

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**A CADEIA PRODUTIVA AGROINDUSTRIAL DO AÇAÍ:  
ESTUDO DA CADEIA E PROPOSTA DE UM MODELO  
MATEMÁTICO.**

Marina Sanches Pagliarussi

Orientador: Prof. Dr Maristela Oliveira dos Santos – ICMC/USP

Co-Orientador: Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral – EESC/USP

Colaborador: Dr. José Dalton Cruz Pessoa – Embrapa São Carlos

São Carlos  
Novembro de 2010

## **RESUMO**

Neste projeto de conclusão de curso, consideramos a logística na cadeia produtiva de açaí no Estado do Pará, propondo um método quantitativo baseado em programação matemática para análise da cadeia.

O trabalho é justificado pela intensa expansão do processamento de sucos de frutas, uma vez que as polpas de fruta passaram a ocupar papel de relevância no agronegócio brasileiro, tanto no âmbito nacional como no internacional. Paralelamente, a polpa de açaí ganhou força na mídia, nos produtos farmacêuticos e nas academias de ginástica, o que impulsionou suas vendas de tal forma que a produção extrativista não era mais suficiente para satisfazer a demanda crescente.

Entre os problemas enfrentados pelas agroindústrias, é possível citar baixa qualificação da mão de obra, difícil acesso a financiamento, atuação de atravessadores e logística deficitária, entre outros.

Dessa forma, este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre a cadeia produtiva do açaí e propõe um modelo de localização de facilidades que possibilita a análise de viabilidade da cadeia produtiva, que simule a dinâmica da cadeia com mais atores, seja beneficiadores ou produtores, atendendo à clientes nacionais e/ou internacionais, de modo que seja possível encontrar alternativas de melhoria e sugestão de cenários para expansões futuras.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mesorregiões do Estado do Pará. Fonte: Silva, 2004. ....	17
Figura 2: Microrregiões do Nordeste paraense. Fonte: Silva, 2004. ....	24
Figura 3: Mesorregião metropolitana de Belém. Fonte: Silva, 2004 .....	24
Figura 4: Representação do modelo de Hinojosa et al. (2008).....	33
Figura 5: Os atores do sistema de comercialização do açaí e suas inter-relações, adaptado de Pessoa, 2007. ....	38
Figura 6: Simplificação da CPA do Açaí. ....	50
Figura 7: Função Objetivo .....	51

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Balanço entre oferta de frutos e demanda de polpa de açaí do Estado do Pará, no período de 2001 a 2005. Fonte: (Santana et al. 2006).....	14
Tabela 2: Evolução da área colhida, produção, rendimento e preço do açaí no Estado do Pará, 1996 a 2009. ....	16
Tabela 3: Produção de açaí no Pará em 2008. Fonte: IBGE-GCEA-Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA/2003 a 2008.....	26
Tabela 4: Evolução da área destinada a colheita, por município de 2003 a 2008. Fonte: IBGE-GCEA- Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA/2003 a 2008. Elaboração e Sistematização: SAGRI/DIEST.....	41
Tabela 5: Evolução da produção por Município, de 2003 a 2008. Fonte: IBGE-GCEA- Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA/2003 a 2008. Elaboração e Sistematização: SAGRI/DIEST.....	42
Tabela 6: Produção de açaí (extrativismo) de 2003 a 2008. Fonte: IBGE - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura .....	43
Tabela 7: Análise econômica da implantação e manutenção de 1 hectare de açaizeiro, produção de frutos em área de várzea (R\$).....	44
Tabela 8: Análise econômica da implementação e manutenção de 1 hectare de açaizal nativo para produção de frutos em área de várzea (R\$).....	44
Tabela 9: Análise econômica da implantação e manutenção de 1 hectare de açaizeiro, produção de frutos, em terra firme (R\$).....	45
Tabela 10: Exemplo de caracterização das empresas beneficiadoras, baseado em pesquisas de campo. .....	47
Tabela 11: Consumo de Açaí nos anos de 2001 a 2009. ....	48
Tabela 12: Estimativa da distribuição das exportações de Açaí.....	48
Tabela 13: Estimativa da distribuição do consumo nacional de açaí .....	48

## **Conteúdo**

1.	Introdução .....	6
1.1	Contextualização e Justificativa .....	6
1.2	Objetivos .....	8
1.3	Materiais e Métodos .....	9
2.	Visão Geral .....	11
2.1	Agronegócio .....	11
2.2	O Açaí .....	18
2.3	Logística .....	29
2.4	O modelo de Hinojosa et al. (2008) no contexto da localização de facilidades.	34
3.	Definição do Problema e Propost .....	38
3.1	Caracterização da Cadeia Produtiva do Açaí .....	38
3.2	Informações e premissas adotadas para o desenvolvimento do modelo matemático	40
3.3	O modelo matemático da cadeia de produção agroindustrial do Açaí	
	49	
4.	Considerações Finais e Trabalhos Futuros .....	59
5.	Bibliografia .....	61

# **1. Introdução**

## ***1.1 Contextualização e Justificativa***

A dinâmica da globalização, a velocidade de propagação da informação, o interesse pela alimentação saudável e o consequente aumento da demanda produziram mudanças substanciais na atividade econômica agroindustrial. O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários: é o primeiro produtor e exportador de café, açúcar e suco de laranja. Lidera ainda o ranking das vendas externas de álcool, soja, carne bovina, carne de frango e tabaco (Andriguetto et al. 2008).

As projeções indicam que o Brasil também será, em pouco tempo, o principal pólo mundial de produção de algodão e biocombustíveis, feitos a partir de cana-de-açúcar e óleos vegetais. Outros destaques são milho, arroz, frutas frescas, cacau, castanhas, nozes, além de suínos e pescados (Andriguetto et al. 2008).

Dessa forma, as agroindústrias iniciaram o processo de melhoria e ajustes em produtos, processos e nas formas de organização para, desta maneira, encontrarem alternativas de eficiência produtiva, crescimento ou mesmo de sobrevivência, frente aos novos desafios impostos pela competitividade (Silva, 2004).

Lauschner (1995) apud Rosa (2003), define agroindústria em sentido amplo como sendo “a unidade produtiva que transforma o produto agropecuário natural ou manufaturado para utilização intermediária ou final”. Em sentido restrito, a agroindústria é “a unidade produtiva, que transforma, para a utilização intermediária ou final, o produto agropecuário ou seus subprodutos não manufaturados”.

Segundo Pinazza (1999), apud Rosa (2003) “A agroindústria apresenta-se como instrumento analítico e experimental para a realização de diagnósticos e simulações de estratégias para as cadeias produtivas”. Deve-se levar em conta desde a produção até o abastecimento final. Os agentes fornecedores de insumos e fatores de produção, os produtores, os armazenadores, os processadores e distribuidores, além dos prestadores de serviço, são objeto de observação individual e em conjunto.

As empresas brasileiras do segmento agroindustrial de frutas aproveitam a oportunidade para atingirem outras fatias de mercado e consumidores diversos, ajustando-se às tendências de consumo mundial dos produtos derivados de frutas, como polpas, sucos, néctares, geléias, doces etc. Um caso é a agroindústria do Açaí, no Estado do Pará, responsável pela produção de 95% do fruto (Silva, 2004).

O açaizeiro é uma palmeira cujo fruto é o açaí, espécie nativa da Amazônia, encontrada em terrenos de várzea, no estuário dos rios Tocantins, Pará e Amazonas. O açaí, até o final do século XX, era considerado um produto da alimentação básica das populações ribeirinhas e das camadas de baixa renda, sendo consumido com farinha de mandioca e peixe, entre outros. A produção do açaí era até então predominantemente extrativista, objetivando o consumo doméstico, com pouca venda de excedente (Santana et al. 2006).

A partir de meados da década de 90, o suco de açaí foi, gradativamente, conquistando novas fronteiras de mercado, atendendo não apenas ao mercado local, mas, também, as outras regiões do país e, ainda, o mercado internacional, principalmente os Estados Unidos, países da União Européia, Japão e Cone Sul (Santana; Gomes apud Silva et al.2006 ).

No Brasil, a demanda de açaí vem crescendo entre os consumidores com maior nível de renda. A motivação do consumo se dá por razões que vão além da necessidade alimentar, envolvendo questões culturais e principalmente por estética e saúde (Silva apud Silva et al.2006).

A produção extrativista, entretanto, não conseguiu seguir o aumento da demanda, de forma que o crescimento do mercado de polpa do fruto de açaí tem induzido o plantio em terra firme (Homma et al. 2006) e a implantação de plantas industriais para realizar o processamento, ou as agroindústrias existentes introduziram o açaí na linha de produção, visando atender aos mercados externo e interno (Santana et al. 2006).

Embora a exploração do açaí apresente grande possibilidade de alavancagem e desenvolvimento da economia regional, a logística e, principalmente o transporte na região produtora, é bastante deficitária, uma vez que a venda do produto depende, em grande escala, das embarcações que fazem a rota entre as mesorregiões, dos preços do frete e da atuação dos atravessadores. Tais fatores encarecem o custo do produto, que recai sobre o consumidor (Limal et al. 2008).

A logística consiste na gestão de pedidos de uma empresa, do inventário, do transporte, do armazenamento, do manuseio e embalagem de materiais, enquanto procedimentos integrados em uma rede de instalações (Bowersox et al. 2002). Atualmente, a logística é o setor da empresa que dá condições práticas de realização das metas definidas pelo setor de marketing, como prazos de entrega mínimos. Sem o planejamento logístico e de rede de distribuição, tais metas não tem condição de se

concretizar (Bowersox et al. 2002). Segundo Ballou (2001), configurar a rede de distribuição é especificar a estrutura por meio do qual os produtos passarão de seus pontos de origem até os pontos de demanda, determinando quais instalações devem ser usadas, quantas instalações devem existir, quais os produtos e clientes designados a elas, quais serviços de transporte deveriam ser usados entre elas e como as instalações deveriam ser atendidas.

O mercado do açaí está há alguns anos em rápido crescimento, o que tem aumentado a demanda, o preço dos frutos e também atraído novos investimentos. Entre outros, inclui-se investimentos na produção intensiva de frutos em terra firme, cuja viabilidade depende também dos custos da logística de entrega da matéria prima nas indústrias de processamento.

Neste cenário, é importante que haja um trabalho que organize as informações disponíveis sobre a cadeia produtiva do açaí no Pará, uma vez que é um assunto que ainda não foi exaustivamente tratado na literatura e, ainda, para incentivar a coleta de dados mais precisos e o investimento e a expansão no agronegócio da polpa de açaí.

Ainda, este trabalho propõe uma ferramenta, dentro do campo da Pesquisa Operacional, baseada em programação matemática que possibilite a análise de viabilidade da cadeia produtiva, que simule a dinâmica da cadeia com mais atores, seja beneficiadores ou produtores, atendendo à clientes nacionais e/ou internacionais, de modo que seja possível encontrar alternativas de melhoria e sugestão de cenários para expansões futuras.

Segundo Almeida (2010), dentro da área dos métodos quantitativos, as aplicações de Pesquisa Operacional têm se mostrado eficazes em diversas áreas de aplicações e os modelos matemáticos e computacionais propostos quase sempre podem ser utilizados diretamente como ferramentas de auxílio à tomada de decisão

## ***1.2 Objetivos***

### **Geral**

A proposta desse trabalho é utilizar ferramentas de análise do sistema logístico na análise da cadeia produtiva agroindustrial do açaí, estudando um modelo de localização de instalações, baseado em programação matemática, que incorpora decisões de fluxo para auxiliar no planejamento estrutural da cadeia de produção do Açaí no Pará. Para chegar nesse resultado, tem-se os seguintes objetivos específicos:

### **Específicos:**

- Revisão de trabalhos encontrados na literatura sobre a cadeia produtiva do açaí no Pará.
- Levantamento de dados necessários para posterior validação do modelo:
  1. Custos de produção do fruto, localização dos *spots* de produção e sua capacidade.
  2. Custos de processamento do fruto, localização das indústrias de beneficiamento e sua capacidade.
  3. Custos de transporte do fruto para os beneficiadores e da polpa de açaí para o mercado nacional e internacional.
  4. Principais centros consumidores da polpa de açaí e sua demanda
- Desenvolvimento do modelo matemático de localização de facilidades

### **1.3 Materiais e Métodos**

Este trabalho de conclusão de curso é conduzido segundo o método de modelagem/Simulação. É um método em que os modelos desenvolvidos são representações de operações que acontecem na realidade. Cada modelo pressupõe variáveis ligadas por relações de causa e efeito, desenvolvidas dentro de um determinado domínio e que não podem ser alteradas pelo pesquisador. Essas variáveis podem ser físicas, como posição de inventário e taxa de utilização, ou econômicas, como contribuição ao lucro e custos (Betrand e Fransoo, 2002). As variáveis definidas neste trabalho são físicas.

Os estudos de PO, no geral, seguem etapas características. Na literatura, há variações quanto à denominação e ao número de etapas. Segundo Hillier e Lieberman (2006) apud Almeida (2010), há uma série de seis etapas usuais, sugeridas para serem utilizadas por equipes de PO para enfrentar problemas reais.

1. Definir o problema de interesse e coletar dados.
2. Formular um modelo matemático para representar o problema.
3. Desenvolver um procedimento computacional a fim de derivar soluções para o problema a partir do modelo.
4. Testar o modelo e aprimorá-lo conforme necessário.
5. Preparar para a aplicação contínua do modelo conforme prescrito pela gerência.
6. Implementar.

Nesse projeto de conclusão de curso, nos restringiremos às fases 1 e 2.



## **2. Visão Geral**

### **2.1 Agronegócio**

O termo agronegócio ou *agribusiness* engloba os fornecedores de bens e serviços para a agricultura, os produtores rurais, os processadores, os transformadores e distribuidores e todos os envolvidos na geração e fluxo dos produtos de origem agrícola até o consumidor final. Os agentes que afetam e coordenam o fluxo dos produtos, tais como o governo, os mercados, as entidades comerciais, financeiras e de serviços, também são parte do agronegócio (Costa, 2002)

A Associação Brasileira de *Agribusiness* (ABAG apud Costa, 2002) descreve as funções do agronegócio em sete níveis:

- a) suprimentos à produção;
- b) produção;
- c) transformação;
- d) acondicionamento;
- e) armazenamento;
- f) distribuição; e
- g) consumo.

Por sua vez, o termo ‘agroindústria’ não deve ser confundido com agronegócio, uma vez que o primeiro é uma parte do segundo. De acordo com a ABAG apud Costa, 2002, agroindústria se aplicaria do nível ‘suprimentos à produção’ até ‘acondicionamento’.

Para Ramalho, 1988 apud Silva, 2004, a agroindústria é caracterizada como sendo o primeiro processamento da matéria prima originada do setor agropecuário, tendo por mercado a exportação e outras indústrias

Já para Santana, 2003 apud Silva, 2004 agroindústria é a empresa ou organização que realiza o processamento industrial dos produtos agrícolas, pecuários, florestais e extrativos oriundos do meio rural e de seus subprodutos e que planeja a cadeia produtiva para frente, identificando mercados, canais de distribuição, logística de transporte e clientes para os produtos do setor rural.

Segundo Batalha apud Costa, 2002, a literatura que trata do tema agroindustrial no Brasil tem feito confusão entre as expressões ‘Sistema Agroindustrial’, ‘Complexo Agroindustrial’, ‘Cadeia de Produção Agroindustrial’ e ‘Agronegócio’. Tais expressões

se aplicam a diferentes objetivos: cada uma delas reflete um nível de análise do Sistema Agroindustrial.

Sistema Agroindustrial (SAI) é o conjunto de atividades que concorrem para a produção de produtos agroindustriais, desde a produção dos insumos (sementes, adubos, máquinas agrícolas etc.) até a chegada do produto final (queijo, polpas de frutas, massas etc.) na mesa do consumidor. Não está associado a qualquer matéria-prima agropecuária ou produto final específico (Batalha apud Rosa, 2003). O SAI é composto por seis conjuntos de atores: agricultura, pecuária e pesca; indústrias agroalimentares; distribuição agrícola e alimentar; comércio internacional; consumidor; indústrias e serviços de apoio (Costa, 2002)

Complexo agroindustrial (CAI) tem como ponto de partida determinada matéria-prima. A arquitetura de um complexo agroindustrial é tida pela “explosão” da matéria-prima principal que o originou, segundo os diferentes processos industriais e comerciais que ela pode sofrer até se transformar em diferentes produtos finais. A formação de um CAI exige a participação de um conjunto de cadeias de produção, cada uma delas associada a um produto ou família de produtos (Batalha apud Costa, 2002)

Já a cadeia de produção agroindustrial (CPA) é definida a partir da identificação de determinado produto final. Após esta identificação, convém ir encadeando, de jusante a montante, as várias operações técnicas, comerciais e logísticas, necessárias a sua produção (Rosa, 2003).

De acordo com Alves (1997) apud Costa (2002), a CPA pode ser segmentada em três macro-segmentos:

- a) Comercialização: representando as empresas que estão em contato com o cliente final da cadeia de produção e que viabilizam o consumo e o comércio dos produtos finais (supermercados, mercearias, restaurantes, cantinas etc.). Podem ser incluídas também neste macro-segmento as empresas responsáveis somente pela logística de distribuição;
- b) Industrialização: representando as firmas responsáveis pela transformação das matérias-primas em produtos finais destinados ao consumidor. O consumidor pode ser uma unidade familiar ou uma agroindústria;
- c) Produção de matérias-primas: reunindo as firmas que fornecem as matérias-primas iniciais para que outras empresas avancem no processo de produção do produto final (agricultura, pecuária, pesca etc.).

Batalha apud Costa, 2002, afirma que o termo agronegócio deve vir acompanhado de um delimitador. O enfoque pode partir do mais global (agronegócio brasileiro) ao mais específico (agronegócio da soja ou do suco de laranja).

