



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**EDIVANIA DANIEL DE LIMA**

**PROCESSAMENTO INTEGRAL DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO  
CAJUEIRO E SEUS RESÍDUOS ATRAVÉS DE UMA CADEIA DE  
BIORREFINARIA SUPORTADA ENERGETICAMENTE POR PAINEL  
FOTOVOLTAICO**

**FORTALEZA**

**2017**

EDIVANIA DANIEL DE LIMA

PROCESSAMENTO INTEGRAL DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO  
CAJUEIRO E SEUS RESÍDUOS ATRAVÉS DE UMA CADEIA DE BIORREFINARIA  
SUPPORTADA ENERGETICAMENTE POR PAINEL FOTOVOLTAICO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Biotecnologia do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Biotecnologia. Área de Concentração: Biotecnologia

Orientador(a): Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L697p Lima, Edivania Daniel de.  
Processamento integral dos principais componentes do cajueiro e seus resíduos através de uma cadeia de biorrefinaria suportada energeticamente por painel fotovoltaico / Edivania Daniel de Lima. – 2017.  
125 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca.
1. Caju. 2. Cadeia. 3. Biorrefinaria. 4. Minifábricas. 5. Resíduos. I. Título.

CDD 333.7

---

EDIVANIA DANIEL DE LIMA

PROCESSAMENTO INTEGRAL DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO  
CAJUEIRO E SEUS RESÍDUOS ATRAVÉS DE UMA CADEIA DE BIORREFINARIA  
SUPPORTADA ENERGETICAMENTE POR PAINEL FOTOVOLTAICO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Biotecnologia do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Biotecnologia. Área de Concentração: Biotecnologia

Aprovada em: 27/10/2017

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Sueli Rodrigues  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Bruno Anderson Matias da Rocha  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. André Luis Coelho da Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ícaro Gusmão Pinto Vieira  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dedico essa tese a minha mãe, portadora de Alzheimer, que está esquecendo alguns fatos da vida, mas nunca se esqueceu de me amar; ao meu pai José Daniel que sempre me apoiou e incentivou na vida e a Deus que é a luz da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Escrever os agradecimentos me trouxe o prazer das boas lembranças de pessoas importantes e momentos especiais vivenciados ao longo desta jornada de 4 anos. Venho aqui agradecer a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão desse trabalho.

A Deus, que me concedeu a dádiva da vida e ter me dado a força necessária para nunca desistir e continuar trilhando minhas conquistas e por sempre, em momentos de aflições, escutar as minhas orações.

Aos meus pais, Terezinha Portácio de Lima e José Daniel de Lima, por terem me apoiado em todos estes anos. Não mediram esforços para me ensinar a importância de seguir trilhando as minhas conquistas com coerência e ética e a nunca desistir dos meus sonhos, seja qual for as dificuldades que a vida impõe.

Ao meu orientador, José Osvaldo Beserra Carioca, pela forte parceria e amizade desenvolvida ao longo destes 10 anos de vida acadêmica. Sempre me deu o devido apoio e confiança no meu potencial. Sabe como ninguém enaltecer os meus pontos positivos e moldar os negativos. Sempre que eu achava que não havia mais solução ele me resgatava com seu otimismo e perseverança. Minha mais profunda admiração e respeito pela perspicácia como pesquisador e humildade como ser humano.

A minha amiga Tereza Roberta ribeiro por seu companheirismo, amizade e fé em minhas ações, sempre acreditando que eu podia ir muito mais longe do que eu pensava.

A minha amiga Herivanda, minha estimável Hery!! Que sempre se propôs a me ajudar e acreditou o tempo todo em mim, incentivando-me a nunca desistir deste trabalho, mesmo diante das dificuldades e momentos de desânimo. Uma pessoa que é a extrema personificação de lealdade.

Aos meus irmãos amados Edilma, Evandro e Eliezer, que são muito mais do que irmãos de sangue, mas antes de tudo, são amigos de corpo e espírito. Sou grata a Deus por serem meus amigos desde a minha infância até a vida adulta,

ensinando-me o real valor da palavra companheirismo.

Aos meus amigos trollas: Eduardo (Duaaardo), Rafael (rafa get out), Marcia e Naiane (megannn) que sempre estiveram comigo na fase embrionária do doutorado até hoje, compartilhando a convivência do laboratório com experiências, amizade e bom humor. Amizade que perdura até os dias de hoje e que me traz tanta paz de espírito com seu divertimento e leveza que só as verdadeiras amizades proporcionam.

Ao amigo Eduardo Galdino, o Duaaardo, que mesmo com suas arengas, sempre esteve disposto a me ajudar com assuntos acadêmicos que eu tinha dúvida e ser um amigo ouvinte de conselhos valiosos.

A amiga Elke Montenegro, a famosa secretária do prof. Carioca, amizade que iniciou no laboratório e se estendeu para fora dele; sempre intermediou reuniões de caráter de urgência com meu orientador, além de realizar minhas matrículas e suportar muitas coisas. Grata por sua parceria durante toda essa trajetória.

Ao amigo Francisco Fábio de Assis Paiva, estimável pesquisador do ramo da agroindústria do caju que me acompanhou deste o mestrado e colaborou de forma significativa pela construção deste projeto. Grata pela colaboração e amizade.

As amigas do trabalho Érica, Valéria e Emanuelle por sempre estarem na torcida para que eu concretizasse meu doutorado.

A amiga Fátima Rodrigues, que foi primordial para a concretização deste trabalho, ensinando-me com sua experiência de vida a força e a capacidade que todos temos dentro de nós e que nem sempre temos conhecimento. Sua sabedoria e leveza me encantaram, com certeza uma amiga que levarei pra toda vida.

À Universidade Federal do Ceará, responsável por toda minha formação profissional na graduação e pós-graduação.

À Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, pela oportunidade conferida aos pesquisadores do Nordeste do Brasil em aprimorar seus conhecimentos, contribuindo com o desenvolvimento da região.

A todas as instituições que apoiaram a iniciativa do meu projeto de doutorado:  
EMBRAPA, PADETEC, UFC.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram em mais esta importante  
etapa da minha vida.

**Por tudo que fizeram, sou muito grata.**

*“Semear ideias ecológicas e plantar sustentabilidade é ter a garantia de colhermos um futuro fértil e consciente.”*  
(SIVALDO FILHO).

## RESUMO

O cajueiro, *Anacardium occidentale L.*, pertencente à família Anacardiaceae e originário da região semiárida do Nordeste do Brasil, é uma das espécies que apresenta grande importância como fonte de riqueza e oportunidades de trabalho em uma região que enfrenta seca como um problema secular. Seu potencial econômico e social resulta na ocupação de mão de obra no período de entressafra e em alternativas proporcionadas pelos seus produtos e derivados. Contudo, a cadeia produtiva do caju vem enfrentando dificuldades devido a gargalos de fatores climáticos, de produção e industrialização. Neste contexto, podemos enumerar como os principais obstáculos: as baixas precipitações pluviométricas, a idade avançada dos cajueirais, produção intermediada por atravessadores e, não menos grave, os processos termomecanizados industriais que comprometem os produtos finais da castanha de caju. O alto índice de quebra e manchas das amêndoas da castanha de caju (ACC), juntamente com a polimerização do Líquido da castanha de caju (LCC), acaba resultando na perda da qualidade desses produtos, e conseqüentemente, o decréscimo na posição do mercado internacional para outros países como Vietnã e Índia. Somando-se a esses fatores, a tecnologia industrial adotada é responsável por gerar forte impacto ambiental devido à toxicidade de seus efluentes e mau aproveitamento dos resíduos do pedúnculo do caju. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o modelo de implantação de uma cadeia de biorrefinarias interligada energeticamente por um sistema fotovoltaico, fazendo uso de tecnologias que agreguem valor aos produtos do caju de forma sustentável e promova o desenvolvimento social através da inserção do pequeno produtor em todas as etapas dos processos da cadeia de produção. A cadeia será constituída por quatro biorrefinarias, no molde de minifábricas, que realizarão as atividades de cultivo de cajueiro anão precoce, sistema de ensilagem para alimentação animal, produção de sucos clarificados, beneficiamento da amêndoa da castanha de caju por sistema de congelamento e ultrassom e extração do LCC a frio. A instalação será planejada no campo experimental da Embrapa no polo Pacajus e gerará uma patente de processo.

**Palavras-chave:** Caju. Cadeia. Biorrefinaria. Minifábricas. Resíduos.

## ABSTRACT

The cashew tree, *Anacardium occidentale* L., belongs to the family Anacardiaceae and originates in the semi-arid region of northeastern Brazil, is one of the species that presents great importance as a source of wealth and work opportunities in a region that faces drought as a secular problem. Its economic and social potential results in the occupation of labor during the off-season and alternatives offered by its products and derivatives. However, the cashew production chain has been experiencing difficulties due to bottlenecks in climatic factors, production and industrialization. In this context, we can enumerate the main obstacles: low rainfall, the advanced age of cashew trees, production mediated by middlemen and, not least, industrial thermomechanical processes that compromise the final products of cashew nuts. The high cracking and staining index of cashew nut (CN), together with the polymerization of cashew nut shell liquid (CNSL), results in the loss of the quality of these products, and consequently, the decrease in the position of the international market to other countries like Vietnam and India. In addition to these factors, the industrial technology adopted is responsible for generating a strong environmental impact due to the toxicity of its effluents and poor utilization of the residues of the cashew peduncle. In view of the above, the present work aims to present the model of implementation of a chain of biorrefineries energetically interconnected by a photovoltaic system, making use of technologies that add value to the products of the cashew in a sustainable way and promote the social development through the insertion of the small producer at all stages of the production chain processes. The chain will consist of four biorefineries in the mini-factories mold, which will carry out the activities of early dwarf cashew, silage system for animal feed, production of clarified juices, processing of cashew nut by freezing and ultrasonic system and extraction of cold LCC. The installation will be planned in the experimental field of Embrapa in the Pacajus polo and will generate a process patent.

**Keywords:** Cashew.Chain. Biorefinery. Minifactories. Waste.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Polos iniciais da cajucultura no Ceará.....	26
<b>Figura 2</b> – Polos de atuação dos principais segmentos da cadeia produtiva do caju no Ceará.....	28
<b>Figura 3</b> – Campo Experimental de Pacajus (CEP).....	29
<b>Figura 4</b> – Minifábrica de processamento de castanha de caju.....	31
<b>Figura 5</b> – Diferenças dos processos de beneficiamento mecanizado tradicional e sistema de minifábricas.....	388
<b>Figura 6</b> – Processo de produção de amêndoas em pequena escala – Índia.....	42
<b>Figura 7</b> – Fluxograma do processamento da castanha de caju pelo sistema de corte semimecanizado.....	44
<b>Figura 8</b> – Tambor Rotativo.....	45
<b>Figura 9</b> – Cilindro de cozimento.....	46
<b>Figura 10</b> – Máquina de corte manual.....	47
<b>Figura 11</b> – Fluxograma do processo termomecânico de produção castanha de caju.....	48
<b>Figura 12</b> – Comercialização por intermédio de atravessadores.....	59
<b>Figura 13</b> – Diagrama esquemático do conceito de biorrefinaria.....	65
<b>Figura 14</b> – Potencial de obtenção dos produtos derivados dos componentes do cajueiro e/o seus resíduos.....	71
<b>Figura 15</b> – Castanha de caju em corte.....	79
<b>Figura 16</b> – Casca da castanha de caju.....	80
<b>Figura 17</b> – Película da amêndoa da castanha de caju.....	83
<b>Figura 18</b> – Constituintes do LCC.....	84
<b>Figura 19</b> – Reação de descarboxilação do ácido anacárdico.....	85
<b>Figura 20</b> – Pedúnculo do caju ( <i>Anacardium occidentale</i> L).....	87
<b>Figura 21</b> – Cadeia de Biorrefinaria para o processamento dos componentes e resíduos do cajueiro suportada energeticamente por um painel fotovoltaico.....	97

<b>Figura 22</b> – Fluxograma da biorrefinaria BR1 .....	98
<b>Figura 23</b> – Fluxograma da biorrefinaria BR2.....	99
<b>Figura 24</b> – Fluxograma da biorrefinaria BR3.....	100
<b>Figura 25</b> – Fluxograma da biorrefinaria BR4.....	101

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Estimativa de benefícios econômicos das minifábricas .....	399
<b>Tabela 2</b> – Áreas colhidas de castanha de caju do Ceará de 2008 a 2016 .....	555
<b>Tabela 3</b> – Área plantada em hectares com cajueiro no Brasil por região e estados do Nordeste entre 2005 e 2015.....	56
<b>Tabela 4</b> – Composição centesimal da amêndoa da castanha de caju .....	82
<b>Tabela 5</b> – Composição química proximal e valor de energia bruta da película da amêndoa da castanha de caju. ....	83
<b>Tabela 6</b> – Composição química do LCC natural e do LCC técnico .....	855

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Tipos e características de minifábricas.....	33
<b>Quadro 2</b> – Minifábricas de castanhas de caju – Ceará.....	35
<b>Quadro 3</b> - Minifábricas de castanhas de caju – Piauí.....	36
<b>Quadro 4</b> - Minifábricas de castanhas de caju – Rio Grande do Norte.....	37
<b>Quadro 5</b> - Minifábricas de castanhas de caju – Bahia.....	37
<b>Quadro 6</b> - Resultados da busca de patentes relativas ao uso de biorrefinarias e/ou cadeias de biorrefinarias, utilizando-se os componentes e/ou resíduos do cajueiro. Busca realizada em 15/05/2017, compreendendo o período de 2001 a 2017 .....	73
<b>Quadro 7</b> - LCC Técnico – Componentes fenólicos determinados por várias técnicas .....	78
<b>Quadro 8</b> - Equipamentos para minifábrica de castanha-de-caju capacidade 1,5Ton/dia .....	93
<b>Quadro 9</b> - Necessidade de mão de obra e preço pago por atividade diária na minifábrica.....	94
<b>Quadro 10</b> - Receita diária com a venda de produtos da minifábrica de castanha-de-caju.....	95
<b>Quadro 11</b> - Discriminação dos processos e equipamentos utilizados nas biorrefinarias BR1, BR2, BR3 e BR4, com seus consumos específico de energias. ....	102

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA	---	Empresa Brasileira de Pesquisa
UFC	---	Universidade Federal Ceará
SEBRAE	---	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
FAO	---	<i>Food and Agriculture Organization for the United Nations</i>
IBGE	---	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ACC	---	Amêndoa da Castanha de Caju
LCC	---	Líquido da Casca da Castanha de caju

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem; Por cento
°C	Graus centígrados
<i>et al.</i>	E colaboradores
g	Gramas(s)
h	Hora
kg	Quilograma(s)
km	Quilômetro(s)
min.	Minuto(s)
nº	Número
p.	Página
R\$	Real(is)
t	Tonelada(s)
W	Watt
V	Volt
KHZ	Kilohertz

