outro fator usado;
- organizar o plano de produção de uma fazenda ou indústria agrícola, de acordo com a oscilação do mercado, com o fito de evitar grandes flutuações no volume de produção ou a manutenção de grandes estoques nas épocas de menor consumo;
- organizar o plano de produção de uma fábrica determinando a quantidade a fabricar de cada produto obtendo o maior lucro possível.

PROBLEMA DAS MISTURAS

A programação linear na solução de problemas de mistura é muito utilizada, como nos problemas de ração ou de dieta, de adubos, produtos de petróleo e outros. Para tanto é necessário dados relativos à composição, aos preços do ingredientes e a composição desejada na mistura, para se obter a fórmula que atenda suas especificações e seu menor custo, minimizando assim a função objetivo. Por exemplo:

- quando deseja-se que uma pessoa ou um animal tenha o custo de sua dieta diária minimizado, onde as atividades representam os consumos dos alimentos que poderão entrar na dieta e os recursos são as vitaminas que não podem deixar de serem supridas pela dieta.

PROBLEMA DO TRANSPORTE E DESIGNAÇÃO

No transporte e designação a programação é usada quando se tem que transportar ou distribuir determinada quantidade de bens produzidos ou armazenados em vários locais, para outros a fim de se obter um máximo ou um mínimo para a função objetivo. BELCHIOR (1961), citado por CRISTANCHO (1965) cita ainda vários exemplos como:

- distribuir a produção de fazendas associadas, para armazéns revendedores, com o fito de obter o menor custo no transporte ou o menor tempo na entrega;
- distribuir mercadorias ou materiais em um almoxarifado ou armazém, com o fito de obter o menor tempo ou trabalho na arrumação ou nas entregas;
- determinar qual o percurso a ser realizado por um veículo de entregas, com o fito de obter o menor percurso, o menor tempo ou o menor esforço do veículo ou do pessoal;
- estudar a maneira de transportar determinada carga para diversos pontos, com veículo de capacidades diferentes, de modo a poder transportar maior carga, para cada ponto, no menor tempo possível;
- determinar a posição e a capacidade de mercados, armazéns e silos de modo a obter um custo mínimo de transporte das zonas produtoras, atender ao volume de produção e às necessidades de suprimento dos centros consumidores, quer no presente quer no futuro;
- organizar as compras de um almoxarifado, atendendo às épocas mais oportunas de aquisição e as necessidades de consumo, subordinado-a a manter um estoque mínimo assim como a capacidade de armazenagem do almoxarifado.

3.2.3. LIMITAÇÕES

Segundo RAMALHETE (1985) a programação linear possui quatro limitações fundamentais:

LINEARIDADE DA FUNÇÃO OBJETIVO

A programação linear se utiliza de relações lineares, isto é, supõe-se serem constantes as proporções entre os recursos envolvidos nos empreendimentos em qualquer nível de intensidade destes. No entanto, quando da sua aplicação na empresa agrícola, dois fatos importantes com referência ao capital e a renda líquida, devem ser lembrados:

- O capital só tem sentido quando pode ser utilizado indiferentemente para cada cultura considerada na empresa e além disso, que as exigências em capital de cada cultura variem proporcionalmente à superfície. Estes dois aspectos só se verificam quando o capital considerado for unicamente o correspondente aos custos variáveis;

- Na renda, se a renda líquida considerada for a diferença entre a renda bruta e os custos fixos e variáveis, a hipótese de linearidade não se observa como ocorre se for tomado um mesmo equipamento (custo fixo) dentro da empresa. A renda será diferente, porque, o custo fixo por unidade de superfície será tanto mais elevado quanto menor for a área. Para se verificar a hipótese da linearidade, a renda líquida terá de ser a diferença entre a renda bruta e os custos variáveis.

DIVISIBILIDADE E NÃO NEGATIVIDADE

As soluções ótimas dos modelos de programação podem apresentar valores fracionários para qualquer uma de suas variáveis. Assim, por exemplo, se uma variável representar o número de animais a serem produzidas por uma empresa agrícola, ele poderia tomar um valor fracionário na solução ótima, o que não é nada desejável. O arredondamento de valores fracionários para valores inteiros mais próximos pode conduzir a erros bastante grosseiros.

Quando as variáveis do modelo de programação linear só puderem tomar valores inteiros, deve-se impor estas condições no próprio modelo. Passa-se então a lidar com um modelo de programação linear inteira.

PROPORCIONALIDADE

Nos modelos de programação linear, o lucro de cada atividade é proporcional ao nível de produção, sendo o lucro unitário o coeficiente de

proporcionalidade, as quantidades de bens que entram e saem são sempre proporcionais ao nível da mesma (o que elimina a possibilidade de substituição entre fatores e produtos). Deste modo quanto se duplica o nível de uma atividade, ter-se-á que duplicar todos os “inputs” sendo simultaneamente duplicados todos os “outputs”. Trata-se pois da hipótese dos rendimentos constantes em relação à escala.

ADITIVIDADE

A condição de aditividade, existe em todos os modelos de programação linear, consiste em considerar as atividades do modelo como entidades totalmente independentes, não permitindo que haja interdependência entre as mesmas.

Assim, o lucro total de uma empresa será sempre igual à soma dos lucros obtidos em cada uma das atividades. No entanto, segundo PUCCINI(1977), isso nem sempre é verdade, como no caso de se ter uma empresa que deseja produzir dois produtos, bastante similares, como por exemplo manteiga e margarina. Se tal empresa produzir apenas manteiga o seu lucro será c_1x_1 , sendo c_1 o lucro unitário da margarina e x_1 o seu nível de produção. Se a mesma empresa produzir apenas margarina, o seu lucro será c_2x_2 , sendo c_2 o lucro unitário da margarina e o x_2 o seu nível de produção. Caso a empresa resolva produzir e colocar no mercado estes dois produtos a programação linear garante que o lucro total destes dois produtos será $c_1x_1 + c_2x_2$. No entanto, não foi levado em consideração que os valores de c_1 e c_2 não deveriam ser iguais aos anteriores, pois é possível que o preço da margarina interfira no preço da manteiga, caso tais produtos seja competitivos.