### *2.1.1 Agronegócio no Brasil*

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários: é o primeiro produtor e exportador de café, açúcar e suco de laranja. Lidera ainda o ranking das vendas externas de álcool, soja, carne bovina, carne de frango e tabaco (Andriguetto *et al.* 2008)

As projeções indicam que o Brasil também será, em pouco tempo, o principal pólo mundial de produção de algodão e biocombustíveis, feitos a partir de cana-de-açúcar e óleos vegetais. Outros destaques são milho, arroz, frutas frescas, cacau, castanhas, nozes, além de suínos e pescados. (Andriguetto *et al.* 2008)

O agronegócio brasileiro emprega, atualmente, 17,7 milhões de trabalhadores somente no campo e é hoje a principal locomotiva da economia brasileira, respondendo por 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB), 36% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros. Nos últimos anos, poucos países tiveram crescimento tão expressivo no comércio internacional do agronegócio quanto o Brasil (Andriguetto *et al.* 2008).

Ao mesmo tempo em que se expande, o agronegócio brasileiro sofre um processo crescente de integração ao mercado, com mudanças em suas estratégias de produção e distribuição. Segundo Alves apud Costa, 2002, isso acontece devido ao fato de que há um aumento na preocupação com a qualidade dos alimentos. Além disso, os produtores têm procurado ampliar a sua linha de produtos com maior valor agregado e adequar suas formas organizacionais às necessidades do mercado, que está aquecido devido à presença de novos hábitos de consumo alimentar (Costa, 2002).

Todos os fatores acima descritos vêm forçando os produtores agrícolas a tentarem reduzir custos de produção e de distribuição. Dessa forma, a competitividade no setor agroindustrial depende cada vez mais da sua inserção na cadeia de suprimento: a redução de custos unitários e o aumento da produtividade global do setor demandam maior ênfase em tecnologias de pós-colheita e de processamento, em fatores que afetam os tempos e custos de transporte e armazenamento e, ainda, em serviços de apoio que agilizem a movimentação física dos produtos e o acesso a informações relacionadas aos negócios (Costa, 2002).

O Brasil é um dos três maiores produtores de frutas do mundo, ficando somente atrás da China e Índia, representando cerca de 5% da produção mundial. Sua produção superou 40 milhões de toneladas em 2008 (Agência Sebrae, 2009). A próxima seção discutirá brevemente a agroindústria de frutas no país.

### *2.1.2 Agroindústria de frutas no Brasil*

Embora seja um dos maiores exportadores de frutas do mundo, a carência em marketing do setor frutícola dificulta a expansão comercial da fruta brasileira, uma vez que existe baixo conhecimento da maioria das frutas tropicais no mercado internacional. Apesar disso, nos últimos 14 anos, o Brasil aumentou em mais de 11 vezes as exportações de frutas frescas, passando de US\$ 54 milhões no início da década de 1990 para mais de US\$ 642 milhões no ano de 2007 (919 mil toneladas). Somando-se as frutas secas e castanhas de caju, foram exportadas um milhão de toneladas, equivalente a US\$ 967,7 milhões (Andriguetto *et al.* 2008).

Já o processamento de sucos de fruta está em franca expansão, ocupando papel de relevância no agronegócio mundial, com destaque para os países em desenvolvimento, que são responsáveis pela metade das exportações mundiais. A demanda atual é crescente para sucos e polpas de frutas tropicais, principalmente de abacaxi, maracujá, manga e banana, que são responsáveis pela maioria das exportações (Andriguetto *et al.* 2008).

Porém, desde meados da década de 90, a polpa de açaí ganhou espaço na mídia nacional e internacional, aumentando a demanda do produto, como está exposto na Tabela 1. A conversão do fruto em polpa é, em média, de 2,23 kg de frutos para 1,0 kg de polpa.

**Tabela 1: Balanço entre oferta de frutos e demanda de polpa de açaí do Estado do Pará, no período de 2001 a 2005. Fonte: (Santana *et al.* 2006).**

<b>Ano</b>	<b>Oferta de fruto de açaí (t)</b>	<b>Oferta de polpa aproximada</b>	<b>Demandas de polpa e vinho de açaí</b>			
			<b>Mercado do Pará (t)</b>	<b>Mercado nacional (t)</b>	<b>Mercado Internacional (t)</b>	<b>Demandas Total(t)</b>
2001	118.302	53.050.224	117.843	8.527	395	126.765
2002	364.879	163.622.870	130.559	11.231	1.060	142.850
2003	392.130	175.843.049	163.615	22.597	2.119	188.331
2004	454.071	203.619.283	177.102	29.636	3.622	210.360
2005	505.094	226.499.552	204.730	47.098	5.138	256.966

A expansão gradativa do mercado de frutas processadas tem se caracterizando por uma série de fatores, dentre os quais a preocupação de consumidores com a saúde, o que resulta em aumento da procura e consumo de produtos naturais com pouco ou nenhum aditivo químico. A quantidade exportada de sucos de frutas em 2007 foi de 2,37 milhões de dólares, relativos a 2,16 milhões de toneladas, sendo 51,26% maior que em 2006 e 100% maior que em 2005(Andriguetto *et al.* 2008).

Segundo Barros apud Silva, 2004, as polpas de frutas mostram-se como uma oportunidade para o Brasil, pois existe o potencial de se transformar no novo produto que ampliará a participação brasileira no setor externo. No Brasil, um caso em grande expansão que merece atenção é a agroindústria do açaí, no Estado do Pará, responsável pela produção de 95% do fruto (Silva, 2004). A Tabela 2, no próximo tópico, mostra o crescimento da produção de açaí no Pará.

Na próxima seção, apresentamos uma descrição sucinta da agroindústria de frutas tropicais no Pará.

### *2.1.3 Agroindústria de frutas no Pará*

A região Norte reúne condições favoráveis para o desenvolvimento das agroindústrias de frutas, pois apresenta grande variedade de fruteiras extrativas, próprias da região e solo e clima que permitem a exploração de fruteiras típicas de áreas tropicais (Silva, 2006).

O Pará aparece como um dos maiores produtores brasileiros de frutas da última década, destacando-se pelas produções de abacaxi, banana, coco e laranja e em menor escala de maracujá, mamão, limão e acerola; além das frutas regionais (exóticas), como o açaí, bacuri cupuaçu, taperebá e muruci, que a cada ano ganham mais mercado, o que favorece os empreendimentos do setor frutícola.(Silva, 2004)

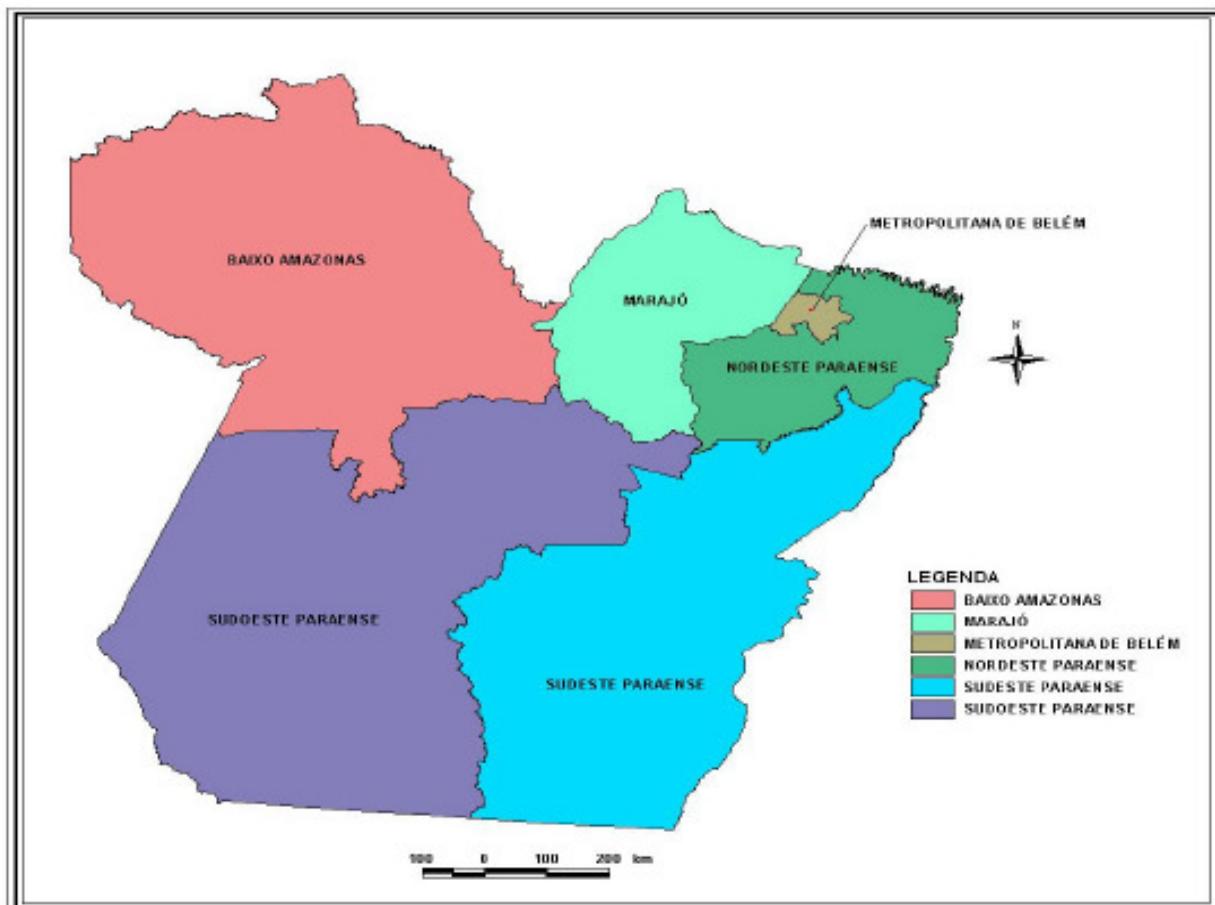
O Estado do Pará é hoje responsável por 95% da produção de açaí no Brasil e, devido a sua importância cultural, o açaí transformou-se, através de lei na bebida e fruta símbolo do estado do Pará e, agora passou a ser priorizado como produto econômico, capaz de gerar renda para a população local e divisas para o país (Andrade *et al.* 2008).

**Tabela 2: Evolução da área colhida, produção, rendimento e preço do açaí no Estado do Pará, 1996 a 2009.**

ANO	Evolução da produção de açaí no Pará						
	ÁREA PLANTADA (há)	ÁREA COLHIDA (há)	QUANTIDADE CULTIVADA (t)	QUANTIDADE EXTRATIVA (t)	QUANTIDADE TOTAL PRODUZIDA (t)	RENDIMENTO (t/há)	PREÇO (R\$/t)
1996		1.054	10.366	103.698	114.064	9,835	469,79
1997		933	7.913	92.021	99.934	8,481	350,84
1998		852	7.278	110.557	117.835	8,542	412,27
1999		690	4.662	107.663	112.325	6,757	472,86
2000		727	5.207	112.676	117.883	7,162	499,35
2001		627	4.558	113.744	118.302	7,270	558,99
2002		16.115	242.557	122.322	364.879	15,052	642,08
2003	3.097	18.479	257.282	134.848	392.130	13,923	686,98
2004	8.593	26.671	363.428	90.643	454.071	13,626	699,96
2005	6.297	34.203	415.921	89.173	505.094	12,160	
2006	8.041	49.455	472.040	88.551	560.591	9,545	
2007	5.249	51.545	497.591	93.788	591.379	9,654	
2008	59.202	59.202	581.290	100.202	681.492	9,819	
2009	61.814	61.814	604.805	104.354	709.159	9,784	

A indústria de suco e polpa de frutas regionais para exportação teve como pioneira a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), fundada no ano de 1949. Em 1988, foi concluída a fábrica de sucos da Associação de Fomento Agrícola de Tomé-Açu (ASFATA), fundada em 1981, que passou para a administração da CAMTA, em 1991. A agroindústria de sucos e concentrados de frutas regionais foi uma das que mais cresceu nos últimos dez anos (Homma, 2003).

O Estado do Pará possui hoje cerca das 140 empresas produtoras de polpa de frutas, distribuídas em todo o estado, porém, as regiões Metropolitana de Belém e Nordeste Paraense concentram cerca de 82% do total das unidades (Brasil apud Silva, 2004). Entretanto, a mesorregião do Marajó é a que concentra a maior produção de fruto, detendo cerca de 80% da produção. Para melhor visualização, veja a Figura 1.



**Figura 1:**Mesorregiões do Estado do Pará. Fonte: Silva, 2004.

No primeiro semestre de 2004 a produção exportada do *mix* de polpa de frutas atingiu o valor de US\$ 5.04 milhões, com uma evolução de 24,47% em relação ao mesmo período de 2003. Desse total, apenas 7,5% da produção de polpa de frutas regional foi exportado para os Estados Unidos e alguns países da União Européia e Ásia; o maior percentual de exportação (75,5%) ficou com o mercado nacional e o restante (17%) foi absorvido pelo mercado local (Santana apud Silva,2004).

A agroindústria de frutas destaca-se como uma atividade estratégica para o desenvolvimento de regiões produtoras na área de fruticultura, uma vez que tem elevada capacidade de gerar emprego e renda e criar uma demanda estável para a produção de frutas, já que apresenta um grande potencial de agregação de valor aos produtos primários a partir do processamento e elaboração de sucos, polpas e doces, além de promover a indução e difusão de tecnologia no meio rural (Silva, 2006).

Por sua vez, o açaí lidera o mercado da fruticultura nacional: a exportação chega a 500 mil toneladas/ano. O crescimento do interesse nacional e internacional pelo suco

do fruto, entretanto, fez com que o preço do produto aumentasse para o consumidor (SAGRI, 2010).

## **2.2 O Açaí**

### **2.2.1 O açaizeiro**

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), planta pertencente à ordem dos Arecales, ao gênero Euterpe da família Palmae, é uma palmeira nativa da Amazônia, abundante nas áreas de várzeas da região. Para os nativos, essa palmeira representa uma importante fonte natural de recursos. Poulet apud Padilha *et al.* afirma que o açaí é um dos produtos mais importantes da vida alimentar e cultural da população regional. Rogez apud Padilha *et al.* (2000), por sua vez, considera o açaizeiro a palmeira mais produtiva do ecossistema que abriga a população do delta do Amazonas.

Os açaizais nativos nas áreas de várzeas são encontrados no estuário dos rios Tocantins, Pará e Amazonas. Nas várzeas, o manejo dos açaizais nativos tem promovido a derrubada verde, sem queima, para construção de canais para facilitar a drenagem da água inundada, com grande movimentação de canoas e barcos para o transporte de frutos, com sérias consequências para flora e fauna. (Homma *et al.* 2006).

O manejo consiste em aumentar a população de açaizeiros que ocorrem naturalmente na floresta de várzea. Com essa técnica, a produtividade do açaizeiro dobra de 4,2 t/ha para 8,4 t/ha de frutos. Baseia-se na eliminação das plantas de espécies arbustivas e arbóreas de baixo valor comercial, cujos espaços livres são ocupados por plantas de açaizeiros oriundas de sementes que germinam espontaneamente, de mudas preparadas ou transplantadas das proximidades e por outras espécies produzidas especialmente para esse fim (Embrapa).

A vantagem da técnica de manejo é que não exige investimento em infra-estrutura, consistindo na realização das seguintes práticas: limpeza da área (roçagem da vegetação de menor porte e eliminação de parte das árvores maiores); desbastes dos perfilhos/estipes das touceiras de baixo vigor vegetativo; preparo/aquisição e plantio de mudas de açaizeiros, frutíferas e florestais; manutenção do açaizal (Embrapa).

A importância socioeconômica do açaizeiro decorre do seu enorme potencial de aproveitamento integral de matéria-prima. O principal aproveitamento é a extração do açaí, mas as sementes (caroços) do açaizeiro são aproveitadas no artesanato e como adubo orgânico. A planta fornece ainda um ótimo palmito e as suas folhas são utilizadas para cobertura de casas dos habitantes do interior da região (Homma, 2006). De acordo

com Padilha *et al.*, existe ainda um outro uso: uma vez que a produção de polpa varia em torno de apenas 5 a 15% do volume do fruto, há uma grande quantidade de resíduos gerados no processamento, que pode ser empregado para geração de energia térmica e elétrica.

Porém, para a população ribeirinha, a possibilidade mais lucrativa proporcionada pelo açaizeiro é a produção e comercialização de seu fruto "in natura". A produção de frutos para o mercado local é uma atividade de baixo custo e de excelente rentabilidade econômica (Homma, 2006).

### 2.2.2 *O fruto*

O açaí, até o final do século XX, era considerado um produto da alimentação básica das populações ribeirinhas e das camadas de baixa renda dos centros urbanos da economia Amazônica, onde é consumido com farinha de mandioca e peixe, entre outros. A produção do açaí era até então predominantemente extrativista, objetivando o consumo doméstico, com pouca venda de excedente. (Santana *et al.* 2006).

No entanto, desde meados da década de 90, as academias de ginástica descobriram o fruto e seu alto valor energético, o que fez com que o açaí ganhasse espaço na mídia nacional e internacional. A demanda do produto aumentou, então, intensamente, uma vez que as camadas de maior poder aquisitivo também passaram a consumí-lo (Santana *et al.* 2006).

Este aumento pode ser atribuído às propriedades nutricionais e valor calórico do açaí, uma vez que é um alimento rico em proteínas, fibras, lipídios, vitamina E e minerais como manganês, cobre, boro e cromo. Além disso, o açaí possui um elevado teor de pigmentos antocianinas, que são benéficos à saúde, pois favorecem a circulação sanguínea e protegem o organismo contra a arteriosclerose (Alexandre *et al.* 2004).

A demanda pelo açaí está em alta: o produto tem boas possibilidades de mercado, principalmente no Rio de Janeiro, São Paulo, Brasília, Goiás e na Região Nordeste. No Rio de Janeiro, o açaí é oferecido nas praias e se tornou muito popular entre os adeptos da "cultura da saúde" e entre os freqüentadores de academias. É também vendido diretamente ao consumidor e começa a ganhar popularidade entre os nativos e turistas. É estimado que no Rio de Janeiro sejam consumidas 500 toneladas/mês, em São Paulo 150 toneladas/mês e outros Estados somam 200 toneladas/mês. Nesses locais, em alguns pontos de venda, o que se consome é o açaí

fino que, misturado com outros produtos, perde o gosto, o odor e até o valor calórico da fruta (Homma, 2006)

Em 2000, iniciou-se a exportação de polpa congelada de açaí para os Estados Unidos e para a Itália. Esse mercado externo cresceu 20% ao ano de 2003 a 2006, com a comercialização do açaí concentrado em latas e com a popularização da mistura com diversas outras frutas feitas em academias de ginástica (Homma, 2006)

A partir de 2002, observou-se o aumento da área colhida com açaí que se manifesta num salto de 16.115 ha (2002) para 26.671 ha (2004), ou seja, uma taxa de crescimento de 65,50% num período de três anos (Santana *et al.* 2006).