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	22
<b>1.1.1</b>	<b>Geral</b> .....	22
<b>1.1.2</b>	<b>Específicos</b> .....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	23
<b>2.1</b>	<b>Histórico do agronegócio do caju brasileiro</b> .....	23
<b>2.2</b>	<b>Agronegócio do Caju no Estado do Ceará</b> .....	25
<b>2.2.1</b>	<b>Polos produtivos da castanha de caju do Estado do Ceará</b> .....	25
<b>2.2.1.1</b>	<b>Polo Pacajus</b> .....	29
<b>2.2.1.2</b>	<b>Características dos municípios integrantes do polo Pacajus</b> .....	30
<b>2.3</b>	<b>Minifábricas</b> .....	31
<b>3</b>	<b>ESTADO DA ARTE DO PROCESSAMENTO DA CASTANHA DE CAJU</b> ..	40
<b>3.1</b>	<b>Processamento da castanha de caju em pequena escala na Índia</b> .....	41
<b>3.2</b>	<b>Processamento da castanha de caju em minifábricas no Brasil</b> .....	43
<b>3.3</b>	<b>Processamento termomecânico de castanhas de caju realizados em grandes unidades no Brasil, Vietnam e em outros países.</b> .....	47
<b>4</b>	<b>CADEIA PRODUTIVA</b> .....	50
<b>4.1</b>	<b>Cadeia produtiva do caju</b> .....	51
<b>4.2</b>	<b>Causas da desarticulação da cadeia produtiva de caju</b> .....	53
<b>4.2.1</b>	<b>Fatores climáticos</b> .....	53
<b>4.2.2</b>	<b>Cultivo de cajueiro-gigante de idade avançada</b> .....	56
<b>4.2.3</b>	<b>Relação entre o pequeno produtor e os atravessadores</b> .....	58
<b>4.2.4</b>	<b>Industrialização da castanha nas grandes fábricas</b> .....	59
<b>4.2.5</b>	<b>Desperdício do pedúnculo e seus impactos ambientais</b> .....	61
<b>5</b>	<b>SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CADEIA PRODUTIVA</b> .....	63
<b>5.1</b>	<b>Biorrefinaria</b> .....	64
<b>5.1.1</b>	<b>Biorrefinaria de primeira geração</b> .....	66
<b>5.1.2</b>	<b>Biorrefinaria de segunda geração</b> .....	68
<b>5.2</b>	<b>Sistema de energia solar fotovoltaico</b> .....	69
<b>6</b>	<b>CADEIA DE BIORREFINARIA PARA O PROCESSAMENTO DOS COMPONENTES DO CAJUEIRO</b> .....	71
<b>6.1</b>	<b>Levantamento das patentes sobre cadeias de biorrefinarias</b> .....	72

<b>6.3</b>	<b>Principais produtos e resíduos do cajueiro</b> .....	<b>78</b>
<b>6.3.1</b>	<b><i>Castanha-de-caju</i></b> .....	<b>78</b>
<b>6.3.2</b>	<b><i>Casca</i></b> .....	<b>80</b>
<b>6.3.3</b>	<b><i>Amêndoa da castanha-de-caju(ACC)</i></b> .....	<b>81</b>
<b>6.3.4</b>	<b><i>Película</i></b> .....	<b>82</b>
<b>6.3.5</b>	<b><i>Líquido da castanha-de-caju (LCC)</i></b> .....	<b>83</b>
<b>6.3.6</b>	<b><i>Pedúnculo</i></b> .....	<b>86</b>
<b>6.3.7</b>	<b><i>Bagaço do pedúnculo do caju</i></b> .....	<b>88</b>
<b>6.3.8</b>	<b><i>Suco clarificado de caju</i></b> .....	<b>89</b>
<b>6.3.9</b>	<b><i>Goma de caju</i></b> .....	<b>90</b>
<b>7</b>	<b>VIABILIDADE ECONOMICA DAS MINIFABRICAS</b> .....	<b>93</b>
<b>8</b>	<b>ESTRATÉGIA DE AÇÃO</b> .....	<b>96</b>
<b>8.1</b>	<b>Sistema da Biorrefinaria 1 – BR1</b> .....	<b>97</b>
<b>8.2</b>	<b>Sistema da Biorrefinaria 2 – BR2</b> .....	<b>98</b>
<b>8.3</b>	<b>Sistema da Biorrefinaria 3 – BR3</b> .....	<b>99</b>
<b>8.4</b>	<b>Sistema da Biorrefinaria 4 – BR4</b> .....	<b>100</b>
<b>8.5</b>	<b>Sistema de energia solar fotovoltaico</b> .....	<b>101</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>104</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>105</b>
	<b>ANEXO A - DEPÓSITO DE PATENTE</b> .....	<b>123</b>
	<b>ANEXO B – DEPÓSITO DE PATENTE</b> .....	<b>124</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cajucultura do Brasil está concentrada na região Nordeste e possui importância socioeconômica destacável para o meio rural da Região, principalmente para o semiárido, em função da área explorada e postos de trabalho na época mais seca do ano. Uma vez que contempla uma cultura bem adaptada às condições existentes, o agronegócio do caju gera renda num período de entressafra da maioria das outras culturas, além de produzir matéria-prima destinada para exportação e para abastecer várias indústrias que absorvem muita mão de obra, gerando divisas para a Região e o País.

Atualmente, a região Nordeste responde por mais de 98% da produção nacional, e apresenta uma área cultivada superior a 700 mil hectares, com destaque para o Ceará, que se sobressai como maior Estado produtor de caju, perfazendo cerca de 40% da produção do país, seguido pelos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão (IBGE, 2016).

Da área ocupada do cajueiro no campo, 30% da área são de solos improdutivos em decorrência da idade avançada das plantas (DOURADO *et al*, 1999). Isso repercute diretamente com a qualidade da matéria-prima, que responde por mais de 60% dos custos do processamento industrial da castanha-de-caju (LIMA, 2013).

A cajucultura abrange um conjunto de atividades que geram um grande número de produtos intermediários e finais. Dentre esses produtos, o mais expressivo é a Amêndoa da Castanha de Caju (ACC), extraída do beneficiamento da castanha (verdadeiro fruto), que também da casca da castanha é obtido o Líquido da Castanha de Caju (LCC), como subproduto de elevado valor comercial.

O pedúnculo, por sua vez, possibilita a produção de bebidas, doces, ração animal e também é consumido como fruto de mesa. Porém, devido a sua perecibilidade, estima-se que mais de 90% dos pedúnculos são desperdiçados, sendo um subproduto pouco aproveitado na cadeia do caju, o que faz com que o principal produto da cajucultura nordestina continue sendo a amêndoa da castanha de caju. (CONAB, 2017) Com isso, é observada uma subutilização do potencial da

atividade, dada pela concentração na produção da castanha e pelo ineficiente aproveitamento dos produtos oriundos da cajucultura, principalmente do pedúnculo.

O setor do agronegócio do caju vem enfrentando atualmente dificuldades que impedem gradativamente sua sustentabilidade e competitividade, mesmo diante de um cenário econômico com resultados destacáveis para a economia local. Alguns desses problemas que podem ser citados são: produtividade baixa ocasionada por material genético heterogêneo dos cajueirais antigos; manejo inadequado dos pomares; ausência de recursos financeiros e/ou resistência dos produtores para uma modernização da atividade; baixo valor bruto de produção por hectare; desarticulação da cadeia produtiva devido à intermediação de atravessadores; desperdício do pedúnculo e necessidade de melhoria da qualidade dos produtos do caju visando maiores rendimentos industriais, com base na inovação tecnológica (FIEC, 2007; FRANÇA *et al.*, 2008).

Os problemas estruturais da cadeia foram agravados com o advento da forte estiagem pela qual passou o Nordeste a partir de 2012, ocasionando seguidos anos de quebra de safra. Com as baixas precipitações pluviométricas, tornou-se mais frequente a incidência de doenças e pragas, assim como, a mortalidade dos cajueirais, afetando a produtividade e, conseqüentemente a produção (VIDAL; CONAB, 2017).

No que se refere à qualidade dos produtos da cadeia do caju, o baixo rendimento de amêndoas inteiras no beneficiamento das castanhas destaca-se como um dos principais obstáculos a uma maior competitividade da cadeia produtiva. As indústrias tradicionais de beneficiamento vêm sofrendo uma perda de qualidade em função dos equipamentos utilizados e do processo de termomecanização, que se reflete no índice de amêndoas inteiras, na incidência de manchas e produção de LCC técnico polimerizado. Esse quadro prejudica a exportação de amêndoas, que é uma das principais fontes geradoras de divisas para alguns estados da região, movimentando em média 130 milhões de dólares por ano (LOPES NETO, 1997).

No caso do pedúnculo, Apesar do aumento do consumo *in natura*, e de o caju ser uma importante fonte de nutrientes do Nordeste do Brasil, o mesmo representa grande quantidade de matéria-prima perdida anualmente. Dentre os

fatores que influenciam o elevado desperdício estão o curto período de pós-colheita associado à pequena capacidade de aproveitamento pela indústria, curto período de safra e a inexistência de métodos econômicos de preservação da matéria-prima (PAIVA; GARRUTI; NETO, 2000).

Outro agravante desta cadeia é a participação dos intermediários como os principais agentes a provocarem a assimetria na distribuição dos lucros da cadeia produtiva do caju. Os baixos preços estabelecidos aos agricultores da sua produção e o repasse à indústria a altos preços levam à estagnação da atividade, resultando na desmotivação dos pequenos produtores para a adoção de melhores técnicas agrícolas e desinteresse, por parte das indústrias, para a adoção de práticas indutoras de melhoria de qualidade para melhor acesso ao mercado, como pagamento por qualidade (BANCO DO BRASIL, 2010).

Diante dos fatos mencionados, o presente projeto consiste em analisar os desafios enfrentados da cadeia produtiva do caju desde sua origem até os dias atuais e propor um estudo da implantação de uma cadeia de biorrefinarias de produção dos produtos do caju de base sustentável, tendo o sistema de energia solar fotovoltaico como matriz energética para alimentar esta cadeia.

O planejamento da cadeia de biorrefinaria visa articular todo o setor da cadeia desde o início da produção no campo, com o cultivo de variedades de cajueiro anão-precoce de alta produtividade, até o processamento dos produtos e resíduos do cajueiro, como a obtenção de: amêndoas alvas e íntegras, LCC natural, suco clarificado de caju, goma do cajueiro, briquetes das podas para uso como combustível e reaproveitamento de bagaços do caju com finalidade de ensilagem para ração animal.

Por ser uma cadeia de biorrefinarias no formato de minifábricas, esse projeto tem como um dos ganchos principais a inserção do pequeno produtor em todas as etapas da cadeia, desde a produção, beneficiamento e comercialização.

Nesse contexto, a utilização atual da base de inovação biotecnológica fortalece em grande medida os avanços na área da pesquisa científica, a sustentabilidade e a competitividade tecnológica. Os modelos podem incorporar o conceito de biorrefinaria e/ou de bioeconomia, em que as partes inter-relacionadas proporcionam um novo sistema de produção eco-sustentável como será

demonstrado nesse estudo.

A seguir será apresentada uma revisão de literatura que servirá de suporte para dar base ao desenvolvimento deste projeto, abordando os seguintes temas: Histórico do Agronegócio do caju no Brasil e no Ceará; Cadeia produtiva do caju e causas da sua desarticulação; Estado da arte do processamento da castanha de caju; Sustentabilidade e inovação tecnológica e Biorrefinarias.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

Este estudo tem como objetivo propor um novo modelo de produção industrial na forma de biorrefinarias que contemplem o aproveitamento integral de todos os componentes do cajueiro, de forma integral e sustentável, em grande ou em pequena escala; visando contribuir para o aumento do desenvolvimento socioeconômico em toda a cadeia de produção do caju.

### **1.1.2 Específicos**

- Levantamento do estado da arte do processamento da castanha na cadeia produtiva do caju;
- Avaliar a viabilidade econômica através do escalonamento estrutural da biorrefinaria com base numa minifábrica tradicional;
- Articular o sistema produtivo e industrial numa mesma plataforma, sem a intermediação de atravessadores, e aumentar participação dos pequenos produtores em cada elo da cadeia;
- Desenvolver tecnologia sustentável de aproveitamento dos resíduos do cajueiro, beneficiamento das amêndoas e obtenção de LCC natural através de processos biotecnológicos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Histórico do agronegócio do caju brasileiro

A cultura do caju é encontrada em quase todo o território brasileiro, mas é na região Nordeste, principalmente nos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Maranhão e Bahia que se concentra a quase totalidade da produção nacional. (PESSOA; LEITE; PIMENTEL, 2004).

A evolução dessa cadeia pode ser dividida em dois períodos. No primeiro período, de 1960 a 1989, foi registrada a sua implantação e uma rápida expansão de forma organizada, que lhe conferiu a condição de uma das mais importantes cadeias produtivas de origem agrícola do Nordeste do Brasil. No segundo período, compreendido de 1990 até os dias de hoje, a cadeia produtiva da amêndoa da castanha de caju vem demonstrando sinais preocupantes de perda de desempenho (PESSOA; LEITE, 2013).

A cajucultura no Brasil, com destaque para o Ceará, estabeleceu-se a partir dos anos de 1960 na expansão da área cultivada com uso de tecnologia e características de extrativismo. Entre as décadas de 60 e 80, diversos programas dos governos estadual e federal financiaram a cultura do caju e incentivaram a implantação sistematizada de cultivos de forma não extensiva. (COSTA, 2008).

Nos anos de 1960, investimentos como incentivos fiscais e subsídios creditícios foram mecanismos indutores da rápida expansão da área, com a implantação de grandes plantios de cajueiro. Os primeiros incentivos fiscais e os subsídios creditícios foram recebidos por meio da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) (Artigos 34 e 18), do Banco do Brasil (Proterra) e, posteriormente, em meados da década de 1970, do Fundo de Investimento Setorial (Fiset – Reflorestamento), e do Fundo de Investimento do Nordeste (Finor). (PESSOA; LEMOS, 1990; PIMENTEL, 1988).

Na década de 1970 a cajucultura comercial foi implantada com apoio da SUDENE. Utilizaram-se na época dois mecanismos de incentivo fiscal: o Fundo de Investimentos Setoriais para reflorestamento com árvores de caju e o Fundo de Investimentos do Nordeste para o desenvolvimento da indústria processadora de

castanha. Foi com base nesses incentivos que se implantaram aproximadamente 300 mil ha de caju gigante e as 10 grandes indústrias processadoras de Fortaleza, Teresina e Mossoró (SOUZA FILHO *et al*, 2010).

Ainda nesse período, os incentivos fiscais e os subsídios creditícios também promoveram a montagem de um parque industrial que chegou a ter, na década de 1980, mais de 30 grandes fábricas. O Brasil chegou a ocupar, nessa época, a segunda posição mundial, tanto na produção de castanha-de-caju, como na exportação de amêndoa de castanha-de-caju (PESSOA; LEITE, 2013). A indústria processadora desencadeou um processo acelerado de mecanização, processo esse que acabaria resultando em uma elevada ociosidade do parque industrial e a um rendimento de amêndoas inteiras inferior ao obtido em países concorrentes (USAID, 2006).

Contudo, a cadeia produtiva da amêndoa de castanha de caju (ACC) brasileira a partir da metade da década de oitenta até os dias atuais, vem apresentando sinais evidentes de perda de desempenho. (ARAÚJO; PESSOA; LEITE, 1996). Esse processo foi desencadeado com a crise fiscal do Estado brasileiro no final dos anos 1980 (FIGUEIREDO JUNIOR, 2006; LEITE, 1994). Nesse período, ocorreram profundas mudanças na política agrícola brasileira, com destaque para as reduções significativas das aplicações públicas no setor agrícola. Com isso, os incentivos fiscais concedidos à cadeia produtiva da ACC brasileira foram praticamente extintos e as políticas de crédito passaram a ser mais rigorosas. (CONCEIÇÃO, 2006).

Com a extinção dos incentivos fiscais, a competição no mercado internacional foi intensificada. A grande redução das importações de ACC pela antiga União Soviética, que era o principal mercado às exportações da Índia, e a crescente participação do Vietnã como grande produtor e exportador fortaleceram ainda mais a posição dos Estados Unidos como formador de preços, resultando na desvalorização da ACC no mercado internacional (PESSOA; LEITE, 2013).

Com a crise fiscal do estado brasileiro, os incentivos à cultura do caju voltaram-se para a pesquisa agropecuária, através da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e, em menor escala, para a assistência técnica.

Tais ações foram em grande medida apoiadas por linhas de crédito subsidiadas, porém mais rigorosas, através do Banco do Nordeste e do Banco do Brasil. (USAID, 2006).

## **2.2 Agronegócio do Caju no Estado do Ceará**

A cajucultura cearense é dividida em dois períodos. O primeiro corresponde à época da colonização, onde o plantio era raro e predominava o sistema extrativista. O segundo iniciou-se na década de sessenta, quando o setor agroindustrial do caju começou a receber os incentivos fiscais e a se expandir com produtos como a amêndoa de castanha de caju (ACC) e o líquido de castanha de caju (LCC).