3.2.4. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO

O modelo matemático da programação linear consiste na determinação de valores não negativos para as variáveis $x_1, x_2 \dots x_n$ a satisfazer um sistema de M equações ou inequações lineares e que maximizem ou minimizem uma função linear dessas variáveis.

Algebricamente tem-se:

$$\text{Maximizar (Minimizar) } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1.1.)$$

Sujeito a

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n \quad \{\leq, =, \geq\} b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2j}x_j + \dots + a_{2n}x_n \quad \{\leq, =, \geq\} b_2$$

$$\dots \dots \dots$$

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n \quad \{\leq, =, \geq\} b_i \quad (1.2.)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n \quad \{\leq, =, \geq\} b_m$$

$$(x_1, x_2, x_3, \dots, x_j, \dots, x_n \geq 0) \quad (1.3.)$$

Onde: x_j : Variáveis principais de decisão ou controláveis e constituem as variáveis do modelo;

a_{ij} : Coeficientes técnicos

b_i : Termos independentes

c_j : Coeficientes da função objetivo

$i = 1, 2, \dots, m$

$j = 1, 2, \dots, n$

(1.1) designa-se por função objetivo, função econômica ou função critério;

(1.2) restrições funcionais ou simplesmente restrições;

(1.3) condição de não negatividade.

O conjunto das soluções que satisfaça (1.2) e (1.3) designa-se por conjunto das soluções admissíveis.

3.2.5. MÉTODO SIMPLEX

Este método permite chegar algebricamente, através de um processo iterativo, à solução ótima do problema, partindo de um ponto extremo conhecido.

A solução de um problema através da programação linear, pelo método simplex, envolve diversas etapas entre elas temos:

. Equacionamento do Problema, é a etapa considerada mais problemática, pois, requer um perfeito e profundo conhecimento de todos os fatores que passam

influenciar na sua resolução. Não existe regra geral, devido as situações diferirem entre si, apresentando características peculiares. O que é válido para uma determinada situação, poderá não o ser em outra.

. Computação do problema, consiste em processar no computador, através de um determinado programa, a função objetivo (maximizando ou minimizando), bem como as suas restrições (inequações lineares). Esta computação é reduzida por meio de aproximações sucessivas em diversas etapas, chamadas "iterações", até se chegar a uma solução final ótima.

3.3. ANÁLISE

Com o intuito de obter o máximo lucro pela solução dos modelos de programação linear, foi utilizado o programa LINDO/PC (Linear Iterative and Discrete Optimizer; 1987. THE OHIO STATE UNIVERSITY, I.R.C.C. DEPT.) e um micro computador 486 IBM, ambos pertencentes ao Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

Foi realizado o Inventário Florestal na empresa, verificando-se quais os limites para cada empreendimento, e quais eram os fatores fixos e variáveis, como também, as produções alternativas e correspondentes lucros.

Visando demonstrar a potencialidade da programação linear, analisou-se cinco situações (planos) distintos:

3.3.1. SITUAÇÃO I

Estabeleceram-se os seguintes limites (restrições):

- . Suprimento (volume) de lenha mínimo (SL_{MIN}) = 2300m³/ano
- . Mão-de-obra máximo (MO_{MAX}) = 3500 diárias/ano
- . Número de carradas máximo (NC_{MAX}) = 310 carradas/ano.

TABELA 1 - Coeficientes Técnicos por tipologia e por estrato para as situações I e II (Fazenda Maturi-Caucaia-CE).

Coeficientes Técnicos	Tipologia		Tipologia		
	Caat. Arb. Fechada		Caat. Arb. Média		
	Estrato		Estrato		
	1	2	3	4	5
Área (ha) ¹	21,66	14,17	11,33	6,34	7,53
Rendimento					
Lenha (m ³ /ha/a) ²	50,57	53,08	43,09	40,71	38,69
Mão-de-obra (d/ha/a) ⁴	67,5	68,3	58,0	56,5	48,6
Transporte (car/ha/a) ⁵	6,7	6,3	4,8	4,5	5,6
Renda líquida (US\$/ha/a) ⁶	404,40	286,50	183,30	102,57	127,00

¹ (ha) - hectare

² (m³/ha) - metro cúbico por hectare ano

³ (Em/ha) - estacas e mourões por hectare ano

⁴ (d/ha/a) - diárias por hectare ano

⁵ (car/ha/a) - carradas por hectare ano

⁶ (US\$/ha) - dólar por hectare ano.

3.3.2. SITUAÇÃO II

Considerando-se a TABELA 1, e que a empresa Florestal necessite manter a estrutura de abastecimento em atividade, num sistema de manejo sustentado com as seguintes restrições.

- . Suprimento de lenha mínimo (SLmin) = 2600m³/ano
- . Mão-de-obra máximo (MOMax) = 3700 diárias/ano
- . Número de carradas máximo (NCmax) = 350 carradas/ano

3.3.3. SITUAÇÃO III

Devido a melhores condições de mercado e a sua própria necessidade, a empresa optou pela inclusão no seu sistema de manejo a produção de estacas e mourões. Estabelecendo-se as seguintes restrições:

- . Suprimento de lenha mínimo (SL_{MIN}) = $1700m^3/ano$
- . Mão-de-obra Máximo (MO_{MAX}) = 3500 diárias/ano
- . Suprimento de Estacas/Mourões mínimo (EM_{MIN}) = 9250 estacas e mourões/ano
- . Número de carradas máximo (NC_{MAX}) = 450 carradas/ano.

3.3.4. SITUAÇÃO IV

Nesta situação não haverá gastos com o transporte, pois todos os custos ficarão a cargo do comprador.

Considerando a TABELA 2, após excluídos os coeficientes técnicos referente ao transporte, estabeleceram-se as seguintes restrições:

- . Suprimento de lenha mínimo (SL_{MIN}) = $2500m^3/ano$
- . Mão-de-obra máxima (MO_{MAX}) = 4500 diárias/ano
- . Suprimento de Estacas/Mourões mínimo (EM_{MIN}) = 8000 estaca e mourões/ano.