Essa significativa taxa média de crescimento da área colhida do açaí pode significar uma resposta dos produtores ao crescimento da demanda pelo fruto do açaí nos últimos anos. De fato, o crescimento da demanda regional, nacional e mesmo internacional do açaí, pode estar induzindo os produtores rurais a aumentarem área plantada do açaí. A expansão da área colhida indica o grande interesse dos produtores rurais quanto à necessidade da formação de uma base produtiva de cultivo do açaí como condição básica para a atração de agroindústrias de processamento (Santana *et al.* 2006).

Assim, crê-se que está em curso uma mudança do padrão agrícola da fruticultura do Pará de uma base produtiva extrativa para uma base produtiva de cultivo. Porém, uma mudança desse tipo requer uma série de adaptações de natureza agronômica, sobretudo quanto ao controle de pragas e doenças que podem se manifestar nos cultivos de grande escala(Santana *et al.* 2006).

O crescimento do mercado de polpa do fruto de açaí tem induzido também o plantio em terra firme (Homma *et al.* 2006) e a implantação de plantas industriais para realizar o processamento, ou as agroindústrias existentes introduziram o açaí na linha de produção, visando atender aos mercados externo e interno (Santana *et al.* 2006).

O plantio de açaizeiro em terra firme apresenta excelente alternativa para a recuperação de áreas desmatadas, como também para reduzir a pressão sobre o ecossistema de várzea que é mais frágil. Além disso, o plantio em terra firme apresenta a vantagem de facilitar o transporte rodoviário e o beneficiamento, sem depender do transporte fluvial mais lento (Santana *et al.* 2006).

O processamento, ou seja, as atividades de lavagem, pasteurização, congelamento e desidratação, em escala industrial, tem como vantagens: melhorar a

higiene e a qualidade do produto, reduzindo ao máximo os riscos de contaminação microbiológica (Homma *et al.* 2006).

O processo de obtenção da polpa de açaí consiste em imergir o fruto em água morna por tempo determinado, a fim de amolecer o mesocarpo antes do despolpamento. Após o amolecimento, o despolpamento é realizado com o auxílio de máquinas mecânicas, elétricas ou manualmente, com ou sem adição de água. Em seguida, o produto obtido passa por uma peneira, de forma a obter a polpa para consumo. (Alexandre *et al.* 2004).

Os produtos obtidos do fruto do açaí são classificados, de acordo com a adição ou não de água e seus quantitativos, ou seja, a porcentagem de sólidos totais. Assim, os produtos incluem:

- polpa de açaí: polpa extraída sem adição de água e sem filtração;
- açaí grosso ou especial: polpa extraída com adição de água e filtração, com sólidos totais acima de 14%;
- açaí médio ou regular: polpa extraída com adição de água e filtração, com sólidos totais entre 11 e 14% ;
- açaí fino ou popular: polpa extraída com adição de água e filtração, apresentando sólidos totais entre 8 e 11% (Alexandre *et al.* 2004).

O açaí é altamente perecível: o seu tempo máximo de conservação, mesmo sob refrigeração, é de 12 horas. O fator responsável por esta alta perecibilidade é a elevada carga microbiana, juntamente com a degradação enzimática, responsáveis pelas alterações de cor e aparecimento do sabor azedo. Atualmente, a conservação da polpa de açaí é feita pelo processo de congelamento (Alexandre *et al.* 2004).

### 2.2.3 Agroindústrias

Tendo como marco referencial a entrada em funcionamento da fábrica de beneficiamento de polpa de frutas da CAMTA, em 1991, a agroindústria de frutas do Estado do Pará teve um grande crescimento a partir da década de 90. As primeiras frutas que tiveram seu processo de beneficiamento foram o maracujá, cupuaçu e acerola. Posteriormente, foram incluídas a laranja, açaí, graviola, carambola, goiaba, cajá, manga, bacuri, muruci e abacaxi (Homma, 2002).

A Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-açú – CAMTA destacava-se como uma das principais compradoras dos consórcios produtores de açaí da região, negociando

preços diferentes entre os municípios. Estas negociações acirravam a concorrência entre os produtores e consequentemente deixava os preços abaixo do mercado. Esta prática prejudicava igualmente a todos os produtores (Homma, 2002).

Nesse contexto, a FASE/Amazônia exerceu papel fundamental suscitando as discussões sobre a criação de um consórcio de produtores que pudessem negociar como as empresas processadoras do fruto, produção em escala ampliada a preços melhores e mais estáveis (Soares e Costa, 2005). A FASE é uma organização não governamental, sem fins lucrativos, que atua em seis estados brasileiros e tem sua sede nacional no Rio de Janeiro. Desde suas origens, esteve comprometida com o trabalho de organização e desenvolvimento local, comunitário e associativo (FASE, 2010).

Em 2000 o consórcio foi estruturado entre os municípios de Abaetetuba, Barcarena, Igarapé-Miri e Cametá (Soares e Costa, 2005).

Em Abaetetuba a principal organização é a Cooperativa de Fruticultores de Abaetetuba – COFRUTA. Em Barcarena como a Associação dos Batedores de Açaí de Barcarena – COOPBAB, e entidades parceiras com o STR – Barcarena, Cooperativa da Colônia de Pesca Z-13 e Associação de Trabalhadores Rurais do Arapajó. Em Cametá com a Cooperativa de Resistência de Cametá – CART e entidades parceiras como STR – Cametá, Colônia de Pescadores Z-16 e Associação de Preservação do Meio Ambiente, e Igarapé-Miri com a Associação Mutirão dos Trabalhadores Rurais de Igarapé-Miri como as entidades parceiras como a Associação de Mulheres de Igarapé-Miri, Associação Boa esperança, STR – Igarapé-Miri e AMPRISA. Em 2003 o número total de famílias envolvidas no consórcio chegou a 919 (Soares e Costa, 2005).

Após a delimitação das organizações e parcerias para fornecimento do fruto, estas organizações passaram a negociar sua produção em conjunto, através do consórcio e com preços igualmente vantajosos para todas as entidades. O volume comercializado aumentou significativamente, principalmente em função da popularização do fruto, aumentando também o número de empresas processadoras na região. Atualmente, comercializam com o consórcio a Sambazon, Fly, CAMTA, Amazon Fruit, Açaí Brasil e Amazon Drink(Soares e Costa, 2005).

A SAMBAZON destaca-se uma vez que tem exportado o fruto para o mercado americano e estabelecendo contratos baseado no chamado mercado “justo”. Com a ampliação da exportação e as exigências do mercado americano, houve a necessidade de reconhecimento do açaí enquanto produto agroecológico de origem orgânica, já que sua produção não utiliza insumos químicos. Em 2003 a agência de certificação Guaranteed

Organic Certification Agency – GOCA entregou a certificação as cooperativas e associações (Soares e Costa, 2005).

A SAMBAZON estabeleceu contrato com as organizações para que o primeiro certificado fosse pago por ela e, posteriormente, a renovação ficaria sob responsabilidade das próprias organizações. Segundo Sobrinho, 2005, apud Soares e Costa, 2005 no período de agosto de 2004 a janeiro de 2005, o preço médio por tonelada pago aos produtores no comércio justo superou em 25% os preços correntes praticados pelos atravessadores na região (Soares e Costa, 2005).

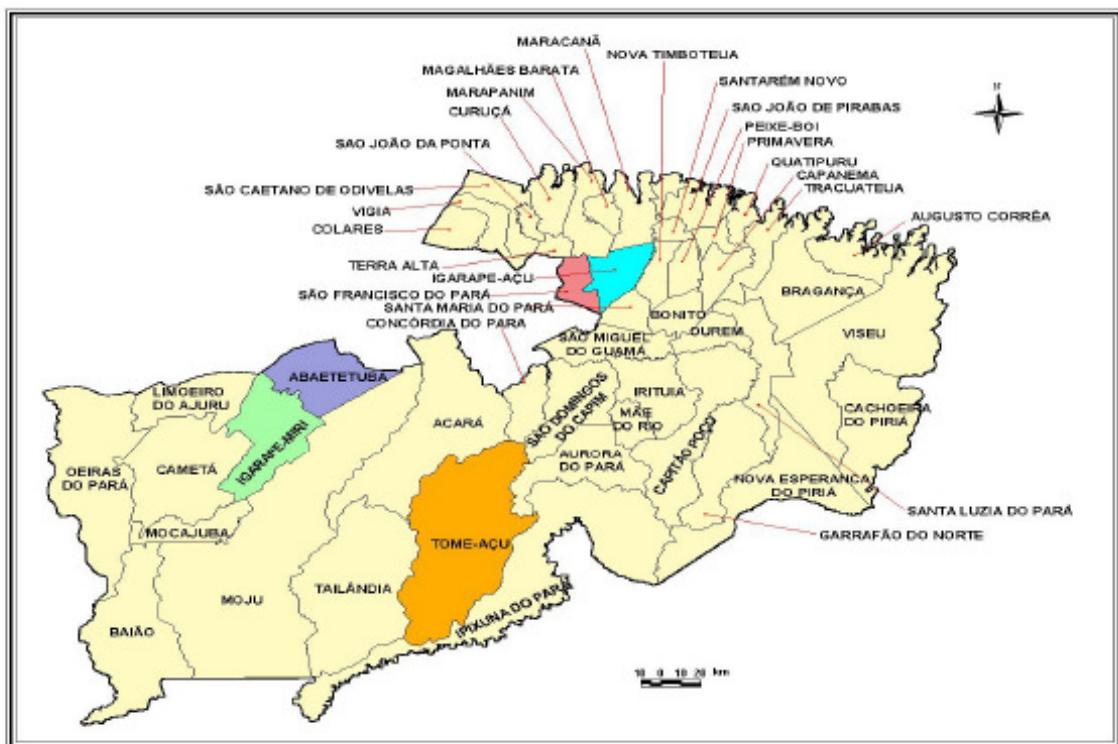
O percurso do açaí da propriedade até a pedra do município é feito de barco e é de responsabilidade da cooperativa, tais gastos são incluídos integralmente no custo do produto. Porém, os gastos com transporte da pedra do município até a empresa processadora são assumidos pela empresa processadora (Soares e Costa, 2005).

Os gastos com transporte são proporcionais ao tempo de viagem do setor até a pedra do município. As menores distâncias encontradas entre os setores e a “pedra”, encontram-se em Barcarena, e as maiores distâncias, em Cametá (Soares e Costa, 2005).

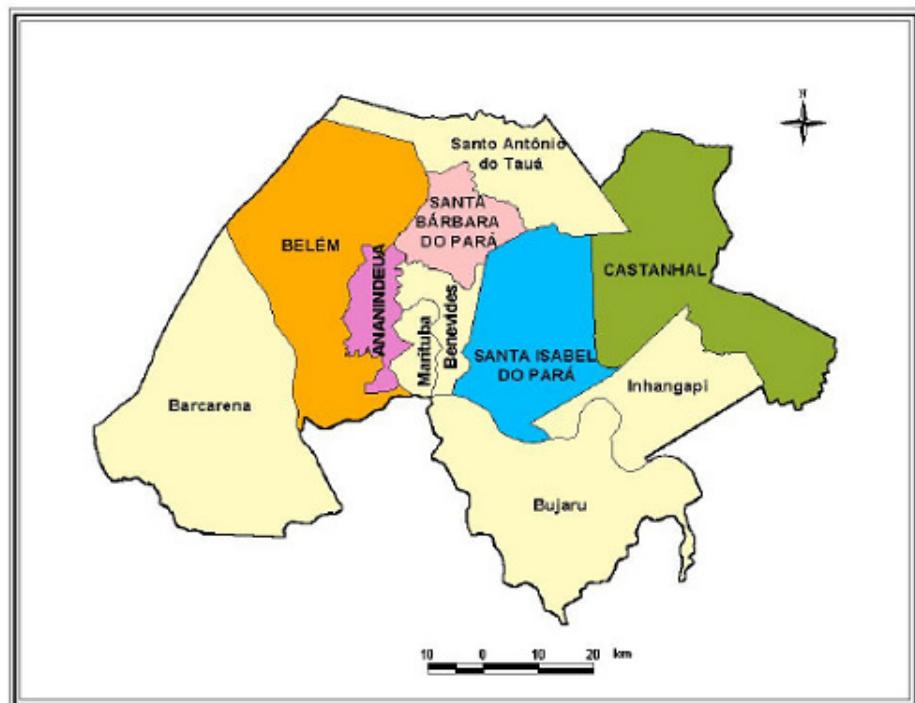
Dessa forma, os preços praticados em Barcarena são altos, por sua proximidade com Belém, que tem mercado consumidor praticamente garantido. E, em Cametá os preços praticados são geralmente abaixo da média dos outros municípios pela maior distância (Soares e Costa, 2005).

Estima-se que 70 a 80% da polpa de açaí vendidas no País são produzidas no Pará e os maiores compradores são Rio de Janeiro, São Paulo, Brasília e alguns Estados do Nordeste.

Sabe-se que as indústrias processadoras se concentram nas mesorregiões Nordeste Paraense e Metropolitana de Belém. Somente em Belém existem 3 mil pontos de venda de açaí (Homma, 2002). A Figura 2 e a Figura 3 representam as regiões do Nordeste paraense e Metropolitana de Belém, respectivamente.



**Figura 2: Microrregiões do Nordeste paraense.** Fonte: Silva, 2004.



**Figura 3: Mesorregião metropolitana de Belém.** Fonte: Silva, 2004

A razão para que as duas mesorregiões sejam detentoras de maior percentual de indústrias é, no caso das empresas que fazem mais de um tipo de produto, a proximidade do principal mercado consumidor, Belém do Pará, que vem se habituando a consumir algumas polpas de frutas amazônicas e outras frutas regionais e tropicais na forma congelada, adquiridas nas redes de supermercados, sobretudo na entressafra. No caso das empresas uniproduto, são as vias de acesso, facilitada através da BR316 que interliga as duas mesorregiões paraenses com o resto do País e assim, escoam a produção da polpa congelada, especialmente do açaí (Silva, 2004).

A polpa congelada e, mais recentemente, a exportação sob a forma desidratada, ou seja, o pó, e sucos pasteurizados apresentam tendências de crescimento e vem influenciando os produtores do Território Rural do Baixo Tocantins, mais precisamente dos municípios de Cametá, Igarapé-Miri, Abaetetuba e Barcarena que, neste processo, representam os fornecedores da matéria-prima para as empresas beneficiadoras do produto que alcançaram o mercado internacional consumidor( Andrade *et al.* 2008)

A região é grande produtora e consumidora de açaí. A cidade de Igarapé-Miri conquistou o título de “Capital Mundial do Açaí”. Ainda, a produção desta região é reconhecida por ser de alta qualidade, seja no rendimento, na produção e no sabor da fruta. Os principais produtos ou grupo de produtos gerados pela atividade da fruticultura no Território Rural do Baixo Tocantins, no estado do Pará, são polpas de frutas, como: cupuaçu, maracujá, taperebá, abacaxi e açaí *in natura*, sendo este último o de maior importância econômica e de maior quantidade de produção (Andrade *et al.* 2008).

A produção dos principais municípios em 2008 pode ser vista na Tabela 3.

**Tabela 3: Produção de açaí no Pará em 2008. Fonte: IBGE-GCEA- Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA/2003 a 2008.**

MUNICÍPIOS	PRODUÇÃO (t)	MUNICÍPIOS	PRODUÇÃO (t)
	2008		2008
<b>TOTAL GERAL</b> <b>581.290</b>			
<b>IGARAPÉ-MIRI</b>	153.000	<b>TAILÂNDIA</b>	1.253
<b>ABAETETUBA</b>	131.250	<b>ITUPIRANGA</b>	1.200
<b>CAMETÁ</b>	40.544	<b>NOVA ESP. DO PIRIÁ</b>	1.200
<b>ACARÁ</b>	39.600	<b>BAIÃO</b>	1.000
<b>LIMOEIRO DO AJURU</b>	35.040	<b>NOVO REPARTIMENTO</b>	1.000
<b>BUJARU</b>	30.955	<b>PORTO DE MOZ</b>	1.000
<b>TOMÉ AÇU</b>	24.000	<b>ALMEIRIM</b>	720
<b>CONCÓRDIA DO PARÁ</b>	21.384	<b>CASTANHAL</b>	634
<b>PONTA DE PEDRAS</b>	14.991	<b>VIGIA</b>	500
<b>OEIRAS DO PARÁ</b>	14.000	<b>SANTA MARIA DO PARÁ</b>	480
<b>MOJU</b>	12.185	<b>BAGRE</b>	420
<b>BARCARENA</b>	12.000	<b>ANAPU</b>	390
<b>TUCURUÍ</b>	11.500	<b>IGARAPÉ-AÇU</b>	300
<b>SANTA ISABEL DO PARÁ</b>	6.200	<b>MARACANÃ</b>	275
<b>PORTEL</b>	4.800	<b>ALTAMIRA</b>	240
<b>CURRALINHO</b>	3.000	<b>CAPITÃO POÇO</b>	187
<b>GURUPÁ</b>	2.812	<b>PACAJÁ</b>	180
<b>SANTO ANTÔNIO DO TAUÁ</b>	2.500	<b>PRAINHA</b>	156
<b>IRITUÍA</b>	2.340	<b>S. FRANCISCO DO PARA</b>	120
<b>BREU BRANCO</b>	1.800	<b>NOVO PROGRESSO</b>	100
<b>CACHOEIRA DO ARARI</b>	1.540	<b>VISEU</b>	60
<b>BREVES</b>	1.500	<b>MEDICILÂNDIA</b>	50
<b>S. SEBASTIÃO DA B.VISTA</b>	1.500	<b>FARO</b>	28
<b>MUANÁ</b>	1.332	<b>AUGUSTO CORREA</b>	24

O arranjo produtivo de polpa de frutas paraense é heterogêneo em tamanho, com predominância de microempresas, em tecnologia, de modo que apenas oito empresas possuem tecnologia de pasteurização, na diversificação e diferenciação de produto: a maioria das empresas processa apenas açaí e, ainda, no grau de inserção nos mercados local, nacional e internacional (Santana *et al.* 2006).