A castanha de caju é o segundo produto na pauta de exportações cearense, e chegou a gerar US\$ 140.515.788 em 2006, cerca de três quarto do volume total exportado, enquanto o mercado interno produzia cerca de R\$ 72 milhões (FIEC, 2007).

Nos últimos anos, o Ceará vem representando quase 50% do total de castanha-de-caju produzida no Brasil, sendo seguido pelos estados do Rio Grande do Norte ( $\approx 22\%$ ) e Piauí ( $\approx 18\%$ ), os quais juntos representam cerca de 90% do total produzido (SERRANO, PESSOA, 2016).

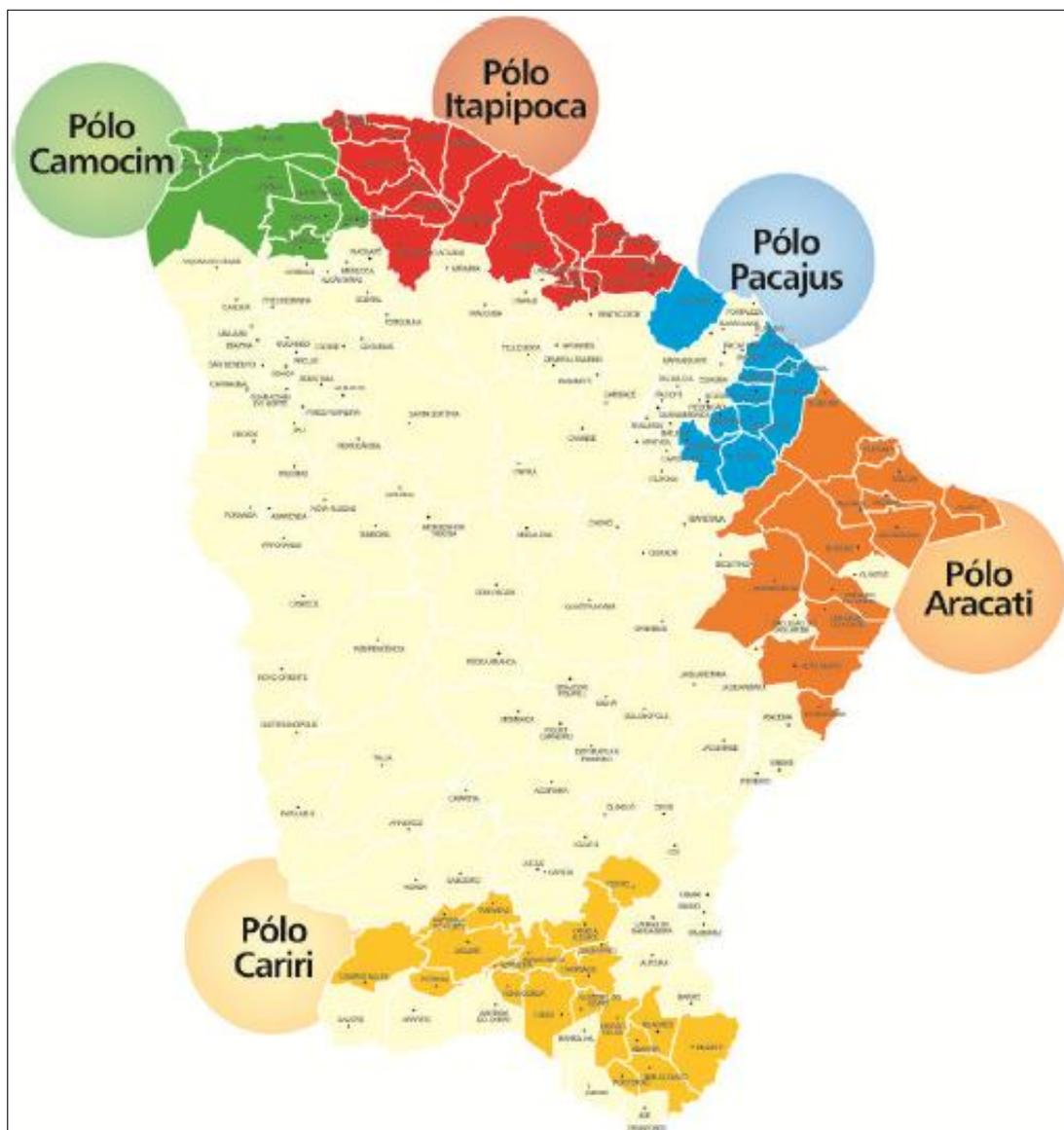
### **2.2.1 Polos produtivos da castanha de caju do Estado do Ceará**

Com o objetivo de promover o desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Caju do Ceará, a Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE), elaborou o Plano de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Caju do Ceará, a qual através de seus estudos baseados na divisão territorial dos municípios e em critérios envolvendo aspectos relacionados aos segmentos da produção agrícola e industrial estabeleceu uma nova configuração para os polos de produção do caju no Ceará.

As regiões de atuação da cadeia produtiva do caju no Ceará foram inicialmente configuradas pela ADECE (2008) com base na produção e na área colhida municipal de castanha de caju. Assim, foram definidos cinco polos para a cajucultura no Ceará – Aracati, Camocim, Cariri, Itapipoca e Pacajus – abrangendo

73 dos 184 municípios do Estado (Figura 1).

Figura 1: Polos iniciais da cajucultura no Ceará



Fonte: ADECE (2008)

Os critérios adotados levam em conta a produção de castanha, a área colhida, a aptidão pedoclimática, o processamento local de castanha e pedúnculo, a interação entre integrantes da cadeia de outros municípios e a capacidade de ação dos serviços de apoio, principalmente, assistência técnica e financiamento (ADECE, 2013).

Com base nos indicadores avaliados, a nova configuração dos polos da cadeia produtiva do caju contempla atualmente 6 polos, abrangendo 61 municípios,

com as seguintes denominações e municípios componentes:

**Polo Litoral Leste:** Alto Santo, Aracati, Beberibe, Fortim, Icapuí, Itaiçaba, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Russas, Tabuleiro do Norte.

**Polo Metropolitano:** Fortaleza, Aquiraz, Aracoiaba, Barreira, Cascavel, chorozinho, Eusébio, Horizonte, Ocara, Pacajus, Pindoretama.

**Polo Litoral Oeste:** Caucaia, Itapipoca, Paracuru, Paraipaba, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu, Trairi, Tururu, Uruburetama, Umirim.

**Polo Baixo Acaraú:** Acaraú, Amontada, Bela Cruz, Cruz, Forquilha, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Marco, Morrinhos, Santana do Acaraú.

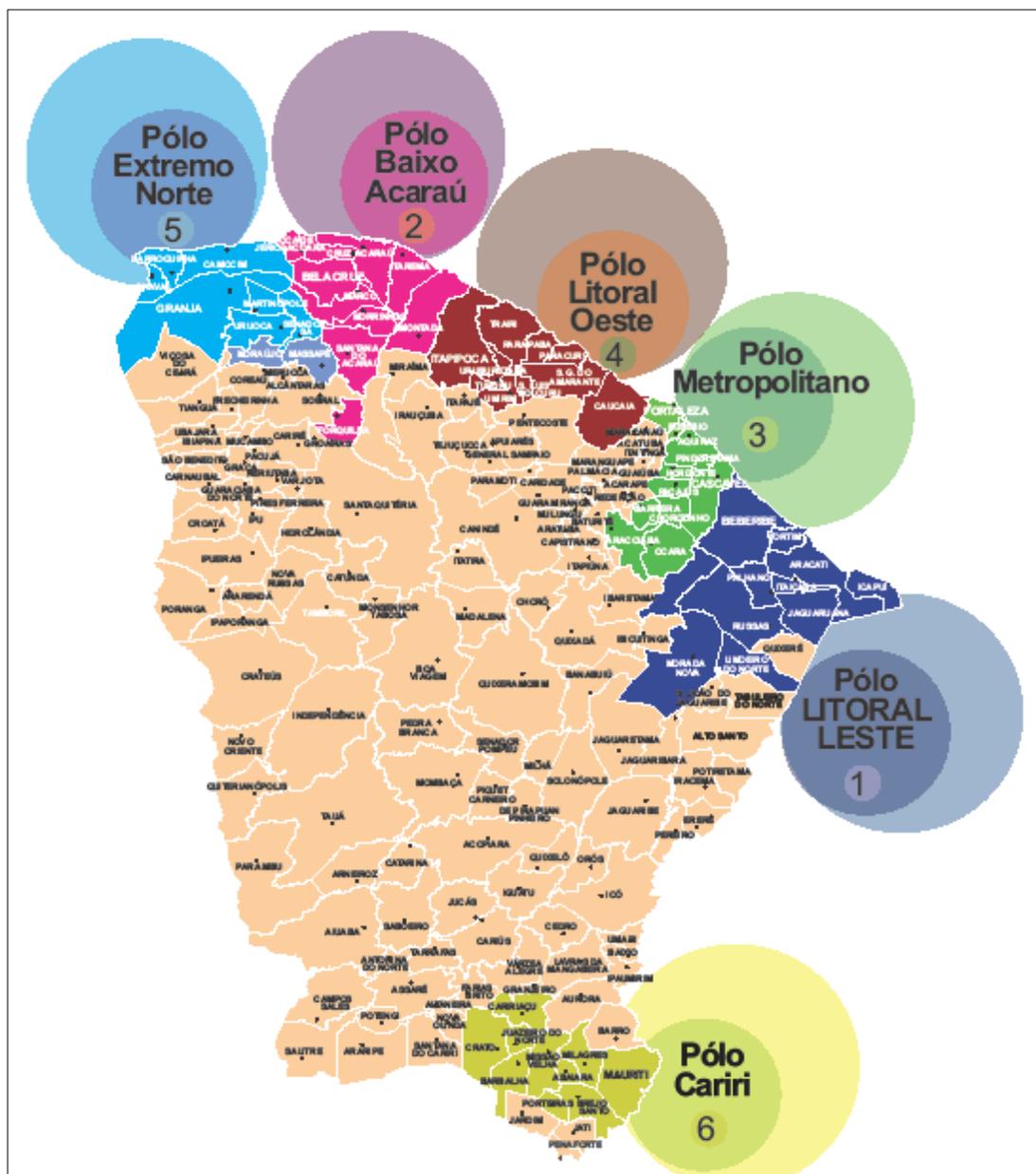
**Polo Extremo Norte:** Barroquinha, Camocim, Chaval, Granja, Martinópolis, Massapê, Senador Sá, Uruoca.

**Polo Cariri:** Abaiara, Brejo Santo, Barbalha, Caririáçu, Crato, Juazeiro do Norte, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Porteiras.

Os Planos Plurianuais de Governo, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Agrário, Secretaria da Ciência Tecnologia e Educação Superior, Secretaria do Trabalho e Desenvolvimento Social e outras instituições estaduais como Adece, Ematerce e Instituto Centec atuam em diversos programas e projetos voltados para alavancar a cadeia do caju. Dessas ações pode-se destacar a renovação e expansão das áreas de cajueiro, melhoria da produção e produtividade dos produtos derivados do caju, implantação de unidades familiares e de minifábricas de castanha e pedúnculo, capacitação tecnológica e assistência técnica aos produtores de caju (ADECE, 2013).

Na nova configuração (Figura 2), o polo do Litoral Leste é o que apresenta maior produção de castanha (26,0%), seguido do Baixo Acaraú (24,9%) e do Metropolitano (22,6%), considerando o volume total de 111.718 toneladas, em 2011. Quanto à área colhida, o polo do Baixo Acaraú se sobressai com 24,5%, o Metropolitano aparece com 21,8% e o Litoral Leste com 19,9%, considerando a área total de cajueiro de 402.255 hectares, em 2011 (ADECE, 2013).

Figura 2: Polos de atuação dos principais segmentos da cadeia produtiva do caju no Ceará



Fonte: ADECE (2013)

O contexto histórico do mercado da amêndoa da castanha possibilitou a criação de um centro de pesquisa avançado voltado para o desenvolvimento tecnológico do caju, surgindo assim o Centro Nacional de Pesquisas da Agroindústria Tropical (CNPAT), mais comumente conhecido por EMBRAPA Agroindústria Tropical, que congrega um grande número de especialistas e contribui em pesquisas para questões como: melhoria genética, manejo, pós-colheita e tecnologia de alimentos relacionados ao caju (ARAÚJO; PAULA PESSOA; LEITE, 1996).

Como exemplo desta contribuição, foi criado o Campo Experimental de Pacajus (CEP), considerado o berço do cajueiro anão precoce ao longo de toda a sua história, onde a melhoria do cajueiro anão esta diretamente ligada à existência desta unidade de pesquisa. Aqui se localiza o maior Banco Ativo de Germoplasma de cajueiro do mundo (CONAB, 2017).

### *2.2.1.1 Polo Pacajus*

O Polo Pacajus-Horizonte situa-se na região Nordeste do Estado do Ceará, a 50 km de Fortaleza, e compreende 11 municípios com suas áreas territoriais contíguas formando uma mesorregião cuja principal fonte de emprego e renda é a cadeia do caju (CONAB, 2017).

Com o auxilio das instituições como Embrapa e o MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, foi criado o Campo Experimental de Pacajus (Figura 3). Este campo experimental tem por objetivo possibilitar o desenvolvimento e execução de trabalhos de pesquisa com cajueiro e outras matérias-primas tropicais em temas estratégicos, como o melhoramento genético de plantas, fertilidade dos solos, fisiologia vegetal, nutrição de plantas, manejo e práticas culturais, fitopatologia, entomologia etc.

Figura 3: Campo Experimental de Pacajus (CEP)



Fonte: <http://www.cnpat.embrapa.br/conteudo51.php>

Além das atividades mencionadas, essa base física proporciona também a execução de atividades de treinamento (estágios, cursos) e difusão de tecnologias geradas pela área técnico-científica da Embrapa Agroindústria Tropical para atender a missão e aos objetivos estabelecidos (CONAB, 2017).

### *2.2.1.2 Características dos municípios integrantes do polo Pacajus*

Constata-se que as condições edafoclimáticas dos 11 municípios integrantes do Polo Pacajus-Horizonte são semelhantes e condicionadoras da existência da cultura do cajueiro. A propósito, a EMBRAPA (2000), em seu Zoneamento Pedoclimático do Cajueiro, encontrou nesse grupo de municípios 249.053 ha com áreas com aptidão para exploração do cajueiro, e deste total somente 76.626 ha têm aptidão preferencial. Saliente-se que a área plantada com caju no polo é de apenas 112.103 ha, denotando um potencial de expansão dos plantios de caju em 122%. (ADECE, 2013)

Ademais, as distâncias rodoviárias dos municípios do polo para Fortaleza, grande centro consumidor, processador e distribuidor, estão abaixo de 100 km. Portanto constituem um fator positivo em termos de logística. No referente à população urbana dos 11 municípios, varia de 29,5% sobre a população total, em Ocara, para 90,8% em Itaitinga (ADECE, 2013).

Conforme definido, para o estudo piloto elegeu-se o Polo Pacajus-Horizonte. Esta escolha deveu-se a fatores determinantes para os objetivos que se quer alcançar. São eles:

a) A elevada densidade de produção de caju (33% da produção estadual), de unidades agroindustriais e artesanais e da forte inserção nos mercados local e regional;

b) O nível tecnológico das explorações, em relação à média do Estado;

c) O bom nível de empreendedorismo dos produtores e demais agentes da cadeia produtiva, isto é, a região é o principal polo econômico (desarticulado) da cajucultura do Estado;

d) A existência de uma série de programas e ações, com bons resultados, de

iniciativa dos governos estadual e municipal, dos agentes produtivos e de entidades do terceiro setor.