TABELA 2 - Coeficientes técnicos por tipologia e por estrato para a situação III e IV (Fazenda Maturi - Caucaia - CE.)

Coeficientes Técnicos	Tipologia		Tipologia		
	Caat. Arb. Fechada		Caat. Arb. Média		
	Estrato		Estrato		
	1	2	3	4	5
Área (ha) ¹	21,66	14,17	11,33	6,34	7,53
Rendimento					
Lenha (m ³ /ha/a) ²	49,63	51,50	39,70	36,70	34,90
Rendimento					
Estacas e mourões (ha) ³	275	170	105	68	71
Mão-de-obra (d/ha/a) ⁴	67,5	68,3	58,0	56,5	48,6
Transporte (car/ha/a) ⁵	6,5	6,0	4,3	3,9	5,4
Renda líquida (US\$/ha/a) ⁶	486,5	301,2	195,4	110,7	131,2

¹ (ha) - hectare

² (m³/ha) - metro cúbico por hectare ano

³ (EM/ha) - estacas e mourões por hectare ano

⁴ (d/ha/a) - diárias por hectare ano

⁵ (car/ha/a) - carradas por hectare ano

⁶ (US\$/ha) - dólar por hectare ano.

3.3.5 SITUAÇÃO V

Neste caso a produção é vendida no próprio campo na qual os custo de mão-de-obra, ficam a cargo do comprador.

. Suprimento de lenha mínimo (SL_{MIN}) = 2500 m³/ano

. Suprimento de Estacas/Mourões mínimo (EM_{MIN}) = 8000 estacas e mourões/ano.

. Número de carradas máximo (NC_{MAX}) = 400 carradas/ano

TABELA 3 - Coeficientes técnicos por tipologia e por estrato para a situação V(Fazenda Maturi - Caucaia - CE.)

Coeficientes Técnicos	Tipologia		Tipologia		
	Caat. Arb. Fechada		Caat. Arb. Média		
	Estrato		Estrato		
	1	2	3	4	5
Área (ha) ¹	21,66	14,17	11,33	6,34	7,53
Rendimento					
Lenha (m ³ /ha/a) ²	49,63	51,50	39,70	36,70	34,90
Rendimento					
Estacas e mourões (ha) ³	275	170	105	68	71
Transporte (car/ha/a) ⁴	6,5	6,0	4,3	3,9	5,4
Renda líquida (US\$/ha/a) ⁵	498,30	314,10	207,80	223,50	142,60

¹ (ha) - hectare

² (m³/ha/a) - metro cúbico por hectare ano

³ (EM/ha) - estacas e mourões por hectare ano

⁴ (car/ha/a) - carradas por hectare ano

⁵ (US\$/ha) - dólar por hectare ano.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na situação I o valor da função objetivo é igual a US\$ 15.379,54. Não ocorreu a utilização total dos estratos, havendo sobra de 1,62 ha do estrato quatro(E4) e o estrato cinco(E5) não foi utilizado. Para cada unidade do estrato cinco(E5) que for forçada a entrar no sistema produtivo a função objetivo decrescerá de US\$ 0,64. O suprimento de lenha(SL) foi de 2527,69 m³, a mão-de-obra(M.O.) utilizada foi de 3.353,46 diárias e o número de carradas (N_{car}) foi totalmente utilizado.

TABELA 4: Resultado da análise para a situação I.

VARIÁVEL/RECURSO	Valor (US\$) ¹	Valor (US\$) ²	Valor (unidade) ³
E1	251,6847	(152,7153-+∞)	(20,5694-24,8276)
E2	142,9020	(143,5980- +∞)	(17,5387-15,3298)
E3	73,8920	(109,4080-+∞)	(6,9086-15,7514)
E4	*	(102,0536-171,8437)	(4,7163-+∞)
E5	*	(-∞ - 127,6427)	(0- +∞)
SL	*		(-∞ - 2527,6969)
M.O.	*		(3353,4676- +∞)
NC	22,7933		(288,7777-317,307)

¹ Valor que será acrescido a objetivo e conseqüentemente valor máximo que poderá ser pago, para cada unidade da variável ou recurso que foi acrescentado ao sistema produtivo em dólares.

² Intervalo para o qual a renda líquida da variável na função objetivo pode assumir, para continuar com os mesmos estratos produzindo(mesma base e mesmo valor da base) em dólares, desde que tudo mais permaneça constante.

³ Intervalo para o qual o valor da variável ou recurso que compõe o conjunto das restrições pode assumir para que se possa continuar com as mesmas

variáveis produzindo(mesma base), porém com o seu valor alterado(muda o valor da base) em unidade da variável ou recurso, desde que tudo mais permaneça constante.

* Não influi na objetivo

Na situação II a função objetivo assume o valor de US\$ 16.191,12, sendo US\$ 811,58 maior que a situação I. Nesta situação ocorreu uma melhor utilização das áreas, pois os estratos E1, E2, E3 e E4 foram totalmente utilizados e apenas 2,75 ha do E5 ficou ocioso. O suprimento de lenha(SL) foi de 2.790,30 m³, a mão-de-obra(M.O.)utilizada contou com 3.692,05 diárias não ocorrendo sobra do número de carradas disponíveis.

TABELA 5: Resultado da análise para a situação II.

VARIÁVEL/RECURSO	Valor (US\$) ¹	Valor (US\$) ²	Valor (unidade) ³
E1	252,4536	(151,9464-+∞)	(19,3606-27,5102)
E2	136,8214	(149,6786- +∞)	(11,8358-14,8916)
E3	74,4429	(108,8571-+∞)	(8,1204-11,8166)
E4	0,5164	(102,0536-+∞)	(2,9165-6,7958)
E5	*	(0 - 127,6427)	(5,0790- +∞)
SL	*		(-∞ - 2790,3047)
M.O.	*		(3692,0470- +∞)
NC	22,6786		(322,4553-305,9163)

¹ Valor que será acrescido a objetivo e conseqüentemente valor máximo que poderá ser pago, para cada unidade da variável ou recurso que foi acrescentado ao sistema produtivo em dólares.