O principal produto industrial é a polpa de açaí pasteurizada e/ou congelada. Em menor escala existem os *blends*, que é o açaí misturado com guaraná, banana, morango e etc., açaí em pó, geléia, licor, vinho, néctar, suco, bombons, sorvetes, café, etc (Santana *et al.* 2006).

#### *2.2.4 Dificuldades das agroindústrias*

Silva, em seu trabalho *O mix de produtos como estratégia competitiva das agroindústrias de polpa de frutas do estado do Pará*, 2004, fez um levantamento das dificuldades que as empresas enfrentam. Os entrevistados, principalmente das empresas que só produzem a polpa de açaí, afirmam que, caso dispusessem de câmaras de congelamento e armazenamento e pasteurizadores, não haveria necessidade de sair do Estado do Pará no período da entressafra (coincidente com o verão do Sudeste e Sul do Brasil e com o período de férias e carnaval, quando há elevação da demanda de polpa de açaí), pois teriam produtos em estoque, originando mais receitas, empregos e tributos em âmbito estadual; ainda, seriam mais competitivas, pois “vêm o açaí do Pará como imbatível no mercado”.

Os entrevistados por Silva, 2004 citaram também suas necessidades de qualificação de mão-de-obra nas áreas de produção, manipulação de alimentos e administrativa. Outra dificuldade enfrentada pelas empresas de polpa de frutas do Estado do Pará é a falta de uma interação mais permanente com o sistema de crédito, pois, do total de empresas entrevistadas, 76,9% não obtiveram crédito de curto prazo (capital de giro) nos últimos cinco anos, e 50% também não obtiveram crédito ou financiamento de longo prazo (projeto incentivado, crédito para investimento, como a compra de equipamentos e outros), ou seja, não acessaram recursos por um período maior do que três anos.

Andrade *et al.* 2008 afirmam que os gargalos da produção de polpa de açaí estão relacionados ao desempenho na área da gestão, principalmente para a melhoria das habilidades de negociação e técnicas de venda, pois o processo de comercialização nestes municípios ainda é bastante complexo, sendo considerado como um dos principais entraves junto à falta de recursos dos produtores. Destacam-se, também, as dificuldades de infra-estrutura no transporte que inviabilizam em muito o intuito de se atingir um bom planejamento da produção.

Limal *et al.* 2008 também ressalta problemas logísticos, porém relacionados ao do produtor de açaí para as indústrias. Para os autores, a logística é bastante deficitária, uma vez que a venda do produto depende, em grande escala, das embarcações que fazem a rota entre as mesorregiões, dos preços do frete e da atuação dos atravessadores. Tais fatores encarecem o custo do produto, que recai sobre o consumidor.

. Segundo informações obtidas em pesquisa de campo, o transporte fluvial é realizado pelas embarcações dos próprios ribeirinhos – aqueles que tiverem condições

de ter um barco maior, feito de madeira mais resistente, para suportar o curso agitado e longo dos rios. Ou seja, o transportador compra o açaí dos colhedores porque é um dos poucos que possui um barco com capacidade para isso. Os barcos podem carregar entre 10 e 14 toneladas de frutos e a trajetória pode durar até 12h. O transporte é realizado manualmente. O transportador estima seu custo e acrescente ao preço que pagou pela lata cerca de R\$ 2,00.

A falta de infra-estrutura dos municípios que fazem parte da mesorregião do Marajó é outro fator negativo para o crescimento econômico da região a partir da exploração do açaí. Muitos destes municípios utilizam mão-de-obra artesanal e utilizam máquinas de extração do fruto de pequeno porte, inviabilizando assim a produção em larga escala da extração da polpa (Limal *et al.* 2008).

Como a plantação dos açaizais ainda se encontra em áreas de várzea e o manejo dos açaizais para solos de terra firme ainda são muito restritos aos grandes produtores, verifica-se que o acesso as grandes plantações é um fator que dificulta a alavancagem econômica da região, pois os custos com combustível, fretes de embarcações influenciam diretamente no preço final do produto (Limal *et al.* 2008).

Este trabalho analisa a cadeia produtiva do açaí do ponto de vista logístico. A próxima seção tratará dos conceitos de logística.

### **2.3 Logística**

De acordo com o *Council of Logistics Management*, logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes (CSCMP,2010).

A logística consiste na gestão de pedidos de uma empresa, do inventário, do transporte, do armazenamento, do manuseio e embalagem de materiais, enquanto procedimentos integrados em uma rede de instalações. (Bowersox *et al.* 2001).

Para Bowersox *et al.* (2001) a logística é o setor da empresa que dá condições práticas de realização das metas definidas pelo setor de marketing, como prazos de entrega mínimos. Sem o planejamento logístico, tais metas não tem condição de se concretizar. Encontrar a melhor alternativa para a operação do seu sistema logístico e da rede de transporte é uma decisão complexa em função das inúmeras combinações possíveis (Bowersox *et al.* (2001)).

Já para Ballou, 2001, o planejamento logístico busca soluções para as seguintes questões:

- Objetivos do serviço ao cliente: define quais requisitos de serviço ao cliente o sistema logístico deve atender, flexibilidade ou rapidez, por exemplo. Portanto, o projeto do sistema logístico começa com esta definição;
- Estratégia de localização de instalações: encontrar a distribuição de mais baixo custo. Para isso, as decisões de localização visam definir o número, tamanho e localização das instalações, a estrutura de atendimento da demanda e o fluxo de produtos entre as instalações;
- Estratégia de estoque : define os níveis de estoque a serem mantidos nas instalações, a localização dos estoques ao longo da rede e o grau de centralização dos estoques entre as diversas instalações;
- Estratégia de transporte: decisões sobre o tipo de modal utilizado, tamanho do carregamento, grau de consolidação do embarque e programação de transportadores.

Assim, pode-se concluir que a *missão* da Logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições certas, ao menor custo possível.

Alves (1997) apud Costa (2002) entende que os bens e serviços produzidos por uma empresa são obtidos a partir de bens e serviços provenientes de um mercado a montante e poderão sofrer processamentos a jusante ou apenas seguirem por um canal de distribuição simples até o consumidor final. A cada transformação que o produto passa, seja física, temporal e/ou espacial, lhe é agregado valor e incorporado a ele condições de melhor atendimento ao consumo. Este valor adicionado é adquirido a partir da transferência de propriedade entre agentes ou elos do sistema, os quais estabelecem entre si uma relação de troca destes bens e serviços.

Dessa forma, para Costa (2002) pode-se afirmar que uma rede logística qualquer deve estabelecer a integração dos fluxos físicos e de informações, responsáveis pela movimentação de materiais e produtos, desde a previsão das necessidades para suprimento de matérias-primas e componentes, passando pelo planejamento da produção e consequente programação de fornecimento aos canais de distribuição para o mercado consumidor.

A gestão logística cuida da movimentação geral dos produtos, que se dá por três áreas principais: suprimento, apoio à produção e distribuição física. Para vencer a distância que separa os clientes dos fornecedores, a gestão logística enfrenta problemas referentes a tempo, espaço, custo, comunicação, movimentação e transporte de materiais e produtos (Costa, 2002)

Em função dessas dificuldades, são criadas estratégias logísticas, as quais devem promover a integração das operações existentes dentro e entre as áreas de suprimento, apoio à produção e distribuição física. Esta integração deve se refletir em termos de custos totais e desempenho operacional do sistema logístico (Costa, 2002).

Para configurar a rede logística é necessário especificar a estrutura através da qual os produtos passarão, de seus pontos de origem até os pontos de demanda, determinando quais instalações devem ser usadas, quantas deve haver, quais os produtos e clientes designados a elas, quais serviços de transporte deveriam ser usados entre elas e como as instalações deveriam ser atendidas (Ballou, 2001).

Tal problema pode ser representado de diversas formas, com maior ou menor número de elos, dependendo das características dos produtos que fluem através da rede.

Ou seja, pode haver mais de um projeto de rede para os produtos de uma mesma companhia (Ballou, 2001).

Ainda de acordo com Ballou (2001), o projeto da rede tem dois aspectos: espacial e temporal. O aspecto espacial refere-se a localização de instalações, tais como plantas, armazéns e lojas de varejo e é determinado através do equilíbrio entre custos de produção/compra, custos de manutenção de estoque, custos de instalação e custos de transporte.

Já o aspecto temporal, no planejamento da rede, é representado pela disponibilidade do produto para satisfazer a demanda do cliente, que é realizada com o tempo de reabastecimento do pedido de produção ou com a manutenção de um estoque nas proximidades do cliente (Ballou, 2001).

Embora esteja ligada à estratégia da empresa, a escolha do tipo de rede logística, ou seja, o aspecto espacial, pode ser facilitada através da utilização de modelos matemáticos de localização de facilidades.

Uma vez que o conceito de rede logística apresenta relação direta com o conceito de cadeia de produção agroindustrial, como pode ser visto na seção 2.1, a proposta desse trabalho é utilizar ferramentas de análise do sistema logístico na análise da cadeia produtiva agroindustrial do açaí. Abaixo, descrevemos mais detalhadamente a tomada de decisão relativa à localização de facilidades e os modelos matemáticos envolvidos. A palavra facilidades é tradução do termo em inglês *facilities*, que também pode ser traduzido como instalações. O termo facilidades é usado porque é mais comum na área de pesquisa operacional.

### 2.3.1 *O problema da localização de facilidades na Rede Logística*

Decisões de localização podem ser consideradas as mais críticas e mais difíceis para a definição de uma rede logística. As decisões de transporte e estoque podem ser mudadas no curto prazo, em resposta à disponibilidade de matéria prima, custos de mão de obra, de componentes, de transporte, impostos etc. As decisões de fluxo de informação também são relativamente flexíveis e podem ser alteradas de acordo com a estratégia da empresa (Daskin *et al.* 2003).

Dessa forma, transporte, estoque e decisões sobre o fluxo de informações podem ser re-otimizadas prontamente, em resposta a mudanças nas condições da cadeia de suprimentos. Decisões sobre produção e locações são, talvez, menos flexíveis, uma vez que os custos de produção são calculados no curto prazo. A capacidade das plantas, por

exemplo, é tomada como fixa freqüentemente no curto prazo. Entretanto, as quantidades de produção podem ser alteradas no médio prazo em resposta a mudanças no custo de matéria prima e demanda do mercado (Daskin *et al.* 2003).

Decisões a respeito de rotas de veículos e estoques são geralmente secundárias em relação às decisões sobre localização de facilidades, no sentido de que as facilidades tem alto custo de construção e são difíceis de modificar, enquanto rotas de veículos e estoques podem ser alteradas periodicamente sem grandes complicações. Porém, decisões a respeito de localização de facilidades/rotas e localização de facilidades/estoques são diferentes daquelas que seriam feitas sobre localização de facilidades isoladamente (Daskin *et al.* 2003).

Para o caso da CPA do açaí, a capacidade das empresas beneficiadoras ainda está subutilizada, por isso, não consideraremos a abertura de novas plantas; porém, nesse sentido e, considerando o crescimento contínuo da demanda, o modelo proposto neste trabalho envolve a escolha da localização e capacidade, dada pelo número de hectares, de novos *spots* de produção em terra firme. De forma análoga, o modelo possibilita também a decisão de implantar o cultivo manejado em áreas de cultivo puramente extrativista.

### 2.3.2 *O problema da localização de facilidades em pesquisa operacional*

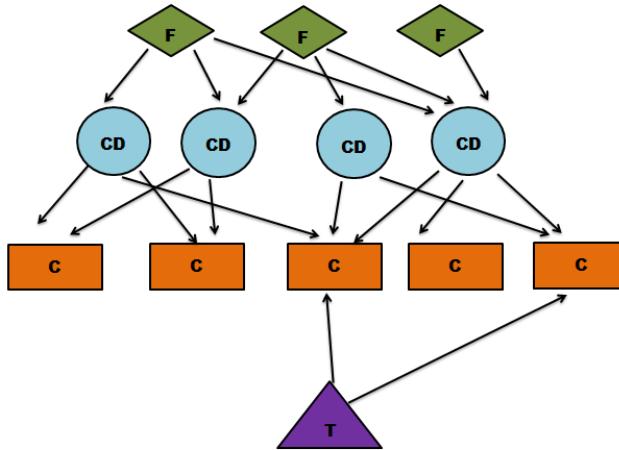
O problema da localização de facilidades consiste na escolha de localizações geográficas que serão utilizadas para a construção de fábricas e pontos intermediários entre os fornecedores e clientes finais, considerando a distância, o tempo e os custos de transporte entre clientes e facilidades, com o objetivo de melhorar a logística de transporte e reduzir custos operacionais. (Martinez, 2008).

De acordo com Melo *et al.* (2009), um problema de localização de facilidades envolve um conjunto de consumidores e um conjunto finito de estruturas (plantas, armazéns) designado para satisfazer a demanda dos clientes, com os respectivos custos de abertura, fechamento e manutenção. As respostas plausíveis de serem obtidas são: Quais facilidades devem ser abertas ou fechadas? Quais clientes devem ser atendidos por quais facilidades para minimizar o custo total?

Localização de facilidades é um tema bem estabelecido em Pesquisa Operacional e pode ser encontrado em Hinojosa *et al.* (2008), Martinez (2008), Melkote e Daskin (2001). Melo *et al.* (2009) apresentam uma revisão sobre vários modelos de localização de facilidades presentes na literatura.

Neste trabalho de conclusão de curso, o modelo proposto por Hinojosa *et al.* (2008) é utilizado no estudo.

O trabalho de Hinojosa *et al.* (2008) envolve questões de dimensionamento de lotes e localização de facilidades, com possibilidade de terceirização, como indicado na Figura 4:



**Figura 4: Representação do modelo de Hinojosa et al. (2008)**

No modelo de Hinojosa *et al.* (2008), as plantas fabricam os produtos, mandam para os armazéns, que repassam para os clientes. Caso as capacidades das plantas ou armazéns não sejam suficiente, é possível adquirir os produtos de um fornecedor externo. Existe a possibilidade de abrir ou fechar fábricas em locais pré-determinados. Os autores não exemplificam, mas entendemos essa abertura como contratos com pequenas empresas fornecedoras de matéria-prima ou pequenas fábricas que manufaturam os produtos com as especificações desejadas.

Hinojosa *et al.* (2008) procura estabelecer a cadeia toda de suprimentos, em que o fluxo de produtos tenha que passar pelo centro de distribuição antes de chegar ao cliente e possibilitando a abertura de fábricas e centros de distribuição. Já Martinez (2008) configura a rede de distribuição e escolhe os modais de transporte mais adequados.

A seguir apresenta-se o modelo proposto em Hinojosa *et al.* (2008), sendo que as ideias gerais deste modelo será utilizado para representar o problema em estudo neste trabalho de conclusão de curso.

## 2.4 O modelo de Hinojosa et al. (2008) no contexto da localização de facilidades.

O objetivo deste modelo é minimizar o custo total para atender as demandas de diferentes produtos, especificadas em períodos distintos, de diferentes clientes espalhados em locais diversos. Assim, definiu-se uma estrutura de custos que inclui manutenção, abertura e fechamento de instalações, custos de produção, transporte e estoque de produtos.

Notações utilizadas no modelo:

$\mathcal{LC}$ : conjunto de localizações de clientes, indexados por  $i \in \mathcal{LC}$ ,

$\mathcal{LW}$ : conjunto de localizações de armazéns, indexados por  $j \in \mathcal{LW}$ ,

$\mathcal{LP}$ : conjunto de localizações de plantas/fábricas, indexados por  $k \in \mathcal{LP}$ ,

$\mathcal{P}$ : conjunto de diferentes produtos, indexados por  $p \in \mathcal{P}$ ,

$\mathcal{LWc}$  : subconjunto de  $\mathcal{LW}$  em que existem armazéns já em funcionamento,

$\mathcal{LWo}$  : subconjunto de  $\mathcal{LW}$  em que nenhum armazém está aberto,

$\mathcal{LPc}$  e  $\mathcal{LPo}$  são definidos analogamente.

Neste modelo, as plantas e armazéns tem capacidade limitada:

$WC_j^t$ : capacidade do armazém  $j$  no tempo  $t$ ,

$PC_k^t$ : capacidade da planta  $k$  no tempo  $t$

Tem-se ainda:

$D_{ip}^t$  : demanda de produto  $p$  do cliente  $i$  no período  $t$

Como se deseja minimizar o custo total de atendimento da demanda do cliente, é preciso definir uma estrutura de custos que inclua não só manutenção, abertura e fechamento das facilidades, mas também custos de produção, transporte e estoque.

Para  $j \in \mathcal{LWo}$  e  $t \in \mathcal{T}$

$TCW_j^t$ : custo total do armazém  $j$  se estabelecendo no início no período  $t$ , incluindo custos de manutenção do período  $t$  até  $T$ .

Para  $j \in \mathcal{LWc}$  e  $t \in \mathcal{T}/\{T\}$

$TCW_j^t$ : custo total do armazém  $j$  sendo removido no final no período  $t$ , incluindo custos de manutenção e fechamento.

Para  $j \in \mathcal{LWc}$ :

$TCW_j^T$ : custo total do armazém  $j$  aberto durante todo o horizonte de planejamento.

$TCP_k^t$  é definido analogamente para o conjunto de possíveis locais para plantas,  $\mathcal{LP}$ .

$PTC_{jkp}^t$ : custo de produção e transporte de produto  $p$  da planta  $k$  para o armazém  $j$  no período  $t$ .

$TC_{ijp}^t$ : custo de transporte por unidade de produto  $p$  do armazém  $j$  para o cliente  $i$  no período  $t$ .