### 2.3 Minifábricas

Com o objetivo de criar uma tecnologia social que agregasse valor aos produtos da castanha de caju e proporcionasse condições adequadas para que o pequeno produtor pudesse competir no mercado internacional com a sua própria produção, a Embrapa Agroindústria Tropical, em 1994, resolveu coordenar esforços envolvendo diversos agentes do agronegócio caju, visando o aprimoramento e desenvolvimento de uma linha de equipamentos para o processamento de castanha de caju em pequena escala. Esta parceria com a iniciativa privada teve como resultado o desenvolvimento das minifábricas (Figura 4) de processamento de castanha de caju (PAIVA *et al*, 2000).

Figura 4: Minifábrica de processamento de castanha de caju



Fonte: Paiva, Silva Neto, Pessoa (2000).

Em resposta a grande preocupação com o desenvolvimento de novas tecnologias para otimização do processamento da castanha e a manutenção do homem no campo, as minifábricas incorporaram novos avanços em equipamentos e processos, permitindo a obtenção de amêndoas inteiras e alvas em maior proporção e com melhor qualidade, e possibilitando a inserção de pequenos e médios

produtores no agronegócio castanha de caju, com níveis de processamento adaptados às condições de pequena e média escala de industrialização (PAIVA *et al*, 2000).

O atual estado da arte da indústria de processamento de castanha de caju no Brasil é caracterizado por dois segmentos: um automatizado (indústria tradicional), formado por 23 fábricas com capacidade de processar cerca de 90% da produção brasileira; e outro, formado por 150 minifábricas semi-automáticas, com corte manual e capacidade de processar 20 mil toneladas por ano (PAIVA *et al*; PESSOA *et al*, 2006).

Com a instalação da indústria tradicional processadora de castanha de caju nas décadas de 1970 e 1980, não houve no decorrer dos anos avanços relacionados com o desenvolvimento de novas máquinas e equipamentos compatíveis com a evolução tecnológica da indústria de alimentos (PAIVA; LEITE, 1998). O cozimento é feito no próprio óleo de sua casca, e o corte da castanha é mecanizado. Estas etapas (cozimento e corte) do processo de produção constituem os principais gargalos tecnológicos.

Apresentando uma média de 85% de amêndoas inteiras e tendo uma produção de acordo com os padrões exigidos pelo mercado em relação a atributos de sabor, cor e aroma, as minifábricas processadoras de castanha de caju mostram-se como um importante avanço tecnológico, que poderão reforçar significativamente a competitividade da cadeia produtiva da amêndoa de castanha de caju brasileira. Além disso, são empreendimentos de baixo investimento, o que pode acarretar a redução da concentração industrial e abrir espaço para o aumento significativo de renda líquida do produtor de castanha de caju e a oferta de emprego no campo (PESSOA *et al*, 2006).

A introdução das minifábricas valorizou o envolvimento das comunidades rurais na produção, e conseqüentemente ofereceu uma nova dimensão ao quadro social no meio rural no que se refere à geração de emprego e renda no agronegócio do caju. Atualmente, existe grande preocupação com o desenvolvimento de novas tecnologias que, além de incorporarem as inovações no processamento da castanha, visam reduzir o custo de produção das amêndoas, uma vez que o custo

da matéria-prima (castanha) representa 60% do custo de produção (EMBRAPA, 2003).

A implantação do sistema de minifábrica incentiva pequenos e médios produtores de castanha, através de associações, cooperativas e suas representações, gerando empregos para as comunidades rurais nas etapas de plantio, tratos culturais, colheita, processamento da castanha e na comercialização dos produtos obtidos no seu processamento. Segundo Paiva (2000), os principais modelos de minifábrica com suas características específicas que variam de acordo com o tipo de minifábrica em questão, são do tipo módulo familiar, pequeno, médio, grande e central, como mostra o Quadro 1:

Quadro 1: Tipos e características de minifábricas

Tipo de módulo	Consumo de castanha (kg/dia)	Produção de amêndoa (caixa/dia) <sup>5</sup>	Mão de obra (h/dia)	Custo de equipamentos (R\$ 1,00) <sup>6</sup>	Custo de instalações (R\$ 1,00) <sup>6</sup>
Familiar <sup>1</sup>	110	1	4	6.200	2.500
Pequeno <sup>2</sup>	220	2	10	11.500	5.000
Medio <sup>3</sup>	550	5	20	18.600	7.200
Grande <sup>4</sup>	1.650	15	36	34.000	12.500
Central <sup>5</sup>	5.500	50	65	162.000	75.000

Fonte: Paiva;Silva Neto, Pessoa (2000).

<sup>1</sup> A unidade familiar é indicada para o processamento de castanha na residência do proprietário, com pequenas adaptações na infraestrutura física do imóvel.

<sup>2</sup> As pequenas e médias unidades são recomendadas para associações e cooperativas rurais e visam o aproveitamento industrial da castanha produzida pelos associados.

<sup>3</sup> A unidade de grande porte visa atender as necessidades de empresas e cooperativas com melhor estrutura, organização e poder de negociação.

<sup>4</sup> A unidade central reúne um conglomerado de minifábricas para a realização das operações de acabamento da amêndoa.

<sup>5</sup> uma caixa de amêndoas equivale a 50 libras ou a 22,68 quilos.

<sup>6</sup> Valores em real, referentes a janeiro de 2000.

O modelo de beneficiamento de castanha adotado em minifábricas é uma prática exercida por pequenas unidades particulares ou por associações comunitárias e cooperativas que buscam a comercialização da amêndoa no mercado interno, no intuito de produzirem amêndoas com melhor qualidade comparada aos outros processos descritos. No entanto, as experiências na

exportação da amêndoa são comuns em muitas minifábricas, principalmente no Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Nos demais estados, a produção em minifábricas destina-se exclusivamente para o abastecimento do mercado interno (ARAUJO *et al*, 2008)

No Nordeste brasileiro já estão em funcionamento 150 minifábricas. Com relação a sua abrangência, pode-se observar a seguir, a sua presença em quase todos os estados do Nordeste e em uma grande quantidade de municípios (PESSOA *et al*, 2006):

**Ceará:** Barreira, Redenção, Ocara, Icapuí, Pacajus, Beberibe, Baturité, Horizonte.  
**Bahia:** Santo Estevam, Boa Vista, R. Amparo, Nova Açore, Itapicuru, Ribeira do Pombal, Banzaé, Paulo Afonso, Sítio do Quinto.

**Maranhão:** Barreirinha, Araguanã, Castanheira, Barra do Corda, São Luís, Humberto de Campos, São João Batista.

**Pernambuco:** Santa Terezinha.

**Piauí:** Altos, Lagoa do Sítio, Inhuma, Oeiras, Dom Expedito Lopes, Jaicós, Santo Antônio de Lisboa, Pio IX.

**Rio Grande do Norte:** Serra do mel, Severiano Melo, Coronel Ezequiel, Tenente Laurentino Cruz, Passagem, João Câmara e Lagoa da Pedra.

Os projetos apoiados pela Fundação Banco do Brasil tiveram seus objetivos amparados na criação e/ou fortalecimento de empreendimentos solidários da agricultura familiar no interior das cadeias produtivas a que pertencem. O trabalho construído junto com os agricultores familiares na cajucultura nos estados da Bahia, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, teve como base a promoção da melhoria da produção, a qualificação do beneficiamento e processamento do caju e a comercialização da produção diretamente pelas próprias cooperativas das famílias agricultoras, demonstrando a possibilidade de construção de uma nova forma de economia (BANCO DO BRASIL, 2010).

O projeto do Ceará foi o primeiro a ser implantado (Quadro 2). Além de ser o maior produtor nacional de caju, ali está instalada a unidade da Embrapa

especializada em cajucultura, o CNPAT, onde deu início ao projeto de minifábricas de amêndoas de castanhas de caju.

Quadro 2: Minifábricas de castanha de caju -Ceará

Município	Comunidade	Cooperativa	Nº de cooperados
Pacajus	Todas as comunidades das cooperativas singulares	Central de Cooperativas COPACAJU Ltda.	
Ocara	Assentamento Che Guevara.	COPAC - Cooperativa Agroindustrial Che Guevara Ltda.	52
Aracati	Assentamento Aroeira Vilany	COPAV – Cooperativa Agroindustrial Aroeira Vilany Ltda.	48
Chorozinho	Assentamento Zé Lourenço	COPAZEL – Cooperativa Agroindustrial Zé Lourenço Ltda.	23
Tururu	Cemoaba	COACE – Cooperativa Agroindustrial Cemoaba Ltda.	53
Tururu	Assentamento Novo Horizonte	COPANH – Cooperativa Agroindustrial Novo Horizonte Ltda.	33
Icapuí	Assentamento P.A. Redonda	COPAR – Cooperativa Agroindustrial Redonda Ltda.	27
Aquiraz	Distrito de Justiniano de Serpa	COOPFRUTOS – Cooperativa Agroindustrial de Frutos Regionais Ltda.	29
Granja	Vila Sambaiba	COPAISA – Cooperativa Agroindustrial Sambaiba Ltda.	35
Fortim	Guajiru.	COPAG – Cooperativa Agroindustrial Guajiru Ltda.	24
Barreira	Barreira Caiana, Cajazeiras e Alto Santo	COPACAIANA – Cooperativa Agroindustrial Caiana Ltda.	22
<b>Total</b>			<b>346</b>

Fonte : BANCO DO BRASIL,2010

A implantação do empreendimento do Piauí ocorreu quase que simultaneamente com o projeto cearense, com apenas alguns meses de defasagem, as cooperativas deram início no segundo semestre de 2003, com a revitalização de três minifábricas já existentes em comunidades dos municípios de Altos, Francisco Santos e Vila Nova do Piauí e pela construção de uma unidade central de padronização, embalagem e comercialização, a ser instalada na cidade de Picos. Em junho de 2005 era fundada a Central de Cooperativas de Cajucultores do Piauí, Cocajupi, a partir da filiação de três cooperativas singulares também criadas com apoio do projeto. Dali até o início de 2006 o complexo cooperativo se completaria com a criação e filiação de outras seis cooperativas singulares (BANCO DO BRASIL, 2010). Assim, a Cocajupi passou a ter a seguinte composição conforme o Quadro 3.

Quadro 3 : Minifábricas de castanha de caju - Piauí

Município	Cooperativa	Sigla	Nº de cooperados
Altos	Cooperativa Agroindustrial de Pequenos Produtores	COOAPP	75
Ipiranga do Piauí	Cooperativa dos Produtores Agrícola de Ipiranga do Piauí.	COMPRAG	54
Vila Nova do Piauí	Cooperativa Agropecuária e Apícola de Vila Nova do Piauí	COOMAVINP	68
Campo Grande do Piauí	Cooperativa Mista Agropecuária e Apícola de Campo Grande do Piauí Ltda.	COOMACAPIL	23
Itainópolis	Cooperativa Agroindustrial dos Cajucultores de Itainópolis Ltda	CAJITA	37
Monsenhor Hipólito	Cooperativa Mista Agroindustrial de Monsenhor Hipólito Ltda	COOMAMH	66
Pio IX	Cooperativa Mista Agroindustrial de Serra Aparecida	COMASA	66
Francisco Santos	Cooperativa Mista Agroindustrial de Francisco Santos.	COMAF	22
Jaicós	Cooperativa Mista Agroindustrial de Jaicós	COMAJ	39
<b>Total</b>			<b>450</b>

Fonte: Banco do Brasil, 2010

Depois de iniciados os projetos do Ceará e do Piauí, a estruturação do projeto no Rio Grande do Norte foi criada (Quadro 4). O desenho inicial contava com a participação da Cooperativa dos Beneficiários Artesanais de Castanha de Caju do Rio Grande do Norte, Coopercaju, formada por cajucultores da Serra do Mel, município de grande produção de caju, situado na região de Mossoró, para ser uma espécie de cooperativa central, para onde fluiria a produção das demais unidades a serem implantadas. No Rio Grande do Norte o desenvolvimento do projeto levou à criação de dois polos de minifábricas: um na região Oeste, conhecida popularmente como “tromba do elefante”, devido à localização geográfica no território potiguar e a semelhança do mapa daquele estado com o animal citado; e o outro na região mais próxima de Natal, denominada Mato Grande (BANCO DO BRASIL, 2010).

Quadro 4: minifábricas de castanha de caju – Rio Grande do Norte

<b>Polo Oeste (tromba do elefante)</b>		
<b>Município</b>	<b>Associação/comunidade/conselho</b>	<b>Nº de associados</b>
Apodi	Associação dos Miniprodutores de Córrego e Sítio Reunidos*	134
Portalegre	Associação das Pequenas Comunidades de Portalegre	259
Severiano Melo	Associação dos Produtores de Castanha de Santo Antônio.	51
Assu	Associação do Projeto de Assentamento de Reforma Agrária Novos Pingos	56
Caraúbas	Conselho de Desenvolvimento Comunitário de Mirandas	26
Campo Grande	Associação Comunitária do Sítio Bom Jesus.	66
<b>Polo Mato Grande (litoral)</b>		
<b>Município</b>	<b>Associação</b>	<b>Nº de associados</b>
Touros	Associação Comunitária dos Produtores Rurais da Vila Assis Chateaubriand	36
Macaíba	Associação do Projeto do Assentamento de Reforma José Coelho da Silva	197
Pureza	Associação dos Produtores Agrícolas de Bebida Velha.	39
Vera Cruz	Associação dos Produtores do Sítio Santa Cruz	120
<b>Total geral</b>		<b>984</b>

Fonte: Banco do Brasil,2010

Para o desenvolvimento do projeto na Bahia (Quadro 5) foi escolhida a região de Ribeira do Pombal, situada no nordeste baiano, pois concentra cerca de 80% da produção de caju desse estado, sendo considerada a unidade central que abastece todas as minifábricas da região (BANCO DO BRASIL, 2010).

Quadro 5: minifábricas de castanha de caju - Bahia

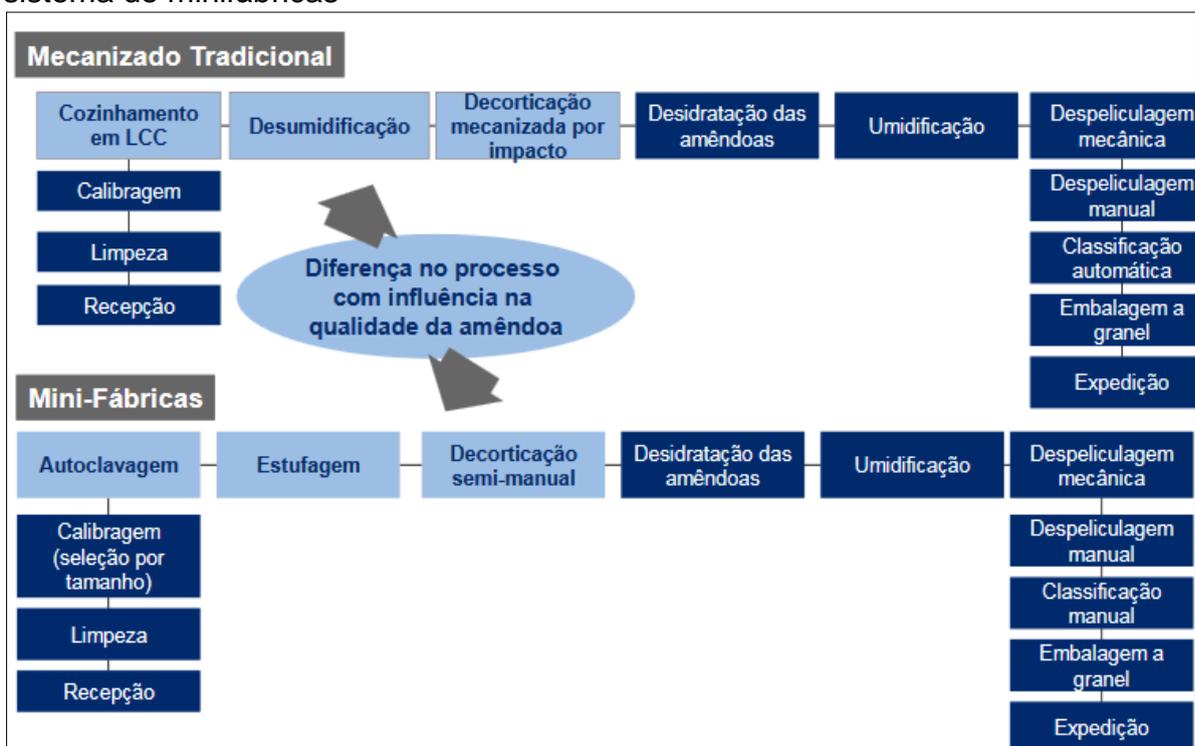
<b>Municípios que possuem fábricas</b>	<b>Municípios beneficiados</b>	<b>Nº de cooperados</b>
Banzaê	Banzaê	67
	Euclides da Cunha	34
	Quijingue	10
Cícero Dantas	Cícero Dantas	32
	Fátima	4
	Heliópolis	2
Ribeira do Amparo* Ribeira do Amparo*	Ribeira do Amparo	39
	Ribeira do Pombal	16
	Cipó	17

Novo Triunfo*	Novo Triunfo	30
	Jeremoabo	9
	Antas	18
	Sítio do Quinto	4
Lamarão**	Lamarão	41
	Sátiro Dias	9
	Água Fria	53
Tucano**	Tucano	20
<b>Total</b>		<b>480</b>

Fonte: Banco do Brasil, 2010

Nas minifábricas de processamento de castanha de caju, o corte é manual e o cozimento da castanha é feito em vapor saturado (Figura 5). Com isto, são obtidos elevados índices de amêndoas inteiras (em torno de 85%) e são preservados os atributos de qualidade relacionados ao sabor, cor e aroma.