² Intervalo para o qual a renda líquida da variável na função objetivo pode assumir, para continuar com os mesmos estratos produzindo(mesma base e mesmo valor da base) em dólares, desde que tudo mais permaneça constante.

³ Intervalo para o qual o valor da variável ou recurso que compõe o conjunto das restrições pode assumir para que se possa continuar com as mesmas variáveis produzindo(mesma base), porém com o seu valor alterado(muda o valor

da base) em unidade da variável ou recurso, desde que tudo mais permaneça constante.

* Não influi na objetivo

Na situação III o valor do lucro líquido é de US\$ 18.099,58, sendo US\$ 2.702,04 maior do que a situação I e US\$ 1.908,46 maior que a situação II. Os estratos E1, E2, E3 e E5 foram utilizados em sua totalidade, no entanto ocorreu a sobra de 5,51 ha do E4. Foram produzidos 2.547,90 m³ de lenha(SL) e 10.146,30 estacas e mourões(SEM), sendo utilizadas somente 318,14 carradas(CAR). A mão-de-obra disponível foi totalmente utilizada.

TABELA 6: Resultado da análise para a situação III.

VARIÁVEL/RECURSO	Valor (US\$) ¹	Valor (US\$) ²	Valor (unidade) ³
E1	354,2478	(132,2432 - + ∞)	(17,0501 - 22,3569)
E2	167,3804	(133,8196 - + ∞)	(9,6140 - 14,8587)
E3	81,7611	(113,6390 - + ∞)	(5,9651 - 12,1410)
E4	*	(0 - 152,5267)	(0,8326 - + ∞)
E5	35,9784	(95,2200 - + ∞)	(1,1273 - 8,4979)
SL	*		(- ∞ - 2.547,8947)
SEM	*		(- ∞ - 10.146,2957)
M.O.	1,9593		(3452,9591-3811,0690)
NC	*		(318,4381- + ∞)

¹ Valor que será acrescido a objetivo e conseqüentemente valor máximo que poderá ser pago, para cada unidade da variável ou recurso que foi acrescentado ao sistema produtivo em dólares.

² Intervalo para o qual a renda líquida da variável na função objetivo pode assumir, para continuar com os mesmos estratos produzindo(mesma base e mesmo valor da base) em dólares, desde que tudo mais permaneça constante.

³ Intervalo para o qual o valor da variável ou recurso que compõe o conjunto das restrições pode assumir para que se possa continuar com as mesmas

variáveis produzindo(mesma base), porém com o seu valor alterado(muda o valor da base) em unidade da variável ou recurso, desde que tudo mais permaneça constante.

* Não influi na objetivo

O lucro líquido para a situação IV é de US\$ 18.748,61, superando todas as situações anteriores. Ocorreu a utilização total das áreas dos estratos, sendo o suprimento de lenha(SL), suprimento de estacas e mourões(SEM) e mão-de-obra(MO), iguais respectivamente a 2.896,74 m³, 10.542,10 estacas e mourões e 3.825,75 diárias.

TABELA 7: Resultado da análise para a situação IV.

VARIÁVEL/RECURSO	Valor (US\$) ¹	Valor (US\$) ²	Valor (unidade) ³
E1	486,5000	(0 -+ ∞)	(13,8146 - 31,6489)
E2	301,2000	(0 -+ ∞)	(6,6956 - 24,0419)
E3	195,4000	(0 -+ ∞)	(4,9627 - 22,9550)
E4	110,7000	(0 -+ ∞)	(0 - 17,9650)
E5	131,2000	(0 -+ ∞)	(0 - 21,7034)
SL	*		(- ∞ - 2.896,7436)
SEM	*		(- ∞ - 10.542,1000)
M.O.	*		(3.825,7490 -+ ∞)

¹ Valor que será acrescido a objetivo e conseqüentemente valor máximo que poderá ser pago, para cada unidade da variável ou recurso que foi acrescentado ao sistema produtivo em dólares.

² Intervalo para o qual a renda líquida da variável na função objetivo pode assumir, para continuar com os mesmos estratos produzindo(mesma base e mesmo valor da base) em dólares, desde que tudo mais permaneça constante.

³ Intervalo para o qual o valor da variável ou recurso que compõe o conjunto das restrições pode assumir para que se possa continuar com as mesmas variáveis produzindo(mesma base), porém com o seu valor alterado(muda o valor

da base) em unidade da variável ou recurso, desde que tudo mais permaneça constante.

* Não influi na objetivo

A situação V evidenciou um lucro líquido de US\$ 20.131,90, sendo desta forma a melhor situação dentro as demais. As áreas foram totalmente utilizadas, condicionando desta maneira a obtenção de um suprimento de 3.010,49 m³ de lenha e 10.542,10 estacas e mourões. Na efetivação do sistema de produção foram utilizadas 341,54 carradas.

TABELA 8: Resultado da análise para a situação V.

VARIÁVEL/RECURSO	Valor (US\$) ¹	Valor (US\$) ²	Valor (unidade) ³
E1	498,3000	(0 - + ∞)	(16,4115 - 30,6543)
E2	314,1000	(0 - + ∞)	(9,1121 - 23,9138)
E3	207,8000	(0 - + ∞)	(4,7690 - 24,9260)
E4	223,5000	(0 - + ∞)	(0 - 21,3305)
E5	142,6000	(0 - + ∞)	(0,3662 - 18,6564)
SL	*		(- ∞ - 2.760,4868)
SEM	*		(- ∞ - 10.542,10)
NC	*		(341,5360 - + ∞)

¹ Valor que será acrescido a objetivo e conseqüentemente valor máximo que poderá ser pago, para cada unidade da variável ou recurso que foi acrescentado ao sistema produtivo em dólares.

² Intervalo para o qual a renda líquida da variável na função objetivo pode assumir, para continuar com os mesmos estratos produzindo(mesma base e mesmo valor da base) em dólares, desde que tudo mais permaneça constante.