$IC_{jp}^t$ : custo unitário de estoque do produto  $p$  no armazém  $j$  do período  $t$  para o período  $t+1$ .

$OSC_{ip}^t$ : custo unitário de transporte do produto  $p$  terceirizado para o cliente  $i$ .

Variáveis binárias (decisão de configuração):

Para  $j \in \mathcal{LU}_0$  e  $t \in \mathcal{T}$

$z_j^t = 1$  se o armazém  $j$  está aberto no início do período  $t$ ,

$z_j^t = 0$  caso contrário.

Para  $j \in \mathcal{LU}_c$  e  $t \in \mathcal{T}/\{T\}$

$z_j^t = 1$  se o armazém  $j$  está fechado no final do período  $t$ ,

$z_j^t = 0$  caso contrário.

Para  $j \in \mathcal{LU}_c$ :

$z_j^T = 1$  se o armazém  $j$  permaneceu durante todo o horizonte de planejamento,

$z_j^T = 0$  caso contrário.

$\varepsilon_k^t$  é definido analogamente.

Variáveis contínuas (decisões tácticas)

$x_{ijp}^t$ : fração (correspondente a  $D_{ip}^t$ ) de produto  $p$  entregue para o cliente  $i$  do armazém  $j$  no período  $t$ .

$y_{jkp}^t$ : fração (correspondente a  $WC_J^t$ ) de produto  $p$  entregue para o armazém  $j$  da planta  $k$  no período  $t$ .

$o_{ip}^t$ : fração (correspondente a  $D_{ip}^t$ ) de produto terceirizado  $p$  entregue para o cliente  $i$  período  $t$ .

$I_{jp}^t$ : estoque de produto  $p$  existente no armazém  $j$  no período  $t$ .

Para simplificar notação, tem-se ainda:

$T_{jt} := \{1, \dots, t\}$  se  $j \in \mathcal{LU}_0$

$T_{jt} \{t, \dots, T\}$  se  $j \in \mathcal{LU}_c$

Função Objetivo

$$\begin{aligned}
& \text{Min } f(x, y, o, I, z, \varepsilon) := \\
& \sum_{t \in T} \sum_{i \in LC} \sum_{j \in LW} \sum_{p \in P} TC_{ijp}^t \cdot x_{ijp}^t \cdot D_{ip}^t + \\
& \sum_{t \in T} \sum_{j \in LW} \sum_{k \in LP} \sum_{p \in P} PTC_{jkp}^t \cdot y_{jkp}^t \cdot WC_j^t + \sum_{t \in T} \sum_{i \in LC} \sum_{p \in P} OSC_{ip}^t \cdot o_{ip}^t \cdot D_{ip}^t + \\
& \sum_{t \in T} \sum_{j \in LW} \sum_{p \in P} IC_{jp}^t \cdot I_{jp}^t + \sum_{t \in T} \sum_{j \in LW} TCW_j^t \cdot z_j^t + \sum_{t \in T} \sum_{k \in LP} TCP_k^t \cdot \varepsilon_k^t
\end{aligned} \tag{1}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in LW} x_{ijp}^t + o_{ip}^t \geq 1 \quad \forall i \in LC, \forall p \in P, \forall t \in \mathcal{T}, \tag{2}$$

$$\sum_{i \in LC} \sum_{p \in P} x_{ijp}^t \cdot D_{ip}^t + \sum_{p \in P} I_{jp}^t \leq WC_j^t \sum_{r \in T_{jt}} z_j^r \quad \forall j \in LW, \forall t \in \mathcal{T}, \tag{3}$$

$$\sum_{p \in P} I_{jp}^t \leq WC_j^{t+1} \sum_{r \in T_{jt}} z_j^r \quad \forall j \in LW, \forall t \in \mathcal{T} \setminus \{T\} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{k \in LP} WC_j^t \cdot y_{jkp}^t + I_{jp}^{t-1} = \sum_{i \in LC} D_{ip}^t \cdot x_{ijp}^t + I_{jp}^t \quad \forall j \in LW, \forall p \in P \\
& \forall t \in \mathcal{T} \setminus \{T\}
\end{aligned} \tag{5}$$

$$\sum_{j \in LW} \sum_{p \in P} WC_j^t \cdot y_{jkp}^t \leq PC_k^t \sum_{r \in T_{kt}} \varepsilon_k^r \quad \forall k \in LP, \forall t \in \mathcal{T} \tag{6}$$

$$\sum_{j \in LW_o} z_j^1 + \sum_{j \in LW_c} \sum_{t \in T} z_j^t \geq NW^1 \quad \sum_{j \in LW_o} \sum_{t \in T} z_j^t + \sum_{j \in LW_c} z_j^T \geq NW^T \tag{7}$$

$$\sum_{k \in LP_o} \varepsilon_k^1 + \sum_{k \in LP_c} \sum_{t \in T} \varepsilon_k^t \geq NP^1 \quad \sum_{k \in LP_o} \sum_{t \in T} \varepsilon_k^t + \sum_{k \in LP_c} \varepsilon_k^T \geq NP^T \tag{8}$$

$$\sum_{t \in T} z_j^t = 1 \quad \forall j \in LW_c \quad \sum_{t \in T} z_j^t \leq 1 \quad \forall j \in LW_o \tag{9}$$

$$\sum_{t \in T} \varepsilon_k^t = 1 \quad \forall k \in LP_c \quad \sum_{t \in T} \varepsilon_k^t \leq 1 \quad \forall j \in LP_o \tag{10}$$

$$I_{jp}^0 = 0, I_{jp}^T = 0, I_{jp}^t \geq 0, \forall j \in LW, \forall p \in P \forall t \in \mathcal{T} \setminus \{T\} \tag{11}$$

$$0 \leq x_{ijp}^t, y_{jkp}^t, o_{ip}^t \leq 1 \quad \forall i \in LC, \forall j \in LW, \forall k \in LP, \forall p \in P \forall t \in \mathcal{T} \tag{12}$$

$$z_j^t, \varepsilon_k^t \in \{0, 1\} \quad j \in LW, \forall k \in LP, \forall t \in \mathcal{T} \tag{13}$$

A restrição (2) garante que a demanda do cliente será sempre atendida, (3) que os produtos entregues a clientes virão de armazéns que estejam em funcionamento e, que sua capacidade não será excedida. A restrição (4) Garante que a quantidade de produtos estocada em t não seja maior que a capacidade máxima do armazém em t+1.

(5) é uma restrição de conservação de fluxo :assegura que a quantidade de produto p entregue ao armazém j no período t, mais o estoque anterior em t-1 é igual à parcela de produto entregue ao cliente mais o estoque de p no final no período t, enquanto (6) garante que os produtos entregues aos armazéns virão de fábricas já existentes e que não excederão a capacidade de produção.

As restrições (7) e (8) garantem que haverá o número mínimo necessário de plantas e armazéns abertos, nos instantes t=1 e t=T. Restrições (9) e (10) descrevem o

caráter especial dos subconjuntos  $\mathcal{LW}_c$ ,  $\mathcal{LP}_c$ ,  $\mathcal{LW}_o$ ,  $\mathcal{LP}_o$  : em  $\mathcal{LW}_c$ ,  $\mathcal{LP}_c$  deverá haver pelo menos uma instalação em funcionamento.

A restrição (11) força os estoques inicial e final a serem nulos, por fim, (12) e (13) são restrições que descrevem o caráter das variáveis de decisão.

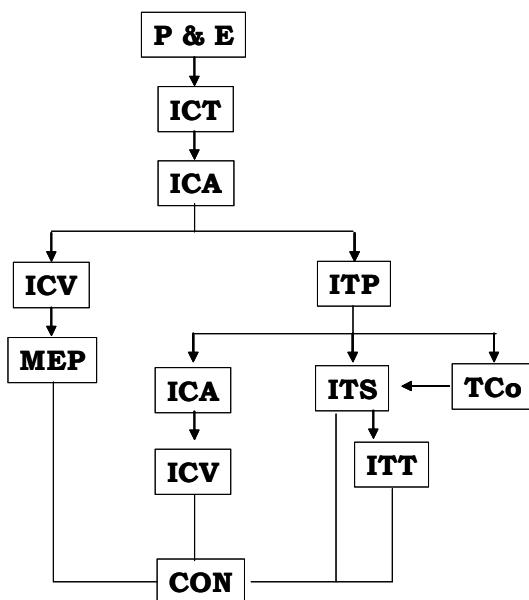
### **3. Definição do Problema e Propost**

Este capítulo trata da descrição da CPA do açaí e da proposição do modelo relacionado a ela.

#### **3.1 Caracterização da Cadeia Produtiva do Açaí**

A caracterização da cadeia produtiva do Açaí foi realizada pelo pesquisador Dalton Pessoa, em 2007, de modo que os dados a seguir foram retirados de sua pesquisa de campo, ainda não publicada.

Segundo Pessoa (2007), foram identificados os seguintes atores no mercado de açaí, que se relacionam conforme a representação na Figura 5:



**Figura 5: Os atores do sistema de comercialização do açaí e suas inter-relações, adaptado de Pessoa, 2007.**

**P&E** - Produtores e Extrativistas;

**ICT** - Intermediários Comerciantes Transportadores;

**ICA** - Intermediários Comerciantes Atacadistas;

**ICV** - Intermediários Comerciantes Varejistas;

**MEP** – Micro Empresa de Processamento;

**ITP** - Indústria de Transformação Primária: processa o fruto, produto na forma de bebida mas geralmente não a vende diretamente ao consumidor;

**ITS** – Indústria de Transformação Secundária: processa a bebida transformando-a no seu produto final, como nas indústrias de bebidas e energéticos, ou em produto intermediário como extratos e concentrados e pos;

**TCo** – Trading Companies;

**ITT** – Indústria de Transformação Terciária;

**CON** – Consumidor Final.

## **P&E**

A produção de frutos é basicamente extrativista. Ao menos um projeto busca investidores para plantio em terra firme, mas iniciativas como estas não devem aumentar a oferta do fruto antes de, pelo menos, 3,5 anos. Outra abordagem é a da Camta que está estimulando seus cooperados a aumentar sua plantação.

## **MEP e ITP**

O Sindicato da Indústria de Frutas e Derivados do Estado do Pará (Sindfrutas) possui 22 fábricas processadoras de açaí afiliadas, mas estima-se que existam mais 37 ou 38 indústrias.

Não se dispõe de uma estimativa confiável do potencial de produção de frutos, mas observou-se que em 2007 a demanda de frutos estava diminuída e estimou-se que apenas 70% da capacidade instalada de processamento era utilizada

O consumo nacional está concentrado no Rio de Janeiro (50%), dos quais 90% está na mão de um único distribuidor, chamado Bella Ischia, seguido de São Paulo (30%). Neste mercado a bebida de açaí é comercializada como uma commodity, onde o fator determinante é o preço, o que ocasionou a redução gradual no teor de sólidos.

Essa redução gradual do teor de sólidos tem outro efeito no produto que chega ao consumidor: o produto vendido ao consumidor final no Brasil é o uso de outros ingredientes, como frutas e granola, que mascaram o baixo teor de matéria seca da bebida , que se situa entre 4% e 5% em sua maioria..

A empresa Dafruta, uma empresa sediada em Aracati (CE), é o maior exportador individual de açaí. É uma indústria de transformação secundária (ITS) que concentra, clarifica e pasteuriza a bebida para exportação. Destacam-se também: a Sambazon, com fábrica no Amapá, que exporta açaí para sua contraparte americana; a Bela Iaçá; a Camta, a Bolt house, que exporta para sua contraparte americana a bebida clarificada; a Amazonfrut; o Top açaí e RMO.

## **ITS e ITT**

Indústrias de Transformação (ITS ou ITT). São as indústrias de alimento, bebidas e complementos alimentares, tais como Duas Rodas, WOW, Coca-Cola, Danone, Centerflora e Sanrisil.

No mercado externo de bebidas e sorvetes, as empresas com maior expressão incluem: Sambazon (USA), com vasta gama de produtos, desde polpa em 100g para fazer batida no liquidificador; mistura com outras frutas; Monavie (USA), que comercializa uma bebida à base de açaí com mais 17 outras plantas; Bossa Nova (USA), que produz bebida à base de açaí. Em menor escala atuam o Café clássico (USA), produzindo e vendendo sorvete à base de açaí e a Zola com sua bebida à base de açaí.

Novos atores estão testando o mercado, por exemplo, a Coca-cola, atual proprietária da Bossa Nova, lançou na Austrália uma bebida à base de açaí chamada Mother. Ao todo estima-se que no mundo devem estar sendo comercializadas 150 tipos de bebida à base de açaí.

No mercado de nutracêuticos, que são complementos alimentares com qualidades funcionais, pode-se citar a Abios, que comercializa capsulas de açaí no Japão, além de várias empresas que vendem barras de cereal e biscoitos.

### ***3.2 Informações e premissas adotadas para o desenvolvimento do modelo matemático***

Os dados e as premissas deste trabalho foram adotados em acordo com pesquisas realizadas em empresas beneficiadoras e empresas de exportação do Pará, para que ficassem tão próximos da realidade quanto possível. Porém, não realizamos simulações com o modelo, de forma que os dados colhidos estão apenas organizados, sem os cálculos de previsão da demanda futura, ou custos de transporte detalhados, por exemplo. Em trabalhos futuros, pretende-se realizar validação do modelo com os dados históricos e elaborar cenários futuros, baseados nas previsões de crescimento da demanda.

#### **a) A Localização e a Capacidade dos Produtores e Extrativistas**

Para estabelecer a localização dos produtores primários, adotamos as cidades com maior produção de açaí como o ponto de referência. Essa caracterização foi

adotada por dois motivos: primeiro, porque há inúmeros produtores pequenos de açaí cuja produção, considerada isoladamente, não teria grande significância. Segundo, porque é sabido que o açaí fica nos portos dos ribeirinhos, por vezes localizados a 200m um do outro, nos rios e há um intermediário que passa recolhendo as latas e as leva para as cidades.

Devido à falta de dados precisos sobre a capacidade de produção, tomou-se como base a produção anual de açaí das referidas cidades, de acordo com a Tabela 4 e a Tabela 5.

**Tabela 4: Evolução da área destinada a colheita, por município de 2003 a 2008. Fonte: IBGE-GCEA-Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA/2003 a 2008. Elaboração e Sistematização: SAGRI/DIEST.**

MUNICÍPIOS	ÁREA (ha)											
	DESTINADA A COLHEITA						COLHIDA					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>ABAETETUBA</b>	1.000	1.600	4.480	4.480	6.320	10.500	1.000	1.600	4.480	4.480	6.320	10.500
<b>BARCARENA</b>	830	830	930	1.000	1.000	1.000	830	830	930	1.000	1.000	1.000
<b>BUJARU</b>	1.250	1.250	1.500	1.810	1.810	2.064	1.250	1.250	1.500	1.810	1.810	2.064
<b>CAMETÁ</b>	3.020	4.400	6.700	6.700	6.700	7.240	3.020	4.400	6.700	6.700	6.700	7.240
<b>CONCÓRDIA DO PARÁ</b>	200	944	950	950	950	1.320	200	944	950	950	950	1.320
<b>IGARAPÉ-MIRI</b>	2.000	6.000	7.000	17.500	17.500	18.000	2.000	6.000	7.000	17.500	17.500	18.000
<b>LIMOEIRO DO AJURU</b>	2.340	2.340	2.340	5.840	5.840	5.840	2.340	2.340	2.340	5.840	5.840	5.840
<b>MOJU</b>	400	400	800	800	1.000	1.000	400	400	800	800	1.000	1.000
<b>MUANÁ</b>	48	48	148	148	148	148	48	48	148	148	148	148
<b>TOMÉ AÇU</b>	250	2.000	1.600	1.600	1.600	1.600	250	2.000	1.600	1.600	1.600	1.600
<b>TUCURUÍ</b>	32	32	80	80	80	1.150	32	32	80	80	80	1.150

**Tabela 5: Evolução da produção por Município, de 2003 a 2008. Fonte: IBGE-GCEA- Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA/2003 a 2008. Elaboração e Sistematização: SAGRI/DIEST.**

MUNICÍPIOS	PRODUÇÃO (t)						RENDIMENTO (kg/ha)					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ABAETETUBA	15.625	20.000	56.000	56.000	79.000	131.250	15.625	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500
BARCARENA	9.960	9.960	11.160	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
BUJARU	18.750	18.750	22.500	27.150	27.150	30.955	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	14.998
CAMETÁ	30.200	44.000	44.000	40.200	40.200	40.544	10.000	10.000	6.567	6.000	6.000	5.600
CONCÓRDIA DO PARÁ	3.200	15.104	15.200	15.200	15.200	21.384	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.200
IGARAPÉ-MIRI	42.000	96.000	105.000	147.000	147.000	153.000	21.000	16.000	15.000	8.400	8.400	8.500
LIMOEIRO DO AJURU	29.250	23.400	23.400	35.040	35.040	35.040	12.500	10.000	10.000	6.000	6.000	6.000
MOJU	4.874	4.874	9.748	9.748	12.185	12.185	12.185	12.185	12.185	12.185	12.185	12.185
MUANÁ	672	432	1.332	1.332	1.332	1.332	14.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
TOMÉ AÇU	3.325	37.500	24.000	24.000	24.000	24.000	13.300	18.750	15.000	15.000	15.000	15.000
TUCURUÍ	400	400	800	800	800	11.500	12.500	12.500	10.000	10.000	10.000	10.000

Os saltos na produção, especialmente no município de Tucuruí, acontecem devido a falhas nas coletas dos dados.

Queiroz, 2004 observa que para o lado amapaense, o período de safra de Açaí ocorre durante os meses de dezembro/janeiro a junho/julho. Já no lado paraense o período de safra ocorre durante o período de julho/agosto a novembro/dezembro. A divisão ocorre numa faixa imaginária que se estende no delta amazônico passando pelas cidades de Chaves e Gurupá (Estado do Pará). A safra de frutos de açaí no lado amapaense ocorre no período chuvoso, por isso chamada safra de inverno. No Pará a safra ocorre no período menos chuvoso, por isso chamada de safra de verão.