Figura 5: Diferenças dos processos de beneficiamento mecanizado tradicional e sistema de minifábricas



Fonte: Leite (1994).

Pessoa *et al* (2006), mostraram a estimativa dos benefícios econômicos gerados pela Embrapa nos anos de 1997 a 2004. Os autores fazem ainda projeções dos benefícios econômicos que seriam gerados pela Embrapa até o ano de 2013, conforme se pode observar na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Estimativa de benefícios econômicos das minifábricas

Ano	Unidade de Medida (T)	Renda com produto s/ agregação (R\$/T) (A)	Renda com produto c/ agregação (R\$/T) (B)	Renda adicional obtida (R\$/T) C + (B - A)	Participação Embrapa (%) (D)	Ganho líquido Embrapa (R\$/T) E = (C x D)/100	Área de expansão (T) (F)	Benefício econômico (R\$/T) G = (E x F)
1997	T	423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	1.000	327.000,00
1998		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	2.000	654.000,00
1999		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	5.000	1.635.000,00
2000		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	8.000	2.616.000,00
2001		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	10.000	3.270.000,00
2002		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	12.000	3.924.000,00
2003		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	14.000	4.578.000,00
2004		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	15.000	4.905.000,00
2005		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	17.000	5.559.000,00
2006		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	18.700	6.114.900,00
2007		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	20.400	6.670.800,00
2008		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	22.100	7.226.700,00
2009		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	23.800	7.782.600,00
2010		423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	25.500	8.338.500,00
2011	423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	27.200	8.894.400,00	
2012	423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	28.900	9.450.300,00	
2013	423,00	1.077,00	654,00	50	327,00	30.600	10.006.200,00	

Fonte: Pessoa *et al* (2006)

A renda líquida auferida com a produção de uma tonelada de castanha de caju, sem nenhum processamento, foi estimada em R\$ 423,00 enquanto a receita líquida obtida com o processamento de uma tonelada de castanha de caju em minifábrica foi de R\$ 1.077,00. Nestas condições, o processamento da castanha de caju em minifábrica promove uma agregação de valor de 155%, o que representa um incremento de R\$ 654,00 de renda líquida em cada tonelada de castanha de caju processada (PESSOA *et al*, 2006).

### 3 ESTADO DA ARTE DO PROCESSAMENTO DA CASTANHA DE CAJU

Um dos principais objetivos do processamento da castanha-de-caju é a remoção da amêndoa, preservando seus atributos de integridade, cor e tamanho. Amêndoas inteiras obtêm preço mais elevado do que os pedaços quebrados. As de tonalidade pálida, cor de marfim ou brancas são preferíveis às coloridas ou queimadas (PAIVA; NETO, 2013).

O processo de beneficiamento da castanha de caju pode ser feito basicamente por três tipos de processo: manual, o mecanizado e o semi-mecanizado. O que determina a diferença entre os processos é na verdade a tecnologia utilizada no descasque da castanha, e este pode ser feito manualmente, por corte mecanizado ou semi-mecanizado.

O processo manual é o beneficiamento mais utilizado na Índia, país que apresenta abundante mão de obra. Apesar de não ter uma produção expressiva como no Brasil, é o maior exportador de ACC, comprando a produção de outros países. O preparo para o corte no processo “indiano” é basicamente igual a qualquer outro, utilizando-se do LCC quente ou do cozimento das castanhas a vapor. O diferencial desse processo consiste no corte que é feito com martelos de madeira. A produtividade está em torno de 1-10 Kg por oito horas de trabalho, com um rendimento de 90 a 95% em termos de amêndoas inteiras (GUALBERTO FILHO; FIGUEIREDO, 1997).

Os processos mecanizado e semi-mecanizado são os mais utilizados no Brasil. No sistema mecanizado todo o processamento é eminentemente mecânico, desde a limpeza da matéria-prima em esteiras vibradoras, até a embalagem. O corte é realizado por descorticadoras que tem uma ótima produtividade, chegando a fazer uma média de 1000 caixas por dia, mas apresenta um baixo rendimento em termos de amêndoas inteiras, cerca de 60-65%. As máquinas são fabricadas por empresas inglesas e italianas, embora já existam metalúrgicas no Ceará que fabriquem o mesmo tipo de máquina, com poucas modificações. A tecnologia Oltremare foi pioneira no sistema automatizado de corte da castanha de caju, onde o processo é baseado pelo comando de corte de duas facas. Já a tecnologia Sturtevant e variações foram introduzidas no País pela empresa Brasil Oiticica S.A. Neste

processo emprega-se força centrífuga de rotor com velocidade controlada, onde as castanhas são arremessadas pelo disco contra o invólucro sólido da máquina, cujo impacto permite a abertura da castanha e obtenção da amêndoa (GUALBERTO FILHO; FIGUEIREDO, 1997; PAIVA; NETO, 2013).

No sistema semi-mecanizado, utilizado em minifábricas, as castanhas são cozidas em autoclave (processo de semivácuo a vapor) e são cortadas individualmente com auxílio de navalhas em máquinas manuais. O processo manual gera uma castanha de melhor qualidade, cor e sabor, além de maior quantidade de amêndoas inteiras que são mais valorizadas no mercado (PAIVA *et al.*, 2006).

### **3.1 Processamento da castanha de caju em pequena escala na Índia**

Após o Brasil, a Índia é o segundo maior país em extensão para a área cultivada, bem como a produção de castanha de caju. Hoje, o caju é cultivado em cerca de 720.000 ha na Índia, produzindo uma produção de 450 mil MT por ano e uma produtividade média de 710 kg/ha (HARILAL *et al.*, 2006).

Os portugueses introduziram o caju na Índia já na segunda metade do século XVI, mas seu valor comercial só foi realizado no século XX. A expansão do mercado global de amêndoas de caju na década de 1960 levou a Índia a adotar uma abordagem sistemática e integrada para desenvolver a economia do caju, que seria tentar reduzir a dependência da Índia de castanhas cruas importadas. Em meados da década de 1960, o governo lançou um programa de desenvolvimento do caju e, em 1966, foi criada uma diretoria separada do Desenvolvimento da castanha de caju sob o Ministério da Agricultura.

Como resultado, a Índia tem testemunhado uma expansão notável na área cultivada, com a produção expandida de Kerala e Tamil Nadu para incluir Karnataka, Orissa, Maharashtra e Andra Pradesh. No entanto, apesar da expansão da produção, a indústria de transformação ainda é fortemente dependente de castanha de caju cruas importadas. (HARILAL *et al.*, 2006). Os principais fornecedores de castanha são os países africanos e a Indonésia, que abastecem principalmente a indústria processadora da Índia (SOUZA FILHO, *et al.*, 2010).

O crescimento da indústria processadora na África tem se estabelecido

como uma ameaça para a indústria indiana não apenas devido ao seu possível crescimento no mercado internacional de ACC, mas também pela redução das exportações africanas de castanha. Sem o fornecimento africano, a sobrevivência da indústria indiana de ACC passa a depender do crescimento da produção doméstica de castanha (SOUZA FILHO, *et al.*, 2010).

A Índia é o principal país de processamento de caju na Ásia. A força de trabalho altamente qualificada e os baixos custos trabalhistas na Índia permitiram que ele tivesse um monopólio virtual sobre o processo manual de caju por muitos anos. As castanhas de caju cruas foram tradicionalmente enviadas da África para a Índia para o processamento, devido à reputação da alta qualidade do processamento na Índia (AZAM-ALI; JUDGE, 2001).

A torrefação aberta em bandeja é usada por processadores tradicionais do caju na Índia. Esta técnica de torrefação é muito simples e utiliza um artefato manual de simples construção e operação. No entanto, requer habilidade e conhecimento para evitar a queima das nozes. A panela de cozimento é um prato aberto circular de aço carbono, medindo 600 a 675 mm (2 a 2,5 pés) de diâmetro, apoiado sobre suportes de forma a receber fogo direto na sua parte inferior. Entre 1,0 e 1,5 kg de castanhas cruas são colocados dentro da panela por cada ciclo de operação. As castanhas são aquecidas na panela, com agitação constante, para evitar a queima, conforme indicado na Figura 6.

Figura 6: Processo de produção de amêndoas em pequena escala – Índia



Fonte: Azam-Ali; Judge (2001)

À medida que as castanhas aquecem, o Líquido da Castanha de Caju (LCC) é exsudado para a panela e eventualmente, se inflama, produzindo nuvens de espessa fumaça preta para o ambiente. Após aquecimento, e queima, por cerca de dois minutos (comprovado por experiência) a panela é subitamente resfriada por adição de água e as castanhas são jogadas fora e deixadas refrigerar no meio ambiente, por um período durante o qual as cascas tornam-se frágeis e podem ser prontamente removidas da casca, conforme descrição por Azam-Ali e Judge (2001).

Segundo Azam-Ali e Judge (2001), esse tipo de fritura pode levar o LCC ao estado de ignição, o qual é indesejável do ponto de vista técnico, uma vez que pode polimerizar o LCC, além de causar fumaças tóxicas que geram impactos ambientais prejudiciais à saúde dos operadores destas unidades.

Com essa tecnologia amplamente praticada na Ásia e África, são produzidas amêndoas claras que têm sido preferidas nos mercados americanos e europeus, embora levemente manchadas por LCC. Deve ser, no entanto, observado os fortes impactos ambientais nos lugares aonde são produzidas este tipo de amêndoas.

### **3.2 Processamento da castanha de caju em minifábricas no Brasil**

O modelo de beneficiamento de castanha de caju nas minifábricas é um sistema adotado por pequenas unidades particulares, associações comunitárias e cooperativas, que buscam a comercialização da amêndoa no mercado interno, por produzirem amêndoas com atributos de qualidade superior a outros processos descritos (PAIVA; NETO, 2013). Porém, a exportação da amêndoa já é uma realidade em muitas minifábricas como a de Piauí, nas regiões de Picos e Inhuma; no Ceará, nas unidades de Pacajus e Barreiras, e no Estado do Rio Grande do Norte, na Serra do Mel (PAIVA *et al.*, 2003).

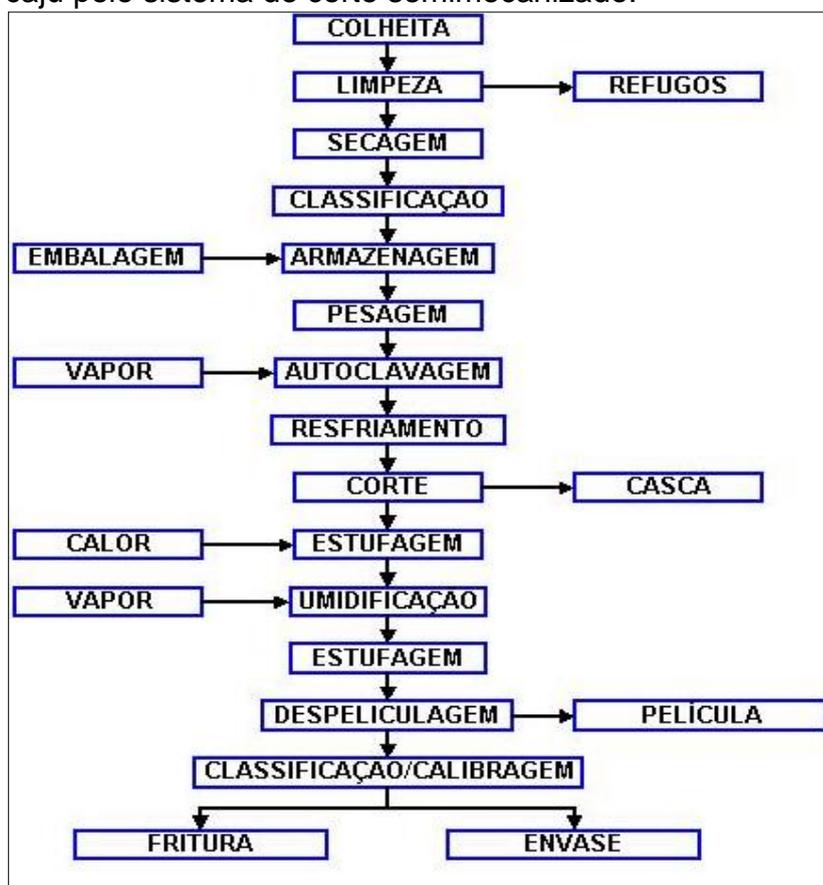
As minifábricas incorporam novos avanços em equipamentos e processos, permitindo a obtenção de amêndoas inteiras e alvas em maior proporção e com melhor qualidade e possibilitando a inserção de pequenos e médios produtores no agronegócio castanha de caju, com níveis de processamento adaptados às condições de pequena e média escala de industrialização (PAIVA,

SILVA NETO, PESSOA, 2000).

O processamento da castanha do caju utilizando o processo de corte semimecanizado, característico nas minifábricas, produz uma amêndoa diferenciada e de melhor qualidade, porém sua eficiência e produtividade são inferiores se comparadas as grandes fábricas, não chegando a competir nem em custo e nem em escala de produção com a indústria que adota o processo mecanizado.

A competitividade das minifábricas de castanha em comparação com o corte mecanizado que produz em maior escala e menor custo, está na obtenção de amêndoas inteira no final do processo, que chega a superar em até 40%, quando comparado somente o atributo de integridade física. Outra vantagem do corte manual está na qualidade final da amêndoa com relação à cor e o sabor (SILVA NETO, 2000). O fluxograma do processo de produção de castanha de caju nas minifábricas no Brasil está indicado na Figura 7.

Figura 7: Fluxograma do processamento da castanha de caju pelo sistema de corte semimecanizado.



Fonte: Silva Neto (2000).

De acordo com o que pode ser observado no fluxograma de processamento semimecanizado da castanha, a descrição quanto à classificação e tipo de castanha está descrito a seguir:

- Quanto à classificação, o tamanho das castanhas é realizado num tambor rotativo (Figura 8) que dispõe de uma tela perfurada de aço carbono com capacidade para 300 kg/h, possuindo quatro seções com diâmetros de 18 mm, 21 mm, 24 mm, 27 mm, juntamente com porta-rotor de madeira. Após classificação as amêndoas são armazenadas de acordo com os seus tamanhos. Antes do processamento é feita uma pesagem para controle do rendimento do processo.