³ Intervalo para o qual o valor da variável ou recurso que compõe o conjunto das restrições pode assumir para que se possa continuar com as mesmas variáveis produzindo(mesma base), porém com o seu valor alterado(muda o valor da base) em unidade da variável ou recurso, desde que tudo mais permaneça constante.

* Não influi na objetivo

Nas situações estudadas, a programação linear obedecendo as restrições impostas ao sistema produtivo, demonstrou distintas combinações dos recursos disponíveis, que conferiram a máxima renda líquida possível.

Estes resultados estão de acordo com VAN GODOW (1982), SANCHEZ, et al (1985), e outros autores, que demonstraram que a programação linear é uma ferramenta que pode ser utilizada com sucesso no sistema de produção florestal, tanto, referindo-se a planos de curto como de longo prazo, envolvendo as mais distintas e numerosas variáveis.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÕES

Apesar da simplicidade, os exemplos utilizados demonstram a potencialidade da programação linear no planejamento e produção florestal. A utilização desta ferramenta é recomendada em quase todas as atividades da empresa onde existam inúmeras alternativas e restrições a serem consideradas.

O envolvimento das variáveis financeiras e limitações operacionais impostas aos modelos, alteram profundamente o planejamento e produção de longo prazo com reflexos imediatos de curto prazo.

A utilização da programação linear evita o desperdício dos recursos produtivos e financeiros que envolvem a atividade florestal.

Na análise levou-se consideração somente o primeiro ano de planejamento a título de viabilização de sua utilização (Programação linear), no entanto, poderão ser considerados todos os anos, e ainda com a inclusão de outros tipos de restrição, sejam restrições operacionais e financeiras que possam ser expressadas respeitando as limitações a que o modelo impõe.

A produção florestal feita com o planejamento adequado visando o manejo sustentado (utilizando-se técnicas e pessoal qualificado, e dentre estas técnicas está a utilização da programação linear), garante o equilíbrio do ecossistema, o suprimento de matéria-prima para as gerações futuras, fixação da mão-de-obra, melhoria da qualidade de vida do trabalhador rural e produtividade.

A situação V demonstrou-se como a melhor situação dentre as demais, isto, deveu-se ao fato da exclusão dos custos referentes a mão-de-obra, que é bastante oneroso na empresa florestal.

Então, se a empresa florestal estudada, tiver a opção de não arcar com os custos referentes a mão-de-obra, a situação V deverá ser a escolhida, no entanto, caso os custos que se demonstrarem ausentes, forem os relacionados com o

transporte, a situação IV deve ser a escolhida, desde que sejam mantidas todas as restrições preestabelecidas.

CAPÍTULO VI

6 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ANDRADE JR., O. Um modelo de planejamento para uma empresa florestal. Campinas, 1983. Tese de Mestrado. UNICAMP. Departamento de Matemática Aplicada.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de. Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris. Sobral, CE: EMBRAPA-CNPC, 1992. 18p.
- BILSBORROW, R.E. & GEORES, M. Demographic Effects on Rural Development in Latin America: An Assessment of the Literature and Recommendations. Unpublished manuscript. Chapel Hill: North Carolina Population Center, 1990.
- BLAIKIE, P. & BROOKFIELD, H. Land degradation and Society. London: Methuen, 1987.
- BOLES, J. N. Linear Programming and Farm Management Analysis. *Jornal of Farm Economics*. XXXVII. p.1-24. 1955.
- BOUSSARD, J. M. & PETIT, M. Representation of farmers behavior under uncertainty with a focus-loss constraint. *J. Farm. Econ.*. Lancaster, 49(4), 1967.
- BRAID. E. C. M. - Alguns aspectos sócio-econômico do Estado do Ceará uma revisão Nota Informativa CE-01. Fortaleza: PNUD/FAO/IBAMA - Projeto de Desenvolvimento Florestal Integrado no Nordeste do Brasil, 1993. 30 p.
- CALDAS, E. C. & PEREIRA, M. Gestão da Empresa Agrícola suas Relações com a Investigação Econômica e a valorização. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa-Portugal. 1959. 363p.
- CALATRAVA, J. & DOMINGO, J. Consideraciones sobre el empleo de la simulacion a la resolucion de programas estocasticos: planificacion de cultivos en una exploracion hortícola de la costa mediterranea de Andalucia. *Anales de INIA*. Madrid, 1982.

- CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE. Ceará 92 - Perfil Ambiental e Estratégias. Fortaleza: 1992. 114p. il.
- COLLINS, J. Smallholder settlement of tropical South America: The social causer of ecological destruction. Human Organization 45 (1): 1-10, 1986.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ, (COELCE). Balço Energético do Estado do Ceará. 1980/1987. Fortaleza: 1989. 133 p. il.
- CRISTANCHO, C. M. Maximização do lucro da empresa agrícola, pela programação linear. Viçosa, 5. ed., 1965. 71p.
- DORFMAN, R. et al. Programacion Lineal y Analisis Economics. Traducccion del ingles por Anselmo Colleja. Madrid-España. 1962. 572p.
- DOUROJEANNI, M.J Forestry and Rural Developtment in the Amazon. Toronto, Canadá, University of Toronto, 1981.
- ESQUINAS-ALCÁZAR, J.T. Plant Genetic Resources: A Base for Food Security. Cares FAO Review, 20 (4):39-45, 1987.
- FAO/UNEP. Proyecto de evaluacion de los recurso forestales tropicales en el marco de SIMUVIMA - los recursos forestales de la America tropical. Primera parte: Sintesis regional: FAO, 1982b.
- FAO/UNEP. Sistemas agroforestales (En America Latina y el Caribe), Santiago - Chile, 1984.
- FAO/UNEP. Tropical forest resource. FAO, Forestry Paper 30, 1982a.
- FAO/UNEP. Tropical forest resources assessment project (in the frameword fo GEMS) - forest resources of tropical Africa. Part I: Regional synthesis, Rome: FAO, 1982c.
- FAO/UNEP. Tropical forest resources assessment project (in the frameword fo GEMS) - forest resources of tropical Africa. Part I: Regional synthesis, Rome: FAO, 1982d.
- FRENCH, C. E. Activity Analysis an Agricultural Marketing Tool. Journal of Farm Economics. XXXVIII,p. 1236-1248. 1955.
- GOLDAMMER, J.G. Rural land-use and wildland fires in the tropics. Agroforestry Systems, 6:235-252, 1988.