Solange Mota, presidente do Sindicato das Indústrias de Frutas e Derivados do Estado do Pará (Sindfrutas) afirma em entrevista ao Diário do Pará (Diário do Pará, 2010) que a produção de açaí é pequena no primeiro semestre, somando cerca de apenas 20% e cresce bastante nos meses finais do ano, quando são colhidos 80% ou até mais de todo o volume produzido. No entanto, com o cultivo manejado, a produtividade é aumentada e é possível colher açaí durante 11 meses ao ano

A oferta abundante faz os preços caírem durante o verão, a entressafra que acontece no inverno traz como resultado a escassez e, com ela, a disparada dos preços. Para se ter uma idéia, na safra, o preço é de R\$ 12,00/rasa e pode chegar a R\$ 45,00 ou R\$ 60,00/rasa na entressafra (Homma et al. 2006). Porém, quem compra nesses preços são os batedores de rua que atendem a população. Nenhum processador industrial consegue processar acima de R\$ 18 – 20,00 a rasa.

Durante a entressafra do açaizeiro, no Estado do Pará, os processadores paraenses, principalmente de Belém, são supridos pelos frutos produzidos nos Estados do Maranhão e do Amapá. A produção vinda do Maranhão é transportada por via rodoviária e a do Amapá, frequentemente, utiliza barcos dotados de câmaras frias ou em compartimento de carga com gelo (Embrapa Amazônia Oriental, 2005). Por esse motivo, consideraremos no modelo uma variável artificial referente a aquisição de açaí de fora da cadeia, também chamada de variável de *outsourcing* ou de terceirização.

Ainda, uma vez que os custos de produção diferem de um tipo de cultivo para outro (ver Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12), estimaremos também quanto da produção de cada município é referente ao extrativismo e quanto provém de cultivo manejado, objetivando obter o limite de capacidade de cada um dos *spots* de produção e para incluirmos decisões de implantar o manejo no modelo. A produção em terra firme será considerada apenas para questões de expansão.

Tal estimativa será feita com base nas Tabela 2 e Tabela 6.

**Tabela 6: Produção de açaí (extrativismo) de 2003 a 2008. Fonte: IBGE - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**

Município	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Abaetetuba	10.300	10.500	900	3.600	3.500	3.300
Barcarena	4.100	4.000	3.600	446	450	480
Bujaru	396	425	425	-	-	-
Cametá	30.200	-	-	74	76	72
Concórdia do Pará	69	70	70	7.495	7.000	6.500
Igarapé-Mirí	8.900	8.500	8.000	16.644	17.476	18.350
Limoeiro do Ajurú	19.386	10.000	17.520	315	310	317
Mojú	330	331	315	7.250	7.400	8.900
Muaná	5.900	5.900	6.950	225	240	246
Tomé-Açu	198	214	214	225	240	246
Tucuruí	2033	505	588	649	774	807

#### b) Custos de Produção e de novos *spots* de produção

O custo de produção e do estabelecimento de novas áreas de cultivo do açaí serão estimados a partir de dados obtidos no estudo da Embrapa Amazônia Oriental, *Sistema de Produção de Açaí*, 2005. Os investimentos iniciais estão foram calculados sem considerar o custo da terra, uma vez que normalmente o produtor a possui recebida de herança de seus ascendentes. Uma rasa é equivalente a 14 kg de frutos.

Para o aumento da área cultivada em área de várzea, utilizamos os dados da Tabela 7

**Tabela 7: Análise econômica da implantação e manutenção de 1 hectare de açaizeiro, produção de frutos em área de várzea (R\$).**

Períodos	Produção (rasa)	Preço (R\$)	Valor da Produção	Custo Total	Benefício Líquido	Custo/rasa
Ano 1	0	-		1018	-1018	
Ano 2	0	-		372	-372	
Ano 3	0	-		276	-276	
Ano 4	72	12	864	432,5	431,5	6,0069444
Ano 5	108	12	1296	449,5	846,5	4,162037
Ano 6	191	12	2292	711	1581	3,7225131
Ano 7	302	12	3624	1061,5	2562,5	3,5149007
Ano 8	302	12	3624	1061,5	2562,5	3,5149007
Ano 9	302	12	3624	1061,5	2562,5	3,5149007
Ano 10	302	12	3624	1061,5	2562,5	3,5149007
Ano 11	302	12	3624	1061,5	2562,5	3,5149007
Ano 12	302	12	3624	1061,5	2562,5	3,5149007

Para o manejo de açaizais nativos, considerou-se o manejo de 1 hectare de açaizal nativo com 800 plantas adultas, 900 estipes em produção e 2.700 cachos. Os coeficientes técnicos e os custos de produção foram estimados até o 4º ano, quando tendem a se estabilizar (ver Tabela 8). Não há investimento inicial no manejo, pois a produção inicia desde o 1º ano.

**Tabela 8: Análise econômica da implementação e manutenção de 1 hectare de açaizal nativo para produção de frutos em área de várzea (R\$).**

Períodos	Produção (rasa)	Preço (R\$)	Valor da Produção	Custo Total	Benefício Líquido	Custo/rasa
Ano 1	151	12	1812	955,5	856,5	6,3278146
Ano 2	151	12	1812	967,5	844,5	6,4072848
Ano 3	151	12	1812	967,5	844,5	6,4072848
Ano 4	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 5	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 6	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 7	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 8	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 9	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 10	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 11	302	12	3624	1215	2409	4,0231788
Ano 12	302	12	3624	1215	2409	4,0231788

Comparando as duas tabelas, concluímos que , a longo prazo, é mais econômico plantar e manejar um novo *spot* do que implementar o cultivo manejado em um *spot* já existente.

De acordo com o estudo Sistema de Produção de Açaí, 2005, a maior parcela de custos vem da colheita. Sabe-se que o dono da terra, que possui em média um ou dois hectares de terra não demarcada, paga de R\$ 2,00 a R\$3,00 por lata colhida e a vende para o intermediário transportador por R\$ 9,00, que acrescenta até R\$2,00 a esse preço, numa estimativa de seus gastos de transporte.

Assim, admite-se que o custo por rasa para um proprietário da terra que não utiliza técnicas de manejo é apenas o da colheita, ou seja, os R\$ 3,00 por rasa.

Para o estabelecimento de produção de Açaí em terra firme, utilizamos a Tabela 9:

**Tabela 9: Análise econômica da implantação e manutenção de 1 hectare de açaizeiro, produção de frutos, em terra firme (R\$)**

Períodos	Produção (rasa)	Preço (R\$)	Valor da Produção	Custo Total	Benefício Líquido	Custo/rasa
Ano 1				1037	-1037	
Ano 2				520	-520	
Ano 3				598	-598	
Ano 4	72	12	864	826,5	37,5	11,479167
Ano 5	108	12	1296	939,5	356,5	8,6990741
Ano 6	151	12	1812	1073,5	738,5	7,1092715
Ano 7	202	12	2424	1234	1190	6,1089109
Ano 8	202	12	2424	1234	1190	6,1089109
Ano 9	202	12	2424	1234	1190	6,1089109
Ano 10	202	12	2424	1234	1190	6,1089109
Ano 11	202	12	2424	1234	1190	6,1089109
Ano 12	202	12	2424	1234	1190	6,1089109

### c) Demanda dos Beneficiadores

Assume-se que as empresas beneficiadoras tentarão trabalhar em sua capacidade máxima, portanto comprarão frutos tanto quanto for possível processar. Atualmente, pode-se considerar que as empresas trabalham em média com apenas 70% da capacidade instalada, uma vez que precisam fazer frente aos “surtos” de frutos de chegam em determinadas épocas e necessitam ser processados no mesmo dia, sob pena de perda dos frutos.

d) Meios de transporte disponíveis e custo de transporte

Segundo Homma *et al.* (2006), os barcos a motor que efetuam o transporte dos frutos dirigem para cada braço de rio e em dias determinados, criando uma relação de confiança baseada na amizade, transporte de pessoas, de bens e de outras facilidades. O transporte das rasas com os frutos de açaí começa pela manhã a partir das 9h às 10h, tempo suficiente para aqueles que já efetuaram a coleta ou daqueles que já coletaram na tarde do dia anterior. Estes barcos de transporte de frutos podem ser de intermediários, chamados de marreteiros e inclusive pagam mais do que os compradores fixos que entregam para as empresas beneficiadoras locais.

De acordo com pesquisas de campo realizadas no local, o intermediário transportador – o ribeirinho que possuir condições de ter um barco melhor, que resista ao trajeto e tenha capacidade de transportar de 10 a 14 ton de fruto por períodos de 6 a 12h- adiciona ao preço pago pela lata um valor entre R\$ 1,50 e R\$2,00.

Em alguns casos, o transporte é realizado por caminhão, em que é cobrado de R\$ 0,50 a R\$ 0,70 por lata e os caminhões são da empresa beneficiadora. A fábrica não compra do produtor primário, quem colhe, mas sim do pequeno intermediário, que soma de R\$1,00 a \$1.50 ao preço.

e) Possíveis locais para plantio em terra firme

Novos spots de produção em terra firme são considerados nesse trabalho devido ao constante aumento da demanda, ao fato de que facilitam o transporte e favorecem o transporte rodoviário. Além disso, o plantio de açaí é eficiente para a recuperação de pastagens degradadas e o investimento é atrativo: os investimentos iniciais, sem considerar o custo da terra, uma vez que o produtor normalmente a possui recebida de herança de seus ascendentes, somam R\$ 2.155,00, relativos aos gastos de implantação e manutenção nos 3 primeiros anos (Embrapa Amazônia Oriental, 2005)

Já no 4º ano, quando a produção dos frutos é iniciada, a receita gerada supera os custos de manutenção em 4,5%, o mesmo ocorre nos anos subseqüentes, quando essa margem é de 38%, 69% e 96%, respectivamente para o 5º, 6º e 7º anos. Dessa forma, o investimento feito nos 3 primeiros anos será pago, com facilidade, até o 8º ano (Embrapa Amazônia Oriental, 2005).

De acordo com pesquisas de campo realizadas no local, já existem pequenas propriedades de plantio de açaí em terra firme nas cidades de Igarapé-Miri, Tomé-Açu, Santa Isabel e Inhangapi. Ainda, ele considera locais potenciais para esse tipo de plantio

Bujaru, Inhangapi e São Domingos do Capim. Devido a falta de dados precisos sobre quantos hectares são cultivos de terra firme, consideraremos tais cultivos apenas para efeitos de expansão.

f) Manejo de açaizais nativos

O manejo de açaizais nativos é também considerado como opção no modelo, uma vez que apresenta aumento da produtividade : de acordo com a Embrapa Amazônia Oriental, 2005, a atividade apresenta superávit no fluxo de caixa desde o primeiro ano; o cálculo dos indicadores financeiros efetuados indicou valor presente líquido é positivo, indicando a viabilidade econômica da atividade; a relação benefício/custo é maior que 1, demonstrando que os benefícios são 168% superiores aos custos de produção e o lucro líquido é mais de 70% superior aos custos totais de produção.

g) Localização e Capacidade dos Beneficiadores

De forma similar à localização dos produtores, tomou-se como base para a localização dos beneficiadores os municípios; porém as empresas serão considerados individualmente, devido ao caráter singular de cada um. Os dados foram agrupados em uma tabela como a Tabela 10 abaixo:

**Tabela 10: Exemplo de caracterização das empresas beneficiadoras, baseado em pesquisas de campo.**

Nome	Local	Process			Produção (kg/turno)				Safrinha		Entressafra	Coef. Ativid. mes/á		
		Latas/dia	Latas/hr	kg/hr	Quant	Tipo	turnos	Mensal	Anual	Período(s) de Produção				
<b>Empresa 1</b>	Abaetetuba	1.500	70	980	3.360	A.11	1	67.200	604.800	Ago-Nov	Dez-Jan	Fev-Mar	Abr-Jul	9

h) Custos de processamento, rendimento e mix de produtos

Os produtos considerados no modelo são o A14, A11 e A8, com 14%, 11% e 8% de teor de sólidos, respectivamente. O rendimento do processo varia com o tipo de produto, uma vez que diferentes quantidades de frutos são necessárias para produzir as polpas com diferentes teores de sólidos. Os custos de processamento podem ser considerados os mesmos para cada tipo de produto.

i) Demanda

O consumo de açaí será calculado a partir das tabelas 11, 12 e 13.Os valores para os anos de 2008 e 2009 são estimativas

**Tabela 11: Consumo de Açaí nos anos de 2001 a 2009.**

Ano	Toneladas		
	Pará	Brasil	Exportação
2001	117.843,00	8.527,00	395,00
2002	130.559,00	11.231,00	1.136,51
2003	163.615,00	22.597,00	2.730,00
2004	177.102,00	29.636,00	5.041,00
2005	204.730,00	47.098,00	5.657,00
2006	244.931,00	58.379,00	6.681,00
2007	247.173,00	65.162,00	9.235,00
2008	271.000,00	73.000,00	11.735,00
2009	298.000,00	80.200,00	12.507,80

A distribuição da demanda externa foi estimada como na tabela 12:

**Tabela 12: Estimativa da distribuição das exportações de Açaí**

País	Quantidade
EUA	60%
União Européia	30%
Japão	7%
Mundo	3%

A distribuição da demanda interna foi estimada como na tabela 13

**Tabela 13: Estimativa da distribuição do consumo nacional de açaí**

País	Quantidade
Rio de Janeiro	50%
São Paulo	30%
Minas Gerais	10%
Nordeste	10%

j) Custo de transporte e meio de transporte disponível

O transporte da beneficiadora até o porto de Belém ou de Vila do Conde custa em torno de R\$ 1000 a R\$1500, considerando o transporte de um Container *Reefer* (refrigerado) de 20 pés, cuja capacidade é de 10 toneladas de produto. É possível também utilizar o Container de 40 pés, com capacidade de 26 toneladas, dependendo do cliente.

O trajeto varia entre 80 e 240 km.

### k) Localização dos Distribuidores

Como elo final na rede logística, consideramos os distribuidores atacadistas. Com exceção da Bela Ischia que, apesar de ser carioca, mantém estoques em Minas Gerais devido a ganhos de escala com energia elétrica, consideramos a localização desses distribuidores como a capital do Estado. No caso do Nordeste, consideramos o Ceará como principal estado Consumidor, uma vez que é onde se encontra uma das maiores exportadoras, a empresa DaFruta.

### ***3.3 O modelo matemático da cadeia de produção agroindustrial do Açaí***

Para elaboração do modelo matemático, utilizamos uma simplificação da cadeia, representada na Figura 6, bem como os dados de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*).

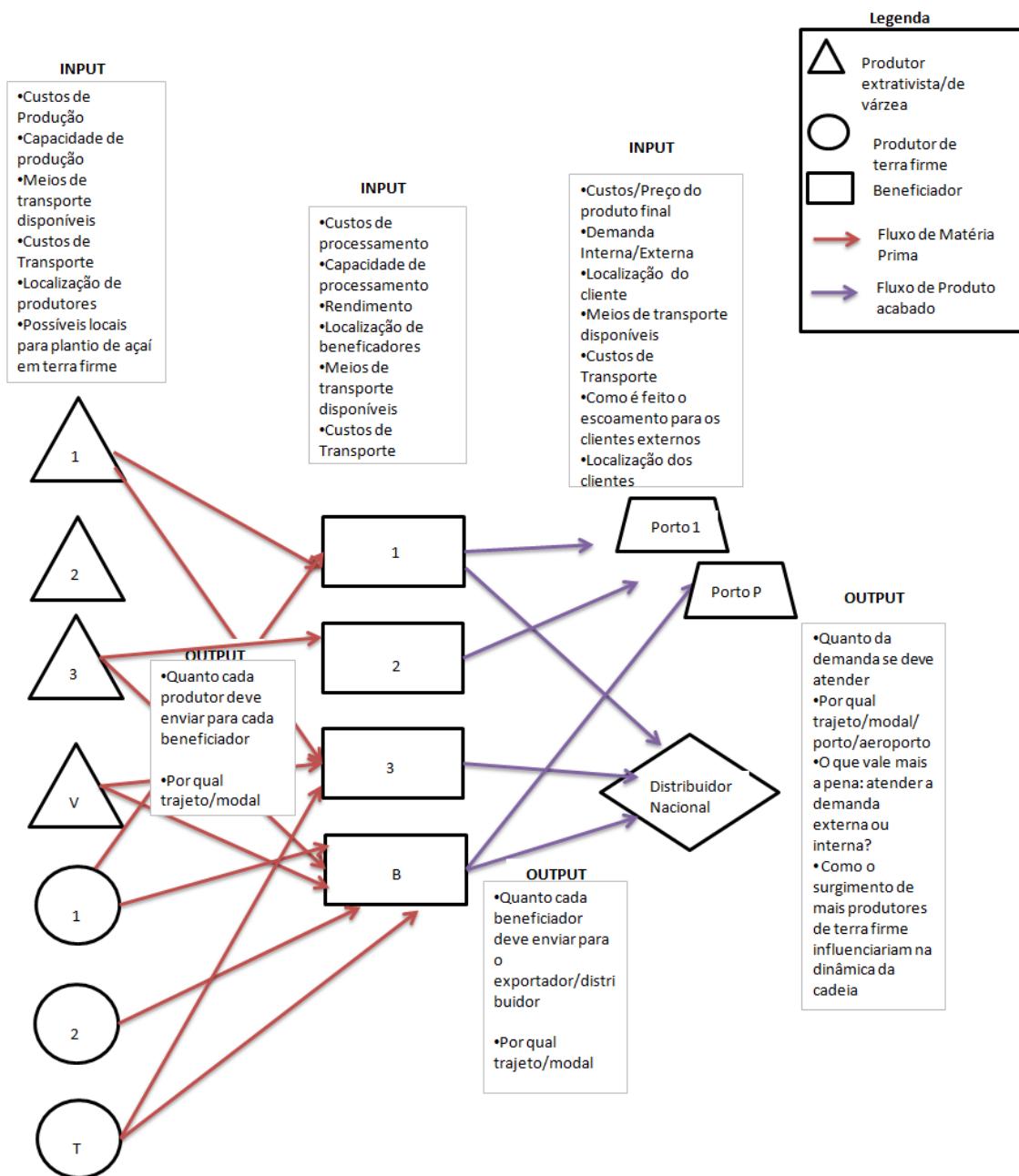


Figura 6: Simplificação da CPA do Açaí.