Figura 8: Tambor Rotativo



Fonte: Elaborada pelo autor

- Quanto ao cozimento, é utilizado um vaso cilíndrico (Figura 9) construído em aço carbono, contendo uma camisa por onde circula o vapor saturado que transfere calor para as amêndoas contidas no interior do vaso, o qual é munido de manômetro que tem o objetivo de controlar a pressão do vapor e conseqüentemente a temperatura de vapor saturado. Além do visor de nível, para controlar o nível da

água no vaso, válvula de segurança para evitar superaquecimento, montado em base de ferro com queimador a gás de cozinha, com capacidade para processar 50 kg de castanha por batelada que estão imersas em água. Após o cozimento as castanhas são resfriadas para posterior abertura. Diferentemente do vaso aberto de cozimento utilizado na Índia, o processo utilizado nas minifábricas não extrai LCC, o qual fica contido nas cascas para posterior extração por diferentes métodos, notadamente pela utilização de solvente (hexano), originando um tipo de LCC caracterizado como natural. Posteriormente, esse material é especificado nas inovações patenteadas e inseridas no corpo desta patente.

Figura 9: Cilindro de cozimento



Fonte: Elaborada pelo autor

- Com relação à abertura das castanhas, ela é realizada por uma máquina manual (Figura 10), a qual separa a castanha em duas metades (cascas), de onde são retiradas manualmente as amêndoas, despeliculadas para seleção e classificação de acordo com normas internacionais, para em seguida ser feita a torrefação, salga e embalagem hermética para fins de comercialização. Atualmente, as películas separadas são queimadas para geração de calor e utilização no processo. Vale observar que essas películas contêm taninos que tem aplicações potenciais no setor de curtimento de couros.

Figura 10: Máquina de corte manual



Fonte: Elaborada pelo autor

### **3.3 Processamento termomecânico de castanhas de caju realizados em grandes unidades no Brasil, Vietnam e em outros países.**

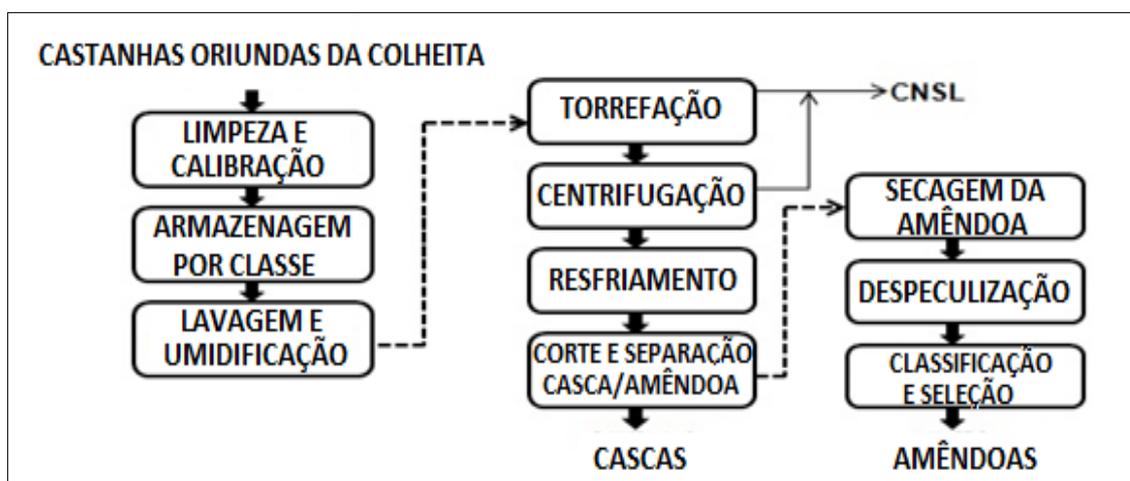
O processo termomecanizado de beneficiamento da castanha de caju praticado no Brasil e no Vietnam se caracteriza pela operação de descasque ou corte automático da castanha. É uma operação delicada e dificultada pela estrutura da casca da castanha, que por ser elástica e dura, favorece a ocorrência de danos e conseqüentemente a possível contaminação da amêndoa pelo líquido da casca da castanha do caju (LCC). Este fato explica porque a castanha produzida no Brasil não compete com aquela produzida na Índia no que se refere à cor da amêndoa e o preço.

No Brasil, geralmente a produção chega às fábricas sem normas para sua aceitação e é recebida sem uma inspeção apropriada, em muitos casos, esta matéria-prima vem acompanhada de lixo, por uso de má fé dos atravessadores que pretendem lucrar com o aumento do peso dos sacos. Por conta disso, geralmente acontece de 40 a 45% de a matéria prima chegar a empresa com brocas ou outras lesões que provocam a depreciação do produto final, a amêndoa (FIGUEIREDO; FILHO, 1997).

A absorção do LCC (líquido da casca da castanha) pela amêndoa é outro problema encontrado durante o processo de cozimento, onde é necessário as castanhas receberem um banho em LCC quente para facilitar sua abertura e remoção da amêndoa. No processo de corte, as amêndoas que saem da máquina praticamente despeliculadas, absorvem o LCC ficando escurecidas e com gosto amargo, perdendo o seu valor para o comércio internacional (FIGUEIREDO; FILHO, 1997).

Conforme indicado na Figura 11, o processo termomecânico praticado no Brasil, nas grandes unidades de produção de amêndoas, apresenta como principal problema o cozimento da castanha, realizado utilizando-se o próprio LCC como meio de aquecimento em temperaturas elevadas, da ordem de 200° C (CARIOCA *et al.*,2008).

Figura 11: Fluxograma do processo termomecânico de produção castanha de caju



Fonte: Carioca *et al.* (2008a)

Uma ameaça à indústria brasileira é o crescimento tanto da produção de castanha quanto da capacidade de processamento do Vietnã, cujas bases de produção são novas e sustentadas por forte apoio governamental e baixo custo da mão de obra, além da energia barata. O governo tem incentivado a implantação de unidades de processamento modernas, adotando padrões de qualidade reconhecidos, como a certificação ISO (*International Organization for Standardization*), razão pela os importadores têm aumentado suas compras de processadores do Vietnã. A outra razão é que a castanha vietnamita tem atendido

melhor a padrões de demanda em termos de cor, umidade, aroma e percentual de castanhas quebradas (HARILAL *et al.*, 2006).

Os novos exportadores do Vietnam têm ganhado mercados do Brasil e da Índia, comprimindo as margens dos concorrentes e impondo a necessidade de reestruturação produtiva nesses dois países (SOUZA FILHO *et al.*, 2010).

#### 4 CADEIA PRODUTIVA

O conceito de cadeia produtiva foi desenvolvido como ferramenta de visão sistêmica. Partindo da premissa que a produção de bens pode ser representada como um sistema, onde os diversos atores estão interconectados por fluxos de materiais, de capital e de informação, objetivando suprir um mercado consumidor final com os produtos do sistema (CASTRO; LIMA; CRISTO, 2002).

A ideia de cadeia produtiva teve início nos anos 1950 pelos professores Davis & Goldberg, quando eles desenvolveram o conceito de agrobusiness. Esta definição foi logo em seguida introduzida no Brasil com a denominação de complexo agroindustrial, negócio agrícola e agronegócio, sendo definido não apenas em relação ao que ocorre dentro dos limites das propriedades rurais, mas também no que engloba a todos os processos interligados que propiciam a oferta dos produtos da agricultura aos seus consumidores (ZYLBERSZTAJN, 1994).

Contudo, devido à abrangência do conceito de agronegócio, o termo em questão nem sempre é adequado à formulação de estratégias setoriais, principalmente quando se trata de promover a gestão tecnológica ou de inovação e desenvolvimento. Por isso, o conceito foi desenvolvido, adicionalmente, para criar modelos de sistemas dedicados à produção, que incorporassem todos os envolvidos no processo produtivo. Deste modo surgiu o conceito de cadeia produtiva, como subsistema (ou sistemas dentro de sistemas) do agronegócio. (CASTRO *et al.*, 1996).

Para Chowdhury e Chowdhury (2011) a agricultura é um setor chave da economia em muitos países em desenvolvimento e o fortalecimento desse setor requer uma melhor acessibilidade aos serviços financeiros, levando-se em conta que a maioria das pessoas nos países em desenvolvimento vive em áreas rurais e estão envolvidos em atividades agrícolas. Nesses países, a agricultura é o pilar da economia, assim como os outros setores do comércio, indústria e serviços públicos e privados. No caso da cajucultura, considerando as atividades agrícolas voltadas a pequenos produtores familiares, a consolidação da cultura como meio sustentável de vida pode combinar características sociais já existentes com atividades de mercado.

A abordagem de Desenvolvimento Local Sustentável destaca a dimensão territorial do desenvolvimento considerando como atores sociais as pessoas e as instituições envolvidas em certos segmentos de reprodução social. Dessa forma, as regiões devem explorar características e potencialidades próprias, na busca de especialização de atividades que lhes tragam vantagens comparativas de natureza econômica, social, política e tecnológica (TRENTIM; PADILHA, 2006). O desenvolvimento rural está fortemente ligado ao aproveitamento das suas potenciais vantagens, tornando rentáveis as peculiaridades naturais e culturais, em detrimento da tradicional exploração das vantagens técnicas da agricultura moderna (VIEIRA, 2008).

Assim, a organização de pequenos produtores é de suma importância para a sua inserção como atores ativos na cadeia produtiva. As vantagens obtidas pelo fortalecimento da cadeia devem possibilitar o aumento da renda, respeitando a preservação dos recursos naturais renováveis.

Em resumo, regiões que apresentam menor vigor econômico, como no caso do semiárido brasileiro, atividades como a Cajucultura apresentam características propícias e surgem como catalisadoras de oportunidades de geração de renda e valorização social. Daí a importância de consolidar e valorizar essa atividade, no sentido de garantir condições para desenvolver a produção e gerar renda aos produtores, mantendo-os no meio rural.

#### **4.1 Cadeia produtiva do caju**

A cultura do cajueiro é explorada por cerca de 195 mil produtores, onde 75% deles são compostos por pequenos produtores possuindo áreas inferiores a 20 hectares. Estimam-se aproximadamente 250 mil empregos diretos e indiretos na projeção anual, cuja importância é ainda maior devido à época de maior demanda da mão de obra (colheita) coincidir com a entressafra das culturas anuais de subsistência (SERRANO; PESSOA, 2016).

Na região produtora de caju no Nordeste brasileiro, o parque industrial é constituído de grandes fábricas e dezenas de minifábricas processadoras de castanha, cuja capacidade atual de beneficiamento gira em torno de 300 mil

toneladas de castanhas. Destacam-se também as fábricas e minifábricas processadoras de suco, e as minifábricas de cajuína e doces (SERRANO, PESSOA, 2016).

Conforme Leite e Pessoa (2004): “O agronegócio do caju no Nordeste brasileiro surgiu como atividade econômica por ocasião da II Guerra Mundial para atender a demanda dos Estados Unidos pelo Líquido da Casca de Castanha de Caju (LCC), que, na época, constituía insumo estratégico para a fabricação de tintas, vernizes, pós de fricção, lubrificantes e isolantes elétricos, dentre outras aplicações. Depois do período bélico, estabeleceu-se um processo de exportação de amêndoas de castanha de caju – ACC para os Estados Unidos, por parte do Brasil, enquanto que a Índia fornecia para a então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. Essa geopolítica comercial durou até o ano de 1982, uma vez que, a partir de 1983, a URSS praticamente deixou de adquirir ACC, fazendo com que a Índia passasse a disputar com o Brasil o atrativo mercado norte-americano.”

No Brasil, a maioria dos cajucultores se limita a fornecer a castanha. Nas propriedades rurais, a castanha é separada do pedúnculo e vendida, em sua grande maioria, para intermediários, que repassam para grandes indústrias. Grandes produtores, devido à sua capacidade de obter maior escala na entrega, conseguem vender castanha diretamente para a indústria de processamento, o que não ocorre com os pequenos produtores que ficam dependentes da determinação do preço da sua produção via intermediários, perdendo o poder de decisão dentro da cadeia produtiva. Esses conflitos podem causar perda de competitividade do produto nacional no mercado internacional (FIGUEIREDO *et al*, 2009).

No setor industrial há um nítido desinteresse pela oferta de produto de qualidade. Conseqüentemente, não existe uma política de pagamento pela matéria-prima de padrão superior, levando a comercialização de grande quantidade de amêndoas manchadas e brocadas (PAULA; LEITE, 2004).

Outro fator em questão é quanto ao uso do pedúnculo de caju, em que o seu aproveitamento industrial é inferior a 12%, e que sua utilização na integração com outros fatores na propriedade não ocorre de forma sistemática (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

Trata-se, portanto, de uma cadeia produtiva muito assimétrica quando se consideram os agentes envolvidos e os mecanismos de transmissão de preços; e desarticulada quanto à qualidade dos produtos finais e suas consequências na pauta do mercado internacional.

## **4.2 Causas da desarticulação da cadeia produtiva de caju**

Embora o agronegócio do caju confirme toda a sua importância no âmbito do desenvolvimento econômico e social da Região Nordeste do Brasil, no decorrer dos últimos anos este setor vem apresentando obstáculos que estão comprometendo sua posição no mercado mundial.

Alguns desses problemas que podem ser apontados são: produtividade baixa devido ao uso de material genético heterogêneo; manejo inadequado dos pomares; falta de recursos financeiros e/ou resistência dos produtores para uma modernização da atividade; baixo valor bruto de produção por hectare; desperdício do pedúnculo; necessidade de melhoria da qualidade dos produtos do caju visando maiores rendimentos industriais, com base na inovação tecnológica; problemas cambiais; e preços elevados dos insumos básicos de qualidade (FIEC, 2007; FRANÇA *et al.*, 2008).

França *et al.* (2008) ressaltam que em face do exposto, verifica-se a necessidade de uma significativa melhoria nos níveis de competitividade em todos os elos da cadeia produtiva. Sobretudo na promoção de qualificação e capacitação de recursos humanos como consequência das atividades de criação e difusão de inovações e novas tecnologias.

A seguir serão discutidas separadamente as principais causas da desarticulação da cadeia produtiva do caju e a identificação dos elos desta cadeia que dão origem a essa problemática.

### **4.2.1 Fatores climáticos**

O baixo desempenho de atividade da cultura do caju em termos de lucratividade e rendimento por hectare foi agravada por um longo período de seca e ocorrência de pragas e doenças, que causaram não somente a quebra de safra, mas

também a morte de grande número de plantas, principalmente as mais antigas, como o cajueiro gigante. Assim, a oferta de castanha de caju na região não está conseguindo suprir a demanda interna (VIDAL, 2016).

De acordo com a ETENE (BNB,2009) foram estimadas 295 mil toneladas por ano a capacidade instalada de processamento de castanha de caju no Nordeste, porém, a região só está conseguindo produzir em torno de um terço dessa quantidade.

O ano de 2016 foi o quinto ano consecutivo de seca, onde as chuvas chegaram atrasadas no Cariri, região em que normalmente as precipitações pluviométricas se iniciam nos meses de novembro/dezembro. Foram precipitações do período de pré-estação e foram de baixa pluviometria entre 12 e 31 milímetros. As chuvas foram ocasionadas por atuação de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis, sistema meteorológico característico dessa época do ano.

Com a seca, veio também a ocorrência de pragas e doenças de plantas, como mosca branca, antracnose e oídio, causando elevado índice de mortalidade de plantas nos principais estados produtores de caju. O Ceará, aparentemente foi o estado em que ocorreu o menor percentual de morte de plantas, pois apresentou a menor redução de área (VIDAL, 2016; IBGE, 2016). Esse dado revela a substituição de partes do cajueiral perdido por novos plantios de cajueiro anão precoce no Estado.

Tomando-se com base a área colhida no período de 2008 a 2016 (Tabela 2), observa-se que o cajueiro gigante vem apresentando redução de área. Neste período, houve uma redução de 62.894 hectares. Trata-se de cajueiros antigos, na maior parte plantados ainda na década de 70, financiados pelo Estado, e esta redução é decorrente da substituição de copa pelo cajueiro anão precoce, através do Programa realizado pela Secretaria Estadual de Desenvolvimento Agrário do Ceará, ou de morte, sobretudo nos recentes anos consecutivos de seca, produzindo uma grande quantidade de lenha. Como são cajueiros antigos e na grande maioria sem tratamentos culturais, seu rendimento médio em uma safra normal também vem decrescendo, hoje se estimando 330 kg/ha, mas, tendo sido obtidos, no corrente ano, 55 kg/ha.