- GORGATTI NETTO, A. Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural. Brasília, EMBRAPA-PNPE/DEP, 1984.
- GOULDING, M. Ecologia da Pesca do Rio Madeira. Manaus, INPA, 1979.
- _____. The Fishes and the Forests. Berkeley, University of California Press, 1980.
- _____. Man and Fisheries on the Amazon Frontier. The Hague, Junk, 1981.
- GREENWALD, D.U. Programation Linear et Algorithme du Simplex. Dunod-Paris. 1960. 92p.
- GRUPO DE TRABALHO AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE DO FÓRUM ONG'S BRASILEIRAS PREPARATÓRIO PARA CONFERÊNCIA/92 DA SOCIEDADE CIVIL. Meio ambiente e o desenvolvimento da agricultura. In: Reforma Agrária. ABRA nº 1, vol. 23, 1993.
- HEADY, E. & CANDLER, W. Linear Programming Methods - Ames: The Iowa State University. 1969. 597p.
- HOF, J. G.; PICKENS, J. B. & BARTLETT, E. T. A maxmin approach to monodeclining yield timber harvest scheduling problems. Forest Science, 32(3): 653-666, 1966.
- IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 1986.
- IPLANCE. Anuário Estatístico do Ceará 1985/87. Fortaleza, 1991.
- KATZMAN, I. Solving Feed Problems Through Linear Programming. Jornal of Farm Economics.XXXVIII. p. 420-429.1956.
- KING, R. A. & BISHOP, C. E. Programming Resource Use and Capital Investment in Agriculture. Management Science. III, p. 173-184. 1957.
- KIRBY, M. Large-scale budget applications of mathematical programming in the forest service. U. S. For. Service Res. pap., 1978.
- LEUSCHNER, W. A. Introduction to forest resource management. New York, John Wiley, 1984. 298 p.
- LIMA, M. F. Implantação de sistemas Agrosilvipastoris no nordeste semi-árido. In 1º CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, Curitiba - Paraná - BRASIL, 1993b.

- LIMA, M. F. Manejo florestal no nordeste semi-árido. UFC/CCA/DEA/Curso de Especialização em Economia dos Recursos Naturais Renováveis e Política Ambiental. Fortaleza - Ceará - BRASIL, 1993a.
- MORAN, E. Government-directed settlement in the 1970s: An Assessment of Transamazon highway colonization. In: MORAN, E. (ed.) The dilemma of Amazonian development. Boulder: Westview Press, 1983.
- MYERS, N. Tropical Moist Forests: Over-exploited and Under-utilized. Forest Ecology and Management, 6:59-79, 1983.
- _____. The Primary Source: Tropical Forests and Our Future. New York, W.W. Norton & Company, 1984.
- NASCIMENTO, J.R. Forest-Based Sector Development Planning: Basic Concepts and a Framework. Minneapolis, MN, 1983, Master of Planning Paper, Universidade de Minnesota.
- _____. Brasílian Amazon Development and the Forest-Based Sector. Minneapolis, MN, 1985, 565 p., Tese de Doutorado, Universidade de Minnesota.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel, 1990. 549 p.
- PROJETO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO NO NORDESTE DO BRASIL. Diagnóstico florestal do Estado do Ceará. Fortaleza-CE: PNUD/FAO/IBAMA/GOV. CEARÁ. 1993. 78p.
- PUCCINI, A. de L. Introdução à programação linear. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e científicos Editora S. A., 1977.
- RAMALHETE, M. Programação linear, v. 1 ed. McGraw-Hill, Lisboa, 1985.
- RIBASKI, J. Sistemas agroflorestais no Semi-árido brasileiro. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2 Curitiba-PR, 1991. 24p.
- RODRIGUEZ, L.C.E. Planejamento agropecuário através de um modelo de programação linear não determinística. Piracicaba, ESALQ, 1987. 170 p tese de Mestrado.

- RODRIGUEZ, L.C.E.; LIMA, A. B.N. P.M.; BUENO, A.; MARTINI, E. L. Programação linear no planejamento florestal, uma aplicação prática. Silvicultura, 41:163-68; 1986.
- SALVIANO, L.M.C. Leucena: fonte de proteína para os rebanhos. Petrolina-PE: EMBRAPA-CPATSA, 1984. 16p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 11).
- SANCHEZ, M. L.; CARBALLO, R. V.; BAÑOS, P. R. Modelos de programación linear para la planeación de labores de abastecimento florestal. Ciência Florestal, 53: 28-47, 1985.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA-CEARÁ(SEARA). Programa permanente de transformação econômica do meio rural do Ceará. Fortaleza, 1990. 73p. (mimiog.).
- SMITH, N.J.H. Spotted Cats and the Amazon Skin Trade. Oryx, 13(4):362-71, 1976a.
- _____ Human Exploitation of Terra Firme Fauna in Amazonia. Cultura e Ciência, 30 (1):17-33, 1978.
- _____ Quelônios Aquáticos da Amazônia: Um Recurso Ameaçado. Acta Amazônica, 9 (1): 87-97, 1979.
- _____ Utilization of Game Along the Transamazon Highway. Acta Amazônica, 6 (4) 455-66, 1976b
- STARKE, L. Sinais de esperança. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1991. 206p.
- TAUBE NETO, M. Um modelo de programação linear para o planejamento de florestas de EUCALYPTUS. Pesquisa Operacional, 4(1): 19-38, 1984.
- TAYLOR, G. R. A ameaça ecológica. São Paulo: Verbo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1978.
- THOMPSON, E. F. Traditional forest regulation models an economic critique. J. Forest., 64:750-752, 1965.
- TODARO, M. P. Economic Development in the Third World. 2ª ed. New York, Longman, 1981.