Dessa forma, o modelo matemático proposto envolve produtores, beneficiadores, exportadores e mercado nacional. Permite a implantação de manejo em cultivos puramente extrativistas e novos *spots* de plantação de açaí em terra firme. Nesse modelo, ainda não será considerado a abertura de novas empresas beneficiadoras, uma vez que as empresas só trabalham com 70% da capacidade instalada. O modelo apresentado aqui foi baseado no modelo proposto por Hinojosa *et al.* (2008)

Abaixo, Figura 7 representa a Função Objetivo e mostra uma esquematização do modelo proposto nas próximas páginas e em seguida a descrição das restrições

**Minimizar z=**

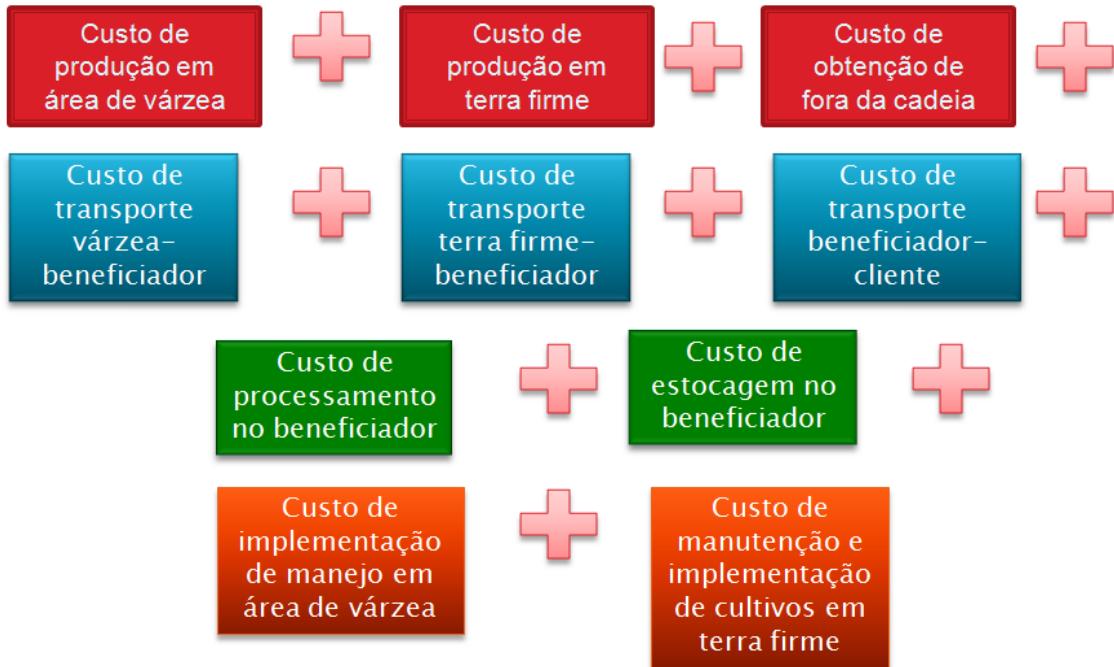


Figura 7: Função Objetivo

Sujeito a

#### **Restrições relativas aos produtores em área de várzea**

1. Não haverá colheita maior do que a capacidade produtiva do spot  $k$ , produção extrativista, no período  $t$ . A capacidade produtiva é dada pela soma da capacidade atual, no caso puramente extrativista, o primeiro fator, e de um fator de aumento de produção, caso o manejo seja implantado nos períodos anteriores ao período  $t$
2. Não haverá implantação do manejo onde o cultivo já é manejado e só haverá implantação de manejo uma vez durante o horizonte de planejamento considerado.

#### **Restrições relativas aos produtores em cultivo em terra firme**

3. A produção de frutos não ultrapassará a capacidade produtiva do spot no período  $t$ . Onde não existe o cultivo, a colheita só pode ser realizada no quarto ano de implantação.
4. Não haverá implantação de cultivos em spots onde o cultivo já existe.
5. A implantação de um novo cultivo não excederá a área designada para ele

### **Restrições relativas aos beneficiadores a aos clientes**

6. Toda a demanda de frutos do beneficiador será atendida e não excedida, mesmo que seja necessário obter frutos de fora da cadeia.
7. Todos os frutos recebidos serão processados no mesmo período, sem exceder a capacidade de processamento.
8. O estoque não excederá a capacidade do beneficiador no período
9. Produção + Estoque do período anterior = Saída de produtos + estoque no período atual.
10. Toda a demanda dos clientes será atendida.

### *O modelo matemático*

$\mathcal{LC}$ : conjunto de localizações de clientes, indexados por  $i \in \mathcal{LC}$ ,

$\mathcal{LB}$ : conjunto de localizações de beneficiadores, indexados por  $j \in \mathcal{LB}$ ,

$\mathcal{LP}$ : conjunto de localizações de cultivos extrativistas em área de várzea, indexados por  $k \in \mathcal{LP}$ ,

$\mathcal{LP}_c$  : subconjunto de  $\mathcal{LP}$  em que existem cultivos com manejo já implantados no início do planejamento,

$\mathcal{LP}_o$  : subconjunto de  $\mathcal{LP}$  em que o cultivo é puramente extrativista,

$\mathcal{LT}$ : conjunto de localizações potenciais para implantação de cultivo em terra firme, indexados por  $l \in \mathcal{LT}$ ,

$\mathcal{LT}_c$  : subconjunto de  $\mathcal{LT}$  em que existem cultivos em terra firme já produzindo,

$\mathcal{LT}_o$  : subconjunto de  $\mathcal{LT}$  dos locais potenciais para produção em terra firme.

$\mathcal{P}$ : conjunto de produtos processados, diferenciados pelo teor de sólidos, indexados por  $p \in \mathcal{P}$ ,

Observação: neste modelo, os *spots* de produção de frutos e beneficiadores têm capacidade limitada.

### Dados referentes ao Produtor em várzea

$PC_k^t$  : capacidade de produção de frutos em várzea do spot  $k \in \mathcal{LP}$  no período  $t$ , dado em quilogramas de fruto por hectare,

$pe_k$  : área total, em hectares, de cada spot  $k \in \mathcal{LP}$ ,

Para  $k \in \mathcal{LP}_o$  e  $t \in \mathcal{T}$

$TCP_k^t$ : custo da implantação do manejo no spot  $k \in \mathcal{LP}_o$ , no início no período  $t$ , incluindo custos de manutenção do período  $t$  até  $T$ , por hectare,

Para  $k \in \mathcal{LP}_c$ :

$TCP_k^T$ : custo de manutenção do spot  $k \in \mathcal{LP}_c$ , manejado durante todo o horizonte de planejamento, por hectare.

O custo total de manutenção dos spots puramente extrativistas não é citado porque consideramos que o único custo que os produtores têm é o de colheita.

$CR_k^t$ : custo de produção de um kg de açaí em área de várzea, no spot  $k \in \mathcal{LP}$  no período  $t$ ,

#### Dados referentes aos cultivos em terra firme

$TC_l^t$ : capacidade de produção de frutos em terra firme do spot  $l \in \mathcal{LT}$  no período  $t$ , dado em quilogramas de fruto por hectare,

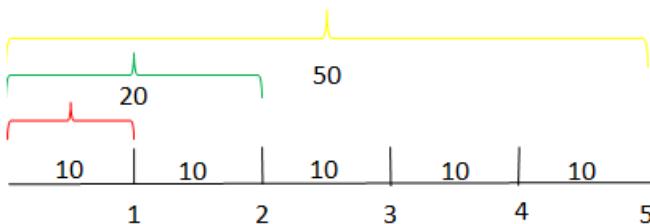
Para  $l \in \mathcal{LC}$

$NHT_l$  : área total, em hectares, do spot  $l \in \mathcal{LT}$  já produzindo no início do horizonte de planejamento,

Para  $l \in \mathcal{IO}$

$NHT_l$  : número total de hectares em que se pode implementar o cultivo em terra firme, no spot  $l$ ,

$qe$ : número de partições de  $NHT_l$ ,  $qe = 1, 2, \dots, N$ . Por exemplo, se  $NHT_l = 50$  hectares e  $qe = 5$ . Tem-se que:



Se  $qe=1$ , serão implantados 10 hectares de cultivo em terra firme; se  $qe=2$ , 20 hectares e assim sucessivamente, até o número máximo de partições. Isso foi feito para evitar que o modelo se tornasse não-linear.

Para  $l \in \mathcal{L}\mathcal{I}_o$

$TCT_l^t$ : custo do spot  $l \in \mathcal{L}\mathcal{I}_o$  se estabelecendo no início no período  $t$ , incluindo custos de manutenção do período  $t$  até  $T$ , por hectare,

Para  $l \in \mathcal{L}\mathcal{I}_c$  :

$TCT_l^T$ : custo do spot  $l \in \mathcal{L}\mathcal{I}_c$  produzindo durante todo o horizonte de planejamento, por hectare,

$CTF_l^t$ : custo de produção de um kg de açaí em área de terra firme, no spot  $l \in \mathcal{L}\mathcal{I}$  no período  $t$ ,

#### Dados referentes aos beneficiadores

$BPC_j^t$ : capacidade de processamento do beneficiador  $j \in \mathcal{L}\mathcal{B}$  no período  $t$ , dado em quilogramas de fruto.

$BPS_j^t$ : capacidade de estocagem do beneficiador  $j \in \mathcal{L}\mathcal{B}$  no período  $t$ , dado em quilogramas de fruto,

$CP_{jp}^t$ : custo de manufatura do produto  $p$  no beneficiador  $j \in \mathcal{L}\mathcal{B}$  no período  $t$ ,

$IC_{jp}^t$ : custo unitário de estoque do produto  $p$  no beneficiador  $j \in \mathcal{L}\mathcal{B}$  do período  $t$  para o período  $t+1$ ,

$R_p$  : rendimento do processamento para produto  $p$ , em porcentagem.

#### Dados referentes aos clientes

$D_{ip}^t$  : demanda de produto  $p$  do cliente  $i \in \mathcal{L}\mathcal{C}$  no período  $t$ .

#### Transporte

$PB_{kj}$ : distância entre o spot  $k \in \mathcal{L}\mathcal{P}$  e o beneficiador  $j \in \mathcal{L}\mathcal{B}$  em km,

$TB_{lj}$ : Distância entre o cultivo em terra firme  $l \in \mathcal{L}\mathcal{T}$  e o beneficiador  $j \in \mathcal{L}\mathcal{B}$  em km,

$BC_{ji}$  : distância entre o beneficiador  $j \in \mathcal{L}\mathcal{B}$  e o cliente  $i \in \mathcal{L}\mathcal{C}$  em km,

$a1$  : custo de transporte de 1kg de fruto de açaí por km, em área de várzea,

$a2$  : custo de transporte de 1kg de fruto de açaí por km, em terra firme,

$b$  : custo de transporte de 1kg de polpa processada de açaí por km.

#### Produtos vindos de fora da cadeia

$OSC_j^t$ : custo de aquisição e de transporte do fruto açaí terceirizado para o beneficiador  $j$ .

### Variáveis reais (decisões táticas)

#### Fluxo de produtos

$x_{jk}^t$ : quantidade de açaí enviada para o beneficiador  $j$  proveniente da plantação  $k$  no período  $t$  em kg,

$f_{jl}^t$ : quantidade de açaí enviada para o beneficiador  $j$  proveniente da plantação  $l$  no período  $t$  em kg,

$y_{jip}^t$ : produtos  $p$  entregue para o cliente  $i$  vindo do beneficiador  $j$  no período  $t$ , em kg,

$o_j^t$ : açaí vindo de fora da cadeia entregue para o beneficiador  $j$  período  $t$ , em kg,

$rasa_k^t$ : açaí colhido várzea no spot  $k$  no período  $t$

$tfirm_l^t$ : açaí colhido em terra firme no spot  $l$  no período  $t$ .

$Prod_{pj}^t$ : produção do produto  $p$  no beneficiador  $j$  no período  $t$

$I_{jp}^t$ : estoque de produto  $p$  existente no beneficiador  $j$  no período  $t$ .

### Variáveis de decisões estratégicas

Para  $k \in \mathcal{LP}$

$$z_k^t = \begin{cases} 1 & \text{se o cultivo manejado foi implantado no spot } k \text{ no início do período } t \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Para  $l \in \mathcal{LF}$

$$\varepsilon_l^t = \begin{cases} 1 & \text{se houver implantação de cultivo em terra firme no spot } l \\ & \text{no final do período } t \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

### Variáveis auxiliares

$$\omega_{l,qe,t} = \begin{cases} 1 & \text{se houver plantio de terra firme em } qe \text{ hectares no spot } l \text{ no período } t \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$NH_l^t$  Número de hectares em que será implantado o cultivo de terra firme no spot  $l$  no período  $t$ .

A seguinte função objetivo consiste na minimização do custo total composto pela soma dos custos de obtenção do fruto em suas diferentes fontes: em área de várzea, em cultivos

de terra firme e de fora da cadeia; dos custos de transporte até o beneficiador e do beneficiador para o cliente; do custo de processamento das polpas e de sua estocagem; do custo de manejar os cultivos em áreas de várzea e do custo de implementação e manutenção dos cultivo em terra firme.

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{t \in T} \sum_{k \in LP} CR_k^t \cdot rasa_k^t + \sum_{t \in T} \sum_{l \in LT} CTF_l^t \cdot tfirm_l^t + \sum_{t \in T} \sum_{j \in LB} OSC_i^t \cdot o_j^t + \\ & \sum_{t \in T} \sum_{j \in LB} \sum_{p \in P} CP_{jp}^t \cdot Prod_{pj}^t + \sum_{t \in T} \sum_{j \in LB} \sum_{p \in P} IC_{jp}^t \cdot I_{jp}^t + \sum_{k \in LP} TCP_k^t \cdot z_k^t \cdot pe_k^t \\ & + \sum_{l \in LT} TCT_l^t \cdot NH_l^t + \sum_{t \in T} \sum_{k \in LP} \sum_{j \in LB} a1 \cdot PB_{kj} \cdot x_{jk}^t + \sum_{t \in T} \sum_{l \in LT} \sum_{j \in LB} a2 \cdot TB_{lj} \cdot f_{jl}^t + \\ & \sum_{t \in T} \sum_{j \in LW} \sum_{i \in LC} \sum_{p \in P} b \cdot BC_{ji} \cdot y_{jip}^t \end{aligned} \quad (14)$$

As restrições do modelo serão explicadas durante a apresentação das mesmas.

As restrições (15) garantem que não haverá colheita maior do que a capacidade produtiva do spot  $k$ , produção extrativista, no período  $t$ . A capacidade produtiva é dada pela soma da capacidade atual, no caso puramente extrativista, o primeiro fator, e de um fator de aumento de produção, caso o manejo seja implantado nos períodos anteriores ao período  $t$ , assim, o aumento da capacidade produtiva pode ser contabilizado no período  $t$ , ou seja, o aumento de produtividade aumenta no ano seguinte do manejo. Na restrição considerada,  $m$  representa o fator de rendimento.

$$rasa_k^t \leq PC_k^t \cdot pe_k + m \cdot PC_k^t \cdot pe_k \sum_{r=1}^{t-1} z_k^r \quad \forall k \in LP, \forall t \in T, \quad (15)$$

As restrições (16) e (17) são relativas à implantação de manejo. As restrições (16) garantem que não haverá implantação do manejo onde o cultivo já é manejado e (17) garante que só haverá implantação de manejo uma vez durante o horizonte de planejamento considerado.

$$\sum_{t \in T} z_k^t = 0 \quad \forall k \in LPe, \forall t \in T, \quad (16)$$

$$\sum_{t \in T} z_k^t \leq 1 \quad \forall k \in LPa, \forall t \in T, \quad (17)$$

As restrições (18) e (19) são restrições relativas a produção em terra firme e garantem que a produção de frutos não ultrapassará a capacidade produtiva do spot  $l$  no período  $t$ . (18) se refere aos spots  $l$  onde já existe o cultivo e (19) aos spots  $l$  que representam

localizações potenciais para implantação. A colheita só pode ser realizada no quarto ano de implantação, daí o índice  $t-4$ .

$$tfirm_l^t \leq TC_l^t \cdot NHT_l \quad \forall l \in \mathcal{L}\mathcal{T}_c, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (18)$$

$$tfirm_l^t \leq TC_l^t \cdot \sum_{r=1}^{t-4} NH_l^r \quad \forall l \in \mathcal{L}\mathcal{T}_a, \quad (19)$$

As restrições seguintes são relativas à abertura em terra firme. As restrições (20) garantem que não haverá implantação de cultivos em *spots* onde o cultivo já existe, ou seja, já foram implantados cultivos em terra firme em toda a área disponível.