Tabela 2: Áreas colhidas de castanha de caju do Ceará de 2008 a 2016

<b>Castanha de caju</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
	<b>Hectares</b>								
Comum	343614	322675	333439	332833	329840	331076	306877	283418	280720
Anão Precoce	43143	53863	67908	69422	70445	74382	71217	91011	95350

Fonte: LSPA (2016).

Observa-se um crescimento da área do cajueiro anão precoce, que passa de 43.143 ha em 2008 para 95.350 hectares em 2016, um crescimento na área colhida de 52.207 hectares, resultante de esforços da EMBRAPA e de dois importantes Programas coordenados pela Secretaria Estadual de Desenvolvimento Agrário do Ceará, através da EMATERCE: Programa de Substituição de Copas e Programa de Distribuição de Mudanças (ADECE, 2016).

Porém, mesmo apresentando um crescimento expressivo de área colhida, os cinco anos consecutivos de seca ocasionou a morte de diversos cajueiros desta variedade e parte das mudas distribuídas também não se desenvolveram. O rendimento médio observado em uma safra normal é estimado hoje em 613 kg/ha, pois tem havido sempre a ocorrência de problemas fitossanitários, e nem todos os produtores realizam tratamentos culturais, e os novos plantios iniciam com um rendimento menor, contudo esta variedade tem potencial para produzir até 1200 kg/ha. Este ano foram obtidos 160 Kg/ha (ADECE, 2016).

O advento da seca a partir de 2012 resultou na redução considerável da área plantada com a cultura do caju nos estados do Rio Grande do Norte e Piauí. Em se tratando do Ceará, a expansão da área com cajueiro se estendeu até 2013, foi a partir de 2014 que a perda de área superou as novas áreas implantadas no estado (Tabela 3) (IBGE, 2016).

Tabela 3: Área plantada em hectares com cajueiro no Brasil por região e estados do Nordeste entre 2005 e 2015.

Brasil/Re- gião/UF	Ano											Part. (%)
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Norte	2.701	2.932	3.063	3.561	3.153	3.408	3.620	3.845	3.629	3.030	2.945	0,5
Nordeste	697.206	706.418	727.401	743.180	770.415	755.982	760.140	760.465	704.467	634.667	615.488	99,4
Maranhão	15.783	18.339	18.426	19.101	18.621	19.557	18.875	16.999	16.091	14.438	11.968	1,9
Piauí	161.598	159.389	172.712	179.395	184.145	171.420	171.525	170.296	133.328	92.674	87.474	14,1
Ceará	368.911	371.032	376.141	386.757	396.538	401.527	402.255	403.373	405.466	378.146	389.358	62,9
Rio G. do Norte	115.408	114.754	116.483	116.685	129.227	121.552	126.211	129.507	116.898	114.812	96.120	15,5
Paraíba	7.900	8.021	8.056	8.102	7.905	7.297	5.671	5.432	4.734	4.127	4.139	0,7
Pernambuco	6.810	6.548	6.625	7.566	7.260	7.337	8.531	6.305	3.817	3.611	3.821	0,6
Alagoas	270	1.147	1.165	1.259	1.259	1.444	1.345	1.373	1.169	1.169	1.174	0,2
Bahia	20.526	27.188	27.793	24.315	25.460	25.848	25.727	27.180	22.964	25.690	21.434	3,5
Centro-Oeste	526	1.054	1.354	1.707	1.657	720	715	720	712	818	763	0,1
Brasil	700.433	710.404	731.818	748.448	775.225	760.110	764.475	765.030	708.808	638.515	619.196	100,0

Fonte: IBGE (2016).

#### 4.2.2 Cultivo de cajueiro-gigante de idade avançada

O cajueiro, planta nativa do Brasil, teve sua dispersão realizada por colonizadores desde o século 16, sendo encontrado em diversos locais do mundo vegetando e produzindo mesmo em condições ecológicas consideradas insatisfatórias, o que lhe confere a característica de uma planta rústica com grande capacidade adaptativa (SERRANO; OLIVEIRA, 2013; FROTA; PARENTE, 1995). Essa rusticidade é interpretada por muitos como uma ausência de necessidade de realizar os devidos tratamentos culturais adequados que são recomendados para tantas outras culturas.

Os primeiros plantios comerciais foram realizados de forma expansiva, resultando em aumento de área cultivada e aplicação incipiente de tecnologia. Dessa forma, para se obter altas produções de castanha, era preciso o cultivo de áreas extensas (SERRANO; OLIVEIRA, 2013).

Nos anos 1980, a maioria dos plantios existentes no Nordeste brasileiro era proveniente do plantio direto da semente ou em mudas de pé-franco do cajueiro-comum em covas de tamanho reduzido e sem fertilizantes, o que gerou um número significativo de pomares desuniformes, de baixa produtividade e rentabilidade (LOPES et al.,1987; PARENTE; BUENO,1991; PARENTE; OLIVEIRA,1995).

A caracterização de que um dos principais entraves ao maior desenvolvimento da cajucultura seria o baixo rendimento dos cajueiros, devido a sua idade avançada após 30 anos de produção, levou a EMBRAPA a investir em novas tecnologias, principalmente a do cajueiro anão precoce (CP76, Faga 1, Faga 11, entre outras). Para viabilizar a expansão do caju com base nestas variedades formou-se, em 1998, um grupo de trabalho, chamado de Plataforma Caju, com apoio do SEBRAE, EMBRAPA, FAEC, FIEC e BNB. Como parte deste acordo, o BNB aumentou consideravelmente a alocação de crédito para plantio de caju anão precoce e para abertura de fábricas de processamento de castanha (minifabricas e cooperativas). (GUANZIROLI *et al.*, 2009).

Entretanto, O pequeno produtor tradicional, mesmo com os preços baixos, continua produzindo e vendendo castanha do tipo tradicional (gigante) em função dos baixos custos, pois além de se tratar de uma atividade que usa trabalho familiar não-pago, não oferece riscos de prejuízos. Para se modernizar e arcar com os tratos culturais maiores e o uso de insumos, o produtor teria que assumir o risco de se endividar. Entretanto, a renda extra pode não compensar o investimento e o risco (BNB, 2009).

Este fato pode ser melhor compreendido tendo em vista as exigências quanto aos tratos culturais que são necessários para que o cultivo de cajueiro-anão seja produtivo, como por exemplo: calagem, adubação, aplicação de defensivos e irrigação. Além disso, é necessário intensificar trabalho em operações de limpeza da área, poda e outras mais. O custo de manutenção da cultura é alto e o lucro obtido com venda dos produtos (castanha e pedúnculo) não é, muitas vezes, economicamente satisfatório (BNB, 2009).

### **4.2.3 Relação entre o pequeno produtor e os atravessadores**

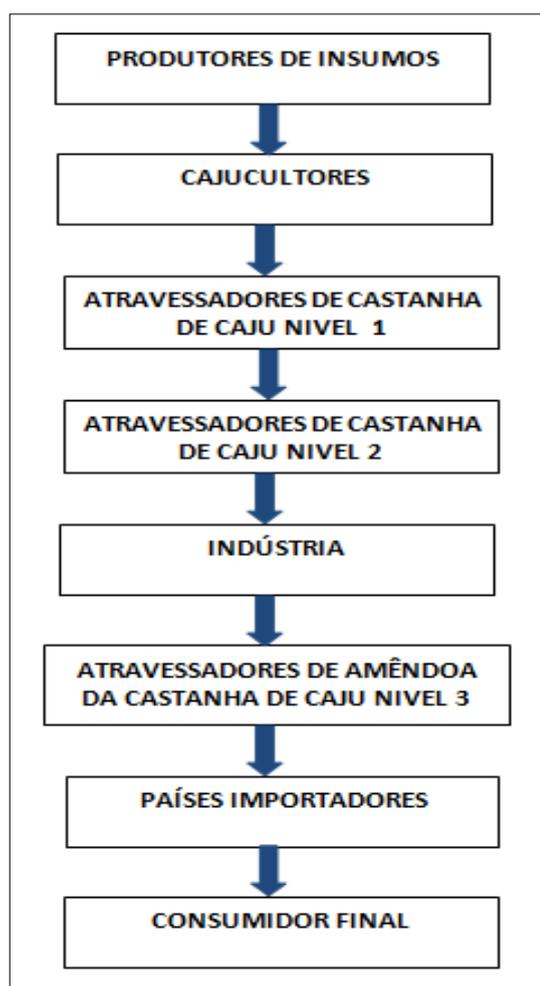
A quase totalidade dos pequenos produtores comercializa suas safras (pedúnculo e castanha) com compradores intermediários (conhecidos como 'atravessadores'), que, ao apresentarem maiores volumes, realizam a comercialização com as indústrias. Nesse tipo de transação comercial, o atravessador representa determinada importância por sua proximidade com o produtor, garantindo a este os riscos da não comercialização do seu produto, porém, o produtor, por não ter alternativas de escolha, acaba recebendo um valor menor pela sua produção (SERRANO; PESSOA, 2016).

A comercialização que é estabelecida entre os produtores e os atravessadores é tradicionalmente realizada sem a existência de contratos formais e sem acordos prévios de fornecimento. Geralmente, há uma clara referência da prática de escambo, pois há casos em que a produção é trocada por alimentos e outros artigos de primeira necessidade em mercearias e armazéns. Em outro momento, o valor da produção pode ser negociado de acordo com a necessidade de faturamento imediato, o que reforça os baixos preços de venda (MATOS, 2004).

Um agravante dessa problemática é que a base produtiva dispersa e desinformada favorece a ação dos atravessadores, que atuam em dois níveis (Figura 12). No primeiro nível, consolidam a difusa produção. No segundo, eles a repassam ao elo seguinte da cadeia, constituído por outros atravessadores - que finalmente vendem a matéria prima às indústrias de transformação, aumentando o nível de intermediação.

Por outro lado, a indústria busca matéria-prima de extrema qualidade, tendo em vista estar voltada principalmente para a exportação, mas não a obtém nas proporções desejadas, devido ao fato de que os pequenos produtores locais não podem aumentar a produtividade, e nem tampouco gerar economias de escala, assim como investirem em melhorias tecnológicas significativas e elevarem seus custos. Estes fatores deixam seus preços incompatíveis com os preços pagos pelos atravessadores.

Figura 12: Comercialização por intermédio de atravessadores



Fonte: Adaptado de Bastos e Costa (2008).

Desta forma, o baixo preço pago a eles pela castanha, faz com que seus problemas aumentem e conseqüentemente os problemas de suprimento se agravem ao longo do tempo. Instala-se um círculo vicioso, difícil de ser rompido sem tomada de consciência ou intermediação externa (COSTA, 2008).

#### **4.2.4 Industrialização da castanha nas grandes fábricas**

O agronegócio da castanha de caju na região Nordeste do Brasil possui um parque de processamento que iniciou sua produção entre os anos 70 e 80 e não mostrou avanços significativos no uso de novos equipamentos e / ou novos processos consistentes com a evolução tecnológica da indústria de alimentos. No ano 2000, a capacidade industrial de caju tinha 23 grandes fábricas que trabalhavam com um processo de corte mecanizado, com capacidade anual para processar cerca

de 240 mil toneladas de nozes e trabalhava com uma capacidade ociosa de cerca de 50% (PAIVA *et al*, 2000).

Com o corte mecanizado são obtidos elevados índices de amêndoas quebradas, enquanto o processo de cozimento adotado favorece a ocorrência de amêndoas manchadas, devido à própria impregnação do LCC. Nestas condições, a indústria processadora de castanha de caju no Brasil obtém somente 55% de amêndoas inteiras, enquanto a Índia, que é historicamente o maior competidor brasileiro, consegue 85%.

Vale ressaltar que a diferença de preço entre amêndoas inteiras e amêndoas quebradas é uma indicação de qualidade percebida pelo mercado importador, tendo em vista que a integridade das amêndoas é o principal atributo de qualidade, pois uma amêndoa inteira chega a ter o dobro do valor de uma amêndoa quebrada (PESSOA *et. al.* 1995).

A aparente produtividade elevada do processo utilizado pela indústria tradicional, em virtude do corte das castanhas ser automatizado, é contrariada quando se depara com a baixa qualidade expressa pelo grande índice de amêndoas quebradas, que somados a não conformidade dos atributos exigidos pelo mercado com relação ao sabor, cor e aroma, que determinam uma baixa agregação de valor e um resultado final pouco competitivo (PESSOA *et. al.* 1995).

Esse fato apresenta dois graves problemas: o primeiro diz respeito à polimerização do LCC, um subproduto da indústria da produção de amêndoas de caju, caracterizada comercialmente como LCC técnico, exportado para o mercado internacional como uma matéria-prima de baixo valor comercial (US\$ 300/ tonelada), cuja principal utilização é na produção de resinas fenólicas, que são produtos de baixo valor agregados (US\$ 500/tonelada), utilizadas, principalmente, em sistemas de frenagem ou vendidos como pesticida. (MATOS; SILVA; VIEIRA, 2008)

O segundo problema refere-se a gravidade toxicológica do LCC, tendo em vista que, no processo de cozimento da castanha, o LCC exsudado pode romper a película protetora da amêndoa, atingindo e contaminando a mesma, que infelizmente apresenta uma cor amarelada cujo preço não compete com o preço das amêndoas claras produzidas no processo manual indiano.

Atualmente a estratégia empresarial utilizada opta por unidades de grande porte de produção de amêndoas e conseqüentemente do LCC, sem qualquer preocupação com o impacto social e ambiental com as comunidades rurais onde são produzidas as castanhas.

#### **4.2.5 Desperdício do pedúnculo e seus impactos ambientais**

A exploração comercial do pedúnculo no mercado nacional é restrita, em razão da facilidade com que o mercado externo vem absorvendo quase toda a produção dos dois principais produtos obtidos da castanha, que são a amêndoa e o LCC, enquanto ao caju (pedúnculo), que pode gerar uma série de outros produtos (suco, doces, passas, vinho, vinagre e etc.), não se tem dado a devida importância.

O desperdício deve-se ao fato da industrialização da castanha, para produção de óleos e castanha comestível, ser o principal interesse comercial em relação ao fruto integral, com um alto índice de exportação desses produtos (NETO et al., 2006). Mesmo considerando a utilização comercial do pedúnculo, apenas de 5 a 15% da produção do pedúnculo é utilizada. Uma das causas para esse baixo aproveitamento está relacionada ao tempo de deterioração do pedúnculo, que ocasiona excessivas perdas no campo e na indústria (CAMPOS et al., 2005).

Devido ao fato de ser desprovido de revestimento consistente e possui um teor de umidade de aproximadamente 86%, o caju apresenta uma constituição delicada e é extremamente perecível. Por exemplo, a queda do caju ao solo provoca machucaduras, amassaduras ou fissuras no pedúnculo, impossibilitando a sua comercialização (PAIVA, 1997).

O rejeito das indústrias de aproveitamento do pedúnculo de caju, o bagaço, tem seu valor nutritivo limitado, pois é rico em fibras não digeríveis e carente em vitaminas e proteínas, sendo simplesmente utilizado como ração animal ou descartado no meio ambiente (CAMPOS et al., 2005).

Uma forma de amenizar esse quadro seria a criação de sistemas agroindustriais sustentáveis, o que tem sido atualmente uma busca constante junto às cadeias produtivas agropecuárias. Ações estão sendo implantadas visando o desenvolvimento de tecnologias e processos que possibilitem o aproveitamento

integral do caju, eliminando esses desperdícios e agregando valor ao produto (OLIVEIRA; IPIRANGA, 2009).