- VOLLMER, U. Presentación In: AGROFORESTEIRA SEMINÁRIO. Realizado en el CATIE - Turrialba, Costa Rica, 1981, Turrialba, Actas, Turrialba: CATIE, 1981. p.11-13. (Série Técnica - Boletim Técnico, 14).
- VON GADOW, K. & WALKER, R. S. Applications of linear programming in forestry: the diet problem. South African Forestry Journal, 122: 35-38, 1982.
- VON GADOW, k. Applications of linear programming in florestry. Annual planning of operations South African Forestry Journal, 122: 28-34, 1982.
- WARE, G. O. & CLUTTER, J. L. A mathematical programming systems for the management of industrial forests. Forest Science, 17: 428-45, 1971.
- WORLD BANK. Forestry Sector Policy Paper. Washington, D. C., World Bank, 1978.
- YANG, W. I. Metodologia de los investigaciones sobre administração rural. Coleccion FAO n.64. Roma-Itália.1959. 243p.
- ZAKIA, M. J. B. Consumo de Energéticos Florestais do Setor Industrial/Comercial no Estado do Ceará. Fortaleza: PNUD/FAO/IBAMA/SDU/SEMACE - Desenvolvimento Florestal Integrado no Nordeste do Brasil, 1994. 21p.

APÉNDICE

SITUAÇÃO I

$$\text{MAX } 404.39999 E_1 + 286.5 E_2 + 183.3 E_3 + 102.57 E_4 + 127 E_5$$

SUBJECT TO

- 2) $E_1 \leq 21.66$
- 3) $E_2 \leq 14.17$
- 4) $E_3 \leq 11.33$
- 5) $E_4 \leq 6.34$
- 6) $E_5 \leq 7.83$
- 7) $50.57 E_1 + 53.08 E_2 + 43.09 E_3 + 40.71 E_4 + 38.69 E_5 \geq 2300$
- 8) $87.5 E_1 + 68.3 E_2 + 58 E_3 + 56.5 E_4 + 48.6 E_5 \leq 3500$
- 9) $6.7 E_1 + 6.6 E_2 + 4.8 E_3 + 4.5 E_4 + 5.6 E_5 \leq 310$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 6

OBJETCTIVE FUNCTION VALUE

- 1) 15379.5400

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
E ₁	21.660000	.0000000
E ₂	14.170000	.0000000
E ₃	11.330000	.0000000
E ₄	4.716222	.0000000
E ₅	.000000	.0642662
ROW	SALCK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	251.6847000
3)	.000000	142.9020000
4)	.000000	73.8920000
5)	1.623778	.0000000
6)	7.830000	.0000000
7)	227.696900	.0000000
8)	146.532400	.0000000
9)	.000000	22.7933300

N^o DE ITERATIONS = 6

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

Variable	OBJ COEFICIENT RANGES		
	Current Coef	Allowable Increase	Allowable Decrease
E ₁	404.400000	INFINITY	251.684700
E ₂	286.500000	INFINITY	142.902000
E ₃	183.300000	INFINITY	73.892000

E ₄	102.570000	69.273740	.516425
E ₅	127.000000	.642662	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	RHS	INCREASE	DECREASE
2)	21.660000	3.167612	1.090597
3)	14.170000	3.368730	1.159841
4)	11.330000	4.421458	1.522292
5)	6.340000	INFINITY	1.623778
6)	7.830000	INFINITY	7.830000
7)	2300.000000	227.696900	INFINITY
8)	3500.000000	INFINITY	146.532400
9)	310.000000	7.307000	21.223000

SITUAÇÃO II

$$\text{MAX } 404.39999 E_1 + 286.5 E_2 + 183.3 E_3 + 102.57 E_4 + 127 E_5$$

SUBJECT TO

- 2) $E_1 \leq 21.66$
- 3) $E_2 \leq 14.17$
- 4) $E_3 \leq 11.33$
- 5) $E_4 \leq 6.34$
- 6) $E_5 \leq 7.83$
- 7) $50.57 E_1 + 53.08 E_2 + 43.09 E_3 + 40.71 E_4 + 38.69 E_5 \geq 2600$
- 8) $67.5 E_1 + 68.3 E_2 + 58 E_3 + 56.5 E_4 + 48.6 E_5 \leq 3700$
- 9) $6.7 E_1 + 6.6 E_2 + 4.8 E_3 + 4.5 E_4 + 5.6 E_5 \leq 350$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 9

OBJETCTIVE FUNCTION VALUE

- 1) 16191.1200

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
E ₁	21.660000	.000000
E ₂	14.170000	.000000
E ₃	11.330000	.000000
E ₄	6.340000	.000000
E ₅	5.078929	.000000

ROW	SALCK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	252.453600
3)	.000000	136.821400
4)	.000000	74.442860
5)	.000000	.516426
6)	2.751071	.000000
7)	190.304700	.000000
8)	7.953002	.000000
9)	.000000	22.678570

N^o DE ITERATIONS = 9

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
E ₁	404.400000	INFINITY	252.453600

E ₂	286.500000	INFINITY	136.821400
E ₃	183.300000	INFINITY	74.442860
E ₄	102.570000	INFINITY	.516426
E ₅	127.000000	.642664	127.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE	
		RHS	INCREASE	DECREASE
2)		21.660000	.850263	2.299402
3)		14.170000	.721594	2.334242
4)		11.330000	.486635	3.209582
5)		6.340000	.455853	3.423555
6)		7.830000	INFINITY	2.751071
7)		2600.0000	190.304700	INFINITY
8)		3700.0000	INFINITY	7.953002
9)		350.00000	.916395	27.544750

SITUAÇÃO III

$$\text{MAX } 486.5 E_1 + 301.20001 E_2 + 195.39999 E_3 + 110.7 E_4 + 131.2 E_5$$