As restrições (21) estabelecem a relação entre a variável estratégica  $\varepsilon_l^t$  e a variável auxiliar  $\omega_{l,qe,t}$ , ou seja, verifica se no período  $t$  houve a implantação da cultura em alguma participação da área possível de implantação. Caso ocorra implantação, as restrições (22) relacionam a participação  $qe$  e a variável auxiliar, para obtenção do número total de hectares implantadas. As restrições (23) garantem que o número de hectares em que o cultivo em terra firme será implementado não ultrapassará a área total do *spot*  $l$ .

$$\sum_{t \in T} \varepsilon_l^t = 0 \quad \forall l \in \mathcal{L}\mathcal{T}_c, \quad (20)$$

$$\varepsilon_l^t = \sum_{qe}^N \omega_{l,qe,t} \quad \forall l \in \mathcal{L}\mathcal{T}_a, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (21)$$

$$NH_l^t = \sum_{qe}^N qe \cdot \omega_{l,qe,t} \quad \forall l \in \mathcal{L}\mathcal{T}_a, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (22)$$

$$\sum_{t=1}^T NH_l^t \leq NHT_l \quad \forall l \in \mathcal{L}\mathcal{T}_a, \quad (23)$$

As restrições (24) garantem o atendimento da demanda, pela soma da produção em área de várzea  $k$ , da produção em terra firme  $l$ , e dos frutos de açaí vindos de fora da cadeia para o beneficiador  $j$  sem exceder sua capacidade de processamento.

$$\sum_{k \in LP} x_{jk}^t + \sum_{l \in LT} f_{jl}^t + o_j^t \leq BPC_j^t \quad \forall j \in \mathcal{L}\mathcal{B}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (24)$$

As restrições (25) estabelecem a relação entre os frutos recebidos e a quantidade de polpa  $p$  produzida.

$$(\sum_{k \in LP} x_{jk}^t + \sum_{l \in LT} f_{jl}^t + o_j^t)R_p = Prod_{pj}^t \quad \forall j \in \mathcal{L}\mathcal{B}, \forall t \in \mathcal{T} \quad (25)$$

As restrições (26) garantem que a estocagem no final do período  $t$  não excederá a capacidade de armazenagem do beneficiador no período.

$$\sum_{p \in P} I_{jp}^t \leq BPS_j^t \quad \forall j \in \mathcal{LB}, \forall t \in \mathcal{T} \quad (26)$$

As restrições (27) são de conservação do fluxo nos beneficiadores, garantem que o que será produzido de produto  $p$  no beneficiador  $j$  no período  $t$ , mais o estoque anterior em  $t-1$  é igual à parcela de produto entregue ao cliente mais o estoque de  $p$  no final no período  $t$ .

$$\sum_{p \in P} Prod_{pj}^t + I_{jp}^{t-1} = \sum_{i \in LC} y_{jip}^t + I_{jp}^t \quad \forall j \in \mathcal{LB}, \forall p \in \mathcal{P} \quad (27)$$

As restrições (28) garantem o atendimento da demanda do cliente  $i$  no período  $t$ .

$$\sum_{j \in LB} y_{jip}^t = D_{ip}^t \quad \forall i \in \mathcal{LC}, \forall p \in \mathcal{P}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (28)$$

As seguintes restrições são restrições de domínio.

$$z_k^t, \varepsilon_j^t, \omega_{l,qe,t} \in \{0,1\} \quad \forall j \in \mathcal{LW}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (29)$$

$$x_{jk}^t, f_{jl}^t, y_{jip}^t, o_j^t, rasa_k^t, tfirm_l^t, Prod_{pj}^t, I_{jp}^t \geq 0 \quad \forall k \in \mathcal{LP}, \forall l \in \mathcal{LT}, \forall j \in \mathcal{LB}, \forall i \in \mathcal{LC}, \\ \forall t \in \mathcal{T}. \quad (30)$$

Dessa forma, o modelo resultante é:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{t \in T} \sum_{k \in LP} CR_k^t \cdot rasa_k^t + \sum_{t \in T} \sum_{l \in LT} CTF_l^t \cdot tfirm_l^t + \sum_{t \in T} \sum_{j \in LB} OSC_i^t \cdot o_j^t + \\ & \sum_{t \in T} \sum_{j \in LB} \sum_{p \in P} CP_{jp}^t \cdot Prod_{pj}^t + \sum_{t \in T} \sum_{j \in LB} \sum_{p \in P} IC_{jp}^t \cdot I_{jp}^t + \sum_{k \in LP} TCP_k^t \cdot z_k^t \cdot pe_k^t \\ & + \sum_{l \in LT} TCT_l^t \cdot NH_l^t + \sum_{t \in T} \sum_{k \in LP} \alpha_1 \cdot PB_{kj} \cdot x_{jk}^t + \sum_{t \in T} \sum_{l \in LT} \sum_{j \in LB} \alpha_2 \cdot TB_{lj} \cdot f_{jl}^t + \\ & \sum_{t \in T} \sum_{j \in LW} \sum_{i \in LC} \sum_{p \in P} b \cdot BC_{ji} \cdot y_{jip}^t \end{aligned} \quad (14)$$

Sujeito a:

$$rasa_k^t \leq PC_k^t \cdot pe_k + m \cdot PC_k^t \cdot pe_k \sum_{r=1}^{t-1} z_k^r \quad \forall k \in \mathcal{LP}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (15)$$

$$\sum_{t \in T} z_k^t = 0 \quad \forall k \in \mathcal{LP}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (16)$$

$$\sum_{t \in T} z_k^t \leq 1 \quad \forall k \in \mathcal{LP}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (17)$$

$$tfirm_l^t \leq TC_l^t \cdot NHT_l \quad \forall l \in \mathcal{LT}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (18)$$

$$tfirm_l^t \leq TC_l^t \cdot \sum_{r=1}^{t-4} NH_l^r \quad \forall l \in \mathcal{LT}, \quad (19)$$

$$\sum_{t \in T} \varepsilon_l^t = 0 \quad \forall l \in \mathcal{LT}, \quad (20)$$

$$\varepsilon_l^t = \sum_{qe}^N \omega_{l,qe,t} \quad \forall l \in \mathcal{LT}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (21)$$

$$NH_l^t = \sum_{qe}^N qe \cdot \omega_{l,qe,t} \quad \forall l \in \mathcal{LT}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (22)$$

$$\sum_{t=1}^T NH_l^t \leq NHT_l \quad \forall l \in \mathcal{LT}, \quad (23)$$

$$\sum_{k \in LP} x_{jk}^t + \sum_{l \in LT} f_{jl}^t + o_j^t \leq BPC_j^t \quad \forall j \in \mathcal{LB}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (24)$$

$$(\sum_{k \in LP} x_{jk}^t + \sum_{l \in LT} f_{jl}^t + o_j^t)R_p = Prod_{pj}^t \quad \forall j \in \mathcal{LB}, \forall t \in \mathcal{T} \quad (25)$$

$$\sum_{p \in P} I_{jp}^t \leq BPS_j^t \quad \forall j \in \mathcal{LB}, \forall t \in \mathcal{T} \quad (26)$$

$$\sum_{p \in P} Prod_{pj}^t + I_{jp}^{t-1} = \sum_{i \in LC} y_{jip}^t + I_{jp}^t \quad \forall j \in \mathcal{LB}, \forall p \in \mathcal{P} \quad (27)$$

$$\sum_{j \in LB} y_{jip}^t = D_{ip}^t \quad \forall i \in \mathcal{LC}, \forall p \in \mathcal{P}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (28)$$

$$z_k^t, \varepsilon_j^t, \omega_{l,qe,t} \in \{0,1\} \quad \forall j \in \mathcal{LW}, \forall t \in \mathcal{T}, \quad (29)$$

$$x_{jk}^t, f_{jl}^t, y_{jip}^t, o_j^t, rasa_k^t, tfirm_l^t, Prod_{pj}^t, I_{jp}^t \geq 0 \quad \forall k \in \mathcal{LP}, \forall l \in \mathcal{LT}, \forall j \in \mathcal{LB}, \forall i \in \mathcal{LC}, \\ \forall t \in \mathcal{T}. \quad (30)$$

#### 4. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Os modelos clássicos de planejamento hierárquico existentes na literatura de gestão da produção e pesquisa operacional (Hax e Candea, 1984 apud Paiva, 2009 ) são usualmente separados em três níveis de decisão, nível estratégico, nível tático e nível operacional.

No nível estratégico (planejamento), as decisões tomadas consideram as variáveis de longo prazo, adotando uma grande agregação dos produtos e flexibilizando as capacidades produtivas. No nível tático (dimensionamento), são definidos os lotes de produção considerando variáveis de médio prazo, em um modelo capacitado que considera uma agregação dos produtos em famílias e desconsidera os tempos e custos de *setup* de produção. No nível operacional (seqüenciamento) é definido o seqüenciamento da produção, em um modelo de curto prazo, capacitado, com considerações de *setups* e sem agregação de produtos (Paiva, 2009).

Uma vez que a decisão de localização de facilidades é estratégica e tomada no longo prazo, o horizonte de planejamento dado por  $t$  foi tomado em anos. Entretanto, ao agregar a capacidade do beneficiador e do produtor, existe a possibilidade de alguns detalhes do planejamento da cadeia ser omitidos, tais como: caráter sazonal da produção de fruto de açaí, concentrada nos meses finais do ano, forçando a obtenção do fruto de fora da cadeia em determinados meses; possível caráter sazonal da demanda de polpa de açaí, não investigada nesse trabalho; o fato de alguns beneficiadores não funcionarem durante todos os meses do ano; o balanceamento da capacidade, de forma que estoques sejam formados para atender o cliente durante o período em que a safra é baixa.

Para enxergar melhor esses detalhes, uma estratégia possível é executar o modelo em partes, de forma que inicialmente sejam obtidas as soluções estratégicas, com  $t$  dado em anos. Posteriormente, já de posse das soluções estratégicas, executar novamente o modelo matemático, considerando somente as decisões táticas com  $t$  dado em meses e ver como se comporta o fluxo da rede logística. Desta forma, o modelo proposto pode ser utilizado de maneira hierárquica.

É necessário considerar que, embora apresentemos a possibilidade de implantação de cultivo manejado em área de várzea e, apesar da existência de amplo mercado para frutos do açaizeiro, o manejo nas áreas de várzea esconde riscos ambientais que podem ganhar magnitude e que precisam ser considerados. Segundo Homma *et al.* (2006), a transformação do frágil ecossistema de várzeas em bosque homogêneo de açaizeiros, com construção de canais, grande movimentação de barcos a motor, sem dúvida terá efeitos na flora e na fauna. A contínua extração de frutos precisa ser avaliada com relação à reposição de nutrientes proporcionada pelas marés diárias, em horizonte de médio e longo prazo.

Outra dificuldade apresentada é a aquisição de grandes propriedades nas áreas de várzeas, constituídas por moradores tradicionais, cuja venda ocorre mais em decorrência de herança ou problemas familiares, além do complexo sistema de posse. Isso tende a dificultar a entrada de agricultores sulistas, ou mais capitalizados e/ou aqueles acostumados a viver na beira de estrada. Dificilmente grupos capitalistas vão se envolver no processo produtivo nas áreas de várzeas, podendo, no entanto, se envolverem no sistema de beneficiamento (Homma *et al.* 2006)

Homma *et al.* (2006) afirmam que, para reduzir a pressão sobre as várzeas seria importante contrabalançar com os plantios de açaizeiros em áreas de terra firme, em sistema agroflorestais, ocupando as áreas desmatadas e as que não deveriam ter sido desmatadas. Esse aspecto poderá ser levado em consideração quando das elaborações de cenários futuros para o modelo, atribuindo uma penalidade à implantação de cultivo manejado.

Ainda, embora a obtenção de soluções do modelo não tenha sido feita neste trabalho, espera-se que, a partir da análise das soluções obtidas nesse modelo, seja possível inferir o fluxo ótimo de produtos pela cadeia e o custo de produção e transporte da cadeia, bem como o lucro obtido, através da diferença entre o custo total, calculado pelo modelo e o preço de venda do produto final. Ainda, como a abertura de novos *spots* de produção e de novas empresas beneficiadoras alteraria a dinâmica da cadeia.

Resumidamente, as principais contribuições desse trabalho são a organização das informações sobre a cadeia produtiva agroindustrial do açaí no estado do Pará e a formulação de um modelo que a represente. Futuramente, pretendemos elaborar um método de resolução do modelo proposto, para posterior validação e análise das soluções.

## **5. Bibliografia**

AGÊNCIA SEBRAE. *Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo*, 2009.

Disponível em

<http://www.canalrural.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=1&local=1&action=noticias&id=2535814&section=noticias>

Acesso em 03/2010

ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. *Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos*. Rev Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas, 24(1): 114-119, 2004

ALMEIDA, M. S. *Localização de terminais intermodais na rede de escoamento da soja em grão brasileira destinada à exportação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção, UFSCAR, 2010.

ANDRADE, L.C.; PORTELA, R. S.; FERRÃO, E. S.; SOUZA A.L.; REIS, A. A. *Adoção de Novos Paradigmas na Organização e Gestão de Empreendimentos Solidários: um estudo sobre o processo produtivo do açaí através das associações e cooperativas no Território Rural do Baixo Tocantins – Pará – Brasil*. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER. Acre, 2008.

ANDRIGUETO, J.R.; NASSER, L.C.B.; TEIXEIRA, J.M.A.; SIMON, G.; VERAS, M.C.V.; MEDEIROS, S.A.F.; SOUTO, R.F.; MARTINS, M.V. de M.; KOSOSKI, A. R. *Produção Integrada de Frutas e Sistema Agropecuário de Produção Integrada no Brasil*.

Disponível em  
<http://www22.sede.embrapa.br/snt/piue/Produ% E7% E3o% 20Integrada% 20na% 20Uni% E3o% 20Europ% E9ia/S% 29% 20Produ% E7% E3o% 20Integrada% 20na% 20America% 20Latina/S4% 29% 20Brasil/LIVRO% 20PIF-SAPI% 2017% 20jun% 2008% 20-% 20Revisado.pdf> Acesso em 06/ 2010.

BALLOU, R.H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. Bookman, 4<sup>a</sup> edição, 2001.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. *Operations management research methodologies using quantitative modeling*. *International Journal of Operations & Production Management*.v.22. n.2, p 241-264. 2002.

BOWERSOX, D. J.; Closs, D. J.; Cooper, M. B. *Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos*, Bookman 4<sup>a</sup> edição, 2002

COSTA, E. J. S. C. *Avaliação do Desempenho Logístico de Cadeias Produtivas Agroindustriais: um Modelo com Base no Tempo de Ciclo.* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, 2002.

.

CSM em <http://cscmp.org/Default.asp>. Acesso em jun 2010.

Diário do Pará. *Ceará fatura alto com exportação do açaí paraense*, 2010. Disponível em: <http://www.diariodopara.com.br/N-108657-CEARA+FATURA+ALTO+COM+EXPORTACAO+DO+ACAI+PARAENSE.html>

EMBRAPA. *Manejo de Açaizais Nativos para Produção de Frutos*.

Disponível em <http://www.cpatu.embrapa.br/servicos/consultorias/manejo-de-acazais-nativos-para-producao-de-frutos>. Acesso em Set. 2010

EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL. *Sistemas de Produção 04*, versão eletrônica, 2005.

Disponível em: //

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai/index.htm>

Acesso em Set 2010

HINOJOSA, Y.; KALCSIS, J.; NICKEL, S.; PUERTO, J.; VELTEN, S. *Dynamic supply chain design with inventory*. Computers & Operations Research 35, 2008.

HOMMA, A. K. O. *O desenvolvimento da agroindústria no Estado do Pará* , 2002.

Disponível em: <  
<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/sti/indbrasopodesafios/saber/alfredohomma.pdf>>

Acesso em: Jun 2010

HOMMA, A. K. O. *Mercado e comercialização*, 2006. Disponível em <  
[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai\\_2ed/paginas/mercado.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/mercado.htm)> Acesso em jun 2010

HOMMA, A. K. O; NOGUEIRA, O. L; MENEZES, A. J. E. A; CARVALHO, J. E. U; NICOLI, C. M. L; MATOS, G. B. *Açaí: novos desafios e tendências*. AMAZÔNIA: Ciência & Desenvolvimento v. 1, n. 2, 2006

LIMAL, M. A. V. MAIA, L. F. T. ALVES, S. GOMES DA SILVA, J. L. *O potencial econômico do açaí na mesorregião do Marajó*. X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino de Pós Graduação, Universidade do Vale do Paraíba, 2008.

MARTEL, A; VIEIRA, D. R. *Análise e Projetos de redes Logística* . 2008

MARTINEZ, L. *Planejamento de Longo Prazo de uma Rede de Distribuição Multi-Produto Capacitada*. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa. Anais XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2008.

MELKOTE, S.; DASKIN, M. S. *Capacitated facility location/network design problems*. European Journal of Operational Research 129, 2001.

MELO M.T.; NICKEL S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. *Facility Location Models : a Review*. European Journal of Operational Research 196, 2009.

MENDES, E. *Demanda pode tornar açaí raro e caro no Pará*, 2003.

Disponível em

<<http://negocios.amazonia.org.br/?fuseaction=noticiaImprimir&id=58851>>

Acesso em jun 2010

PADILHA, J. S; ELARRAT, S. A; RENDEIRO, G. *Avaliação do potencial dos caroços de açaí para geração de energia*. Biomassa & Energia 3, 2005.

PAIVA, R. P. O. *Modelagem do planejamento agregado da produção em usinas cooperadas do setor sucroenergético utilizando programação matemática e otimização robusta*. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção, UFSCAR, 2009.

PESSOA, J. D. C. Pesquisa de campo, 2007. Pesquisador vinculado à EMBRAPA São Carlos.

ROSA, L. A. B. *Comercialização na Agroindústria de pequeno porte: a experiência de agricultores agroindustriais familiares do município de Londrina – PR*. Dissertação (Mestrado em Gestão de Negócios), Universidade Estadual de Londrina, Universidade Estadual de Maringá, 2003.

SAGRI. Secretaria do Estado da Agricultura. *Seminário Setorizado do Açaí discute problemas na produção*. Disponível em:  
<http://www.sagri.pa.gov.br/?q=node/184>

Acesso em jun 2010.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F.A. T. *Organização e competitividade das empresas de polpas de frutas no Estado do Pará : 1995 a 2004*. Unama, 2006.

SILVA, I. M.; SANTANA, A. C.; REIS, M. S. *Análise dos retornos sociais oriundos de adoção tecnológica na cultura de açaí no estado do Pará*. Amazônia: Ci. & Desenv, v. 2, n. 3, 2006.

SILVA, M. C. N. *Competitividades das Agroindústrias de polpa de frutas das mesorregiões Metropolitana de Belém e Nordeste Paraense (1996 a 2003)*. Dissertação (Mestrado em Economia) , Universidade da Amazônia, 2006.

SILVA, M. N. A. *O mix de produtos como estratégia competitiva das agroindústrias de polpa de frutas do estado do Pará*. Dissertação (Mestrado em Economia Rural), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, 2004.

SOARES, L. C. C.; COSTA, F. A. *Os limites do agroextrativismo no Baixo Tocantins*, 2005.