SUBJECT TO

- 2) $E_1 \leq 21.66$
- 3) $E_2 \leq 14.17$
- 4) $E_3 \leq 11.33$
- 5) $E_4 \leq 6.34$
- 6) $E_5 \leq 7.83$
- 7) $49.63 E_1 + 51.5 E_2 + 39.7 E_3 + 36.7 E_4 + 34.9 E_5 \geq 1700$
- 8) $275 E_1 + 170 E_2 + 105 E_3 + 68 E_4 + 71 E_5 \geq 9250$
- 9) $67.5 E_1 + 68.3 E_2 + 58 E_3 + 56.5 E_4 + 48.6 E_5 \leq 3500$
- 10) $6.5 E_1 + 6 E_2 + 4.3 E_3 + 3.9 E_4 + 5.4 E_5 \leq 450$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 7

OBJETCTIVE FUNCTION VALUE

1) 18099.5800

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
E ₁	21.660000	.000000
E ₂	14.170000	.000000
E ₃	11.330000	.000000
E ₄	.832583	.000000
E ₅	7.530000	.000000

ROW	SALCK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	354.247800
3)	.000000	167.380400
4)	.000000	81.761060
5)	5.507417	.000000
6)	.000000	35.978410
7)	847.894700	.000000
8)	896.295700	.000000
9)	.000000	1.959292
10)	131.561900	.000000

N^o DE ITERATIONS = 7

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
E ₁	486.500000	INFINITY	354.247800

E ₂	301.200000	INFINITY	167.380400
E ₃	195.400000	INFINITY	81.761060
E ₄	110.700000	41.826750	110.700000
E ₅	131.200000	INFINITY	35.978410

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2)	21.660000	.696903	4.609912
3)	14.170000	.688740	4.555915
4)	11.330000	.811051	5.364984
5)	6.340000	INFINITY	5.507417
6)	7.530000	.967921	6.402655
7)	1700.0000	847.894700	INFINITY
8)	9250.0000	896.295700	INFINITY
9)	3500.0000	311.169000	47.040970
10)	450.0000	INFINITY	131.561190

SITUAÇÃO IV

$$\text{MAX } 486.5 E_1 + 301.20001 E_2 + 195.39999 E_3 + 110.7 E_4 + 131.2 E_5$$

SUBJECT TO

2) $E_1 \leq 21.66$

3) $E_2 \leq 14.17$

4) $E_3 \leq 11.33$

5) $E_4 \leq 6.34$

6) $E_5 \leq 7.83$

7) $50.57 E_1 + 53.08 E_2 + 43.09 E_3 + 40.71 E_4 + 38.69 E_5 \geq 2500$

8) $275 E_1 + 170 E_2 + 105 E_3 + 68 E_4 + 71 E_5 \geq 8000$

9) $67.5 E_1 + 68.3 E_2 + 58 E_3 + 56.5 E_4 + 48.6 E_5 \leq 4500$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 8

OBJETCTIVE FUNCTION VALUE

1) 18748.6100

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
E ₁	21.660000	.000000
E ₂	14.170000	.000000
E ₃	11.330000	.000000
E ₄	6.340000	.000000
E ₅	7.830000	.000000
ROW	SALCK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	486.500000
3)	.000000	301.200000
4)	.000000	195.400000
5)	.000000	110.700000
6)	.000000	131.200000
7)	396.743600	.000000
8)	2542.10000	.000000
9)	674.251000	.000000

N^o DE ITERATIONS = 8

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
E ₁	486.500000	INFINITY	486.500000
E ₂	301.200000	INFINITY	301.200000
E ₃	195.400000	INFINITY	195.400000
E ₄	110.700000	INFINITY	110.700000
E ₅	131.200000	INFINITY	131.200000

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2)	21.660000	9.988903	7.845434
3)	14.170000	9.871902	7.474446
4)	11.330000	11.625020	9.207332
5)	6.340000	11.933650	6.340000
6)	7.830000	13.873480	7.830000
7)	2500.000000	396.7436000	INFINITY
8)	8000.000000	2542.100000	INFINITY
9)	4500.000000	INFINITY	674.251000

SITUAÇÃO V

$$\text{MAX } 498.29999 E_1 + 314.10001 E_2 + 207.8 E_3 + 223.5 E_4 + 142.60001 E_5$$

SUBJECT TO

- 2) $E_1 \leq 21.66$
- 3) $E_2 \leq 14.17$
- 4) $E_3 \leq 11.33$
- 5) $E_4 \leq 6.34$
- 6) $E_5 \leq 7.83$
- 7) $49.63 E_1 + 51.5 E_2 + 39.7 E_3 + 36.7 E_4 + 34.9 E_5 \geq 2500$
- 8) $275 E_1 + 170 E_2 + 105 E_3 + 68 E_4 + 71 E_5 \geq 8000$
- 9) $6.5 E_1 + 6 E_2 + 4.3 E_3 + 3.9 E_4 + 5.4 E_5 \leq 400$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 9

OBJETCTIVE FUNCTION VALUE

1) 20131.900

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
E ₁	21.660000	.000000
E ₂	14.170000	.000000
E ₃	11.330000	.000000
E ₄	6.340000	.000000
E ₅	7.830000	.000000
ROW	SALCK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	498.300000
3)	.000000	314.100000
4)	.000000	207.800000
5)	.000000	223.500000
6)	.000000	142.600000
7)	260.486800	.000000
8)	2542.100000	.000000
9)	58.463000	.000000

N^o DE ITERATIONS = 9

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
E ₁	498.300000	INFINITY	498.300000
E ₂	314.100000	INFINITY	314.100000
E ₃	207.800000	INFINITY	207.800000
E ₄	223.500000	INFINITY	223.500000
E ₅	142.600000	INFINITY	142.600000

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2)	21.660000	8.994308	5.248576
3)	14.170000	9.743833	5.057997
4)	11.330000	13.596050	6.561381
5)	6.340000	14.990510	6.340000
6)	7.830000	10.826480	7.463806
7)	2500.000000	260.486800	INFINITY
8)	8000.000000	2542.100000	INFINITY
9)	400.000000	INFINITY	58.463000