## 5 SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CADEIA PRODUTIVA

Segundo Martins e Cândido (2010), o modelo de desenvolvimento sustentável adotado nos últimos tempos, baseado no crescimento das relações de produção e consumo, tem como principais implicações o aumento da poluição e aumento nos níveis de desigualdade social e de concentração de riquezas. Como decorrência dessa situação, surge o conceito de sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, os quais procuram reduzir tais implicações, a partir do entendimento das fragilidades do modelo vigente e da emergência da necessidade de uma nova concepção de desenvolvimento de forma equilibrada e equitativa.

A sustentabilidade significa a possibilidade de se obterem condições iguais ou superiores de vida em dado ecossistema continuamente, visando à manutenção do sistema de suporte da vida. Sendo assim, relaciona-se com a melhor qualidade da vida das populações, a partir da capacidade de suporte dos ecossistemas (MARTINS, CÂNDIDO, 2010).

Para alguns, alcançar o desenvolvimento sustentável é obter o crescimento econômico contínuo através de um manejo mais racional dos recursos naturais e da utilização de tecnologias mais eficientes e menos poluentes. Para outros, o desenvolvimento sustentável é antes de tudo um projeto social e político destinado a erradicar a pobreza, elevar a qualidade de vida e satisfazer às necessidades básicas da humanidade, que oferece os princípios e orientações para o desenvolvimento harmônico da sociedade, considerando a apropriação e a transformação sustentável dos recursos ambientais (ALVES; OLIVEIRA, 2013).

Em 1987, o Relatório da Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, conhecido como “Relatório Brundtland”, popularizou o termo Desenvolvimento Sustentável e estabeleceu a definição clássica para o desenvolvimento sustentável como sendo “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

As diretrizes apontadas pelo Relatório mostram que o desenvolvimento tecnológico e científico deve estar baseado na preocupação com a preservação

ambiental e dos recursos naturais disponíveis na sociedade, de forma a reverter às projeções atuais de situações críticas no uso dos potenciais hídricos, energéticos e da destinação dos resíduos sólidos por meio de um conjunto de estratégias e procedimentos.

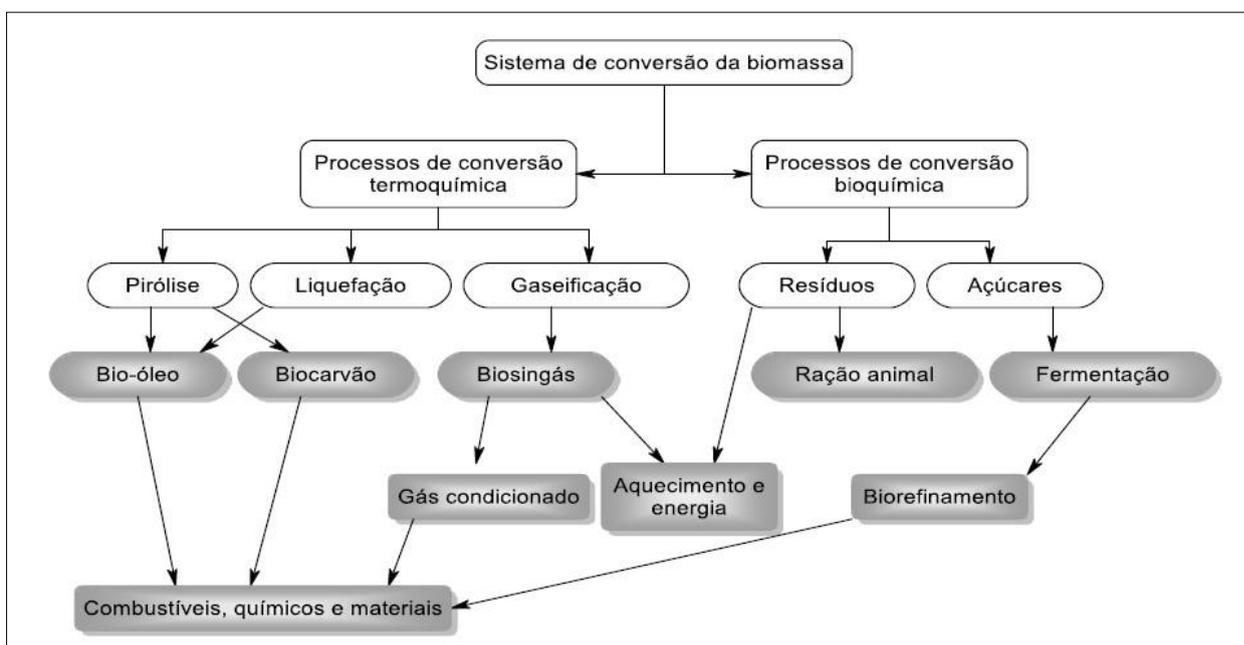
## 5.1 Biorrefinaria

De acordo com Rodrigues (2011), a biomassa é formada por carboidratos, lignina, proteínas, gorduras e numa menor extensão, por várias outras substâncias, tais como vitaminas, terpenos, carotenoides, alcaloides, pigmentos e flavorizantes. O objetivo de uma biorrefinaria é transformar estes materiais abundantes em produtos úteis através de uma combinação de tecnologias e processos.

O conceito de biorrefinaria é amplamente discutido por diversos autores e órgãos, criando diferentes definições para o mesmo, no entanto poucas diferenças são encontradas entre as definições atuais. Conforme a *American National Renewable Energy Laboratory*, biorrefinarias são todas as indústrias que convertam a biomassa para produzir: combustíveis, energia ou produtos químicos (NREL, 2008). Em outras vertentes, as biorrefinarias são como sendo o processamento sustentável de biomassa em um espectro de produtos vendíveis (alimentos, rações, materiais, químicos) e/ou energia (combustíveis, eletricidade, calor) (IEA BIOENERGY, 2010).

A principal diferença entre estes dois conceitos apresentados é que o primeiro deles só inclui como biorrefinarias as indústrias e o segundo incluem também os processos. O terceiro conceito a ser discutido é o proposto por Demirbas (2009a), que define a semelhança das biorrefinarias com o primeiro conceito aqui discutido, no entanto ele comenta que as biorrefinarias são análogas às refinarias de petróleo onde múltiplos produtos são obtidos de uma matéria prima, o conceito geral das biorrefinarias pode ser visto na Figura 13, a seguir.

Figura 13: Diagrama esquemático do conceito de biorrefinaria



Fonte: Adaptado de Demibras (2009).

As biorrefinarias podem ser classificadas de acordo com o tipo de plataforma utilizada, os tipos de produtos a serem produzidos, a matéria-prima e processos de conversão. Dentre os principais fatores de separação pode-se citar o agrupamento dos produtos em dois grupos principais: os produtos energéticos (bioetanol, biodiesel e combustíveis sintéticos) e os materiais (químicos, comida, ração, etc) (DEMIRBAS, 2009b; IEA BIOENERGY, 2010).

O tipo de biomassa pode ser obtido através das culturas energéticas, culturas alimentares ou ainda dos resíduos (agroindústrias, florestais ou industriais). Já os processos de conversão da biomassa podem ser classificados em processos bioquímicos (fermentação e conversão enzimática), termoquímicos (pirólise e gaseificação), químicos (hidrólise ácida, transesterificação, etc.) e mecânicos (fracionamento, pressão, etc.). Assim pode-se notar que a classificação das biorrefinarias são complicadas e com muitas linhas, deste modo a sobreposição dos fatores citados pode e deve ocorrer visando a maior diversidade possível (DEMIRBAS, 2009b; IEA BIOENERGY, 2010). Fica evidente que o conceito de biorrefinaria é muito abrangente e engloba todas as vertentes de uso da biomassa, seja para produção de biocombustíveis como para a produção de outros produtos.

As vantagens das biorrefinarias também são amplamente discutidas. Ao produzir diversos produtos, as biorrefinarias podem explorar o potencial máximo das biomassas e agregar o maior valor possível a estas, assim aumentando a rentabilidade, reduzindo a demanda energética e reduzindo a emissão de gases do efeito estufa (NREL, 2016). O amplo espectro de produtos reduz também a dependência da produção de somente um produto, aumentando assim a sustentabilidade do uso racional da biomassa, reduzindo a competição existente entre o uso da biomassa para alimentos ou combustíveis (GHATAK, 2011; IEA, 2011).

Atualmente, os combustíveis oriundos de biomassa usados em transportes, ou seja, biocombustíveis, são classificados como biocombustíveis de primeira e de segunda geração. Os de primeira geração são aqueles produzidos a partir de matérias-primas usados também como alimentos, para humanos e animais. Estes biocombustíveis geram questionamentos éticos, políticos e ambientais. Para contornar estas discussões, a produção de biocombustíveis de segunda geração (provenientes de resíduos, rejeitos ou de produtos não comestíveis), vem ganhando crescente interesse nos anos atuais como uma possível alternativa mais sustentável do que os combustíveis fósseis. Com o desenvolvimento de combustíveis de segunda geração, espera-se que o uso de biomassa em complexos da biorrefinaria assegure um benefício ambiental adicional e dê maior segurança energética, graças à coprodução tanto de bioenergia como de produtos químicos mais valiosos (RODRIGUES, 2011).

### **5.1.1 Biorrefinaria de primeira geração**

É importante observar que o termo biorrefinaria surgiu no campo da produção de biocombustíveis, no entanto, recentemente foi estendido para incluir produtos renováveis como: oleoquímica, alcoolquímica e derivados químicos do CO<sub>2</sub>. É possível ver vários exemplos que utilizam o álcool como matéria-prima para produzir polietileno (BRASKEM, 2010), bem como, para utilizar carboidratos, um dos recursos renováveis mais abundantes na terra para produzir ácido levulínico, furfural, ácido fórmico e etanol a partir de materiais lignocelulósicos (HAYES, 2006).

Além disso, deve ser enfatizado que uma análise muito mais precisa é necessária no que diz respeito ao equilíbrio energético e proteção do meio ambiente através da utilização de novos parâmetros como, Net Energy Ratio - NER, Life Cycle Analysis - LCA, o que nos dá uma indicação clara de quão eficiente e rápido são os recursos naturais consumidos e resíduos gerados (E.F.B, 2014).

Os combustíveis oriundos da biorrefinaria de primeira geração são produzidos a partir de açúcar, amido, óleo vegetal ou gordura animal usando tecnologias convencionais. As fontes básicas são frequentemente sementes e grãos, tais como trigo, milho e soja. Os combustíveis de primeira geração mais comuns são bioetanol, biodiesel e biogás derivado de amido (RODRIGUES, 2011).

Os combustíveis de primeira geração apresentam como vantagens um elevado conteúdo de açúcar e de lipídeos das matérias-primas, e à sua fácil conversão em biocombustível. A cadeia de produção de muitos biocombustíveis foi analisada pela Avaliação do Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment – LCA) para determinar seus desempenhos ambientais (GASOL et al.,2007; QUINTERO et al., 2008).

Apesar das vantagens, os combustíveis de primeira geração são confrontados diante da competição com a indústria de alimentos e de ração pelo uso da biomassa e terra agrícola levantando questões éticas. O aumento de preços dos combustíveis fósseis aumenta em grande proporção os preços dos cereais e, por conseguinte os dos biocombustíveis. Entretanto, o etanol de cana-de-açúcar produzido no Brasil é o único biocombustível líquido que parece sofrer menos dos questionamentos anteriores em razão da alta produtividade agrícola (GOLDEMBERG; GUARDABASSI, 2010).

Em contrapartida, os biocombustíveis de primeira geração produzidos atualmente de açúcares, amidos e óleo vegetais causam sérios questionamentos. Estes produtos competem diretamente com o mercado de alimentos pelas mesmas matérias-primas e por terras férteis, tendo sua potencial disponibilidade limitada pela necessidade de solo fértil. A efetiva economia de emissão de CO<sub>2</sub> e o consumo de energia fóssil são limitados pelo alto uso de energia requerida para o cultivo e conversão (MARRIS, 2006; LANGE,2007). Estas limitações são esperadas serem parcialmente superadas pelo desenvolvimento dos chamados biocombustíveis de segunda geração (CHERUBINI *et al.*, 2009)

### **5.1.2 Biorrefinaria de segunda geração**

Combustíveis de segunda geração envolvem uma mudança na bioconversão e se dissociam do dilema de competição entre combustíveis e alimentos. Em vez de só usar açúcares facilmente extraíveis, amidos ou óleos como na geração anterior, a segunda geração permite o uso de todas as formas de biomassa lignocelulósica (BIODIESELBR, 2016).

Os combustíveis de segunda geração são produzidos a partir de uma ampla variedade de produtos não alimentícios, entre eles estão incluídas as utilizações de materiais lignocelulósicos, tais como resíduos agrícolas, florestais e industriais. Contrariamente aos combustíveis de primeira geração, nos quais são utilizadas frações das plantas, os de segunda geração empregam a planta integral para a produção da bioenergia (RODRIGUES, 2011).

Tendo como exemplo o diesel Fischer- Tropsch (FT) elaborado a partir de biomassa e bioetanol de lignocelulose, Os biocombustíveis de segunda geração prometem vantagens sobre os biocombustíveis de primeira geração em termos de eficiência do uso da terra e desempenho ambiental, segundo a maioria dos estudos publicados (SEARCY; FLYNN, 2008; FLEMING; HABIBI; MACLEAN, 2006).

O desenvolvimento tecnológico e o desempenho ambiental dos combustíveis de segunda geração pode beneficiar o emprego de elevadas quantidades de resíduos e rejeitos lignocelulósicos que estão atualmente disponíveis. Podem constituir a fonte de matéria- prima principal que também pode ser suplementada com produtos agrícolas não alimentares como gramas e florestas de curta rotação. Porém, a maioria dos processos e tecnologias para estes tipos biocombustíveis a partir de resíduos de biomassa ainda se encontra em estágio pré-comercial, mas podem entrar no mercado num futuro próximo (CHERUBINI, 2009)).

A matéria-prima é abundante, barata e facilmente encontrada, o que é um incentivo para seu aproveitamento, permitindo a coprodução de combustíveis valiosos, compostos químicos, eletricidade e calor, conduzindo a produção de energia sustentável com melhores desempenhos ambientais e econômicos, através do desenvolvimento dos conceitos de biorrefinarias (CHERUBINI, 2010; CHERUBINI; STROMMAN, 2010).

## 5.2 Sistema de energia solar fotovoltaico

Com a crise do petróleo, as preocupações ambientais motivaram a procura de fontes alternativas mais limpas e a ampliação da produção de energia renovável. Dentre essas alternativas, a Energia Solar é uma das que vem apresentando significativa atenção.

Energias do tipo renovável apresentam como vantagens a redução de linhas de transmissão de redes elétricas tradicionais, a não emissão de gases tóxicos na atmosfera, inesgotabilidade dos recursos naturais, aumento da independência energética a nível nacional/regional, além de diversificar e assegurar o abastecimento energético. Portanto, a energia solar tem se mostrado ambientalmente vantajosa em relação a qualquer outra fonte de energia, tornando-se, assim, a peça fundamental de qualquer programa de desenvolvimento sustentável (TSOUTOS, 2005).

Dentre as chamadas fontes alternativas ou renováveis de energia, a proveniente do Sol destaca-se devido à abundância do recurso (RUTHER, 1999). De modo que, segundo a ANEEL (2008), entre os anos de 1973 a 2006, foi aumentada em 500% a sua participação na matriz energética mundial.

A energia solar é uma das fontes de energia mais limpas e não faz comprometer ou adicionar o aquecimento global. O sol é a fonte de energia renovável, e o aproveitamento dessa energia, tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentar os desafios do novo milênio (DYSON, 2011).

Em virtude da amplitude da energia elétrica, alcançando toda a cadeia de produção industrial, agropecuária e também na prestação de serviços, a necessidade de reduzir o custo deste insumo é grande. Este fato produz enormes benefícios não só para a cadeia produtiva, tornando as empresas mais competitivas, mas também para a população em geral, pois os preços finais dos produtos acabam ficando mais reduzidos (MELO *et al.*, 2010).

A energia solar é considerada uma das fontes mais promissoras, consistentes e renováveis dentre todas as fontes de energia renováveis existentes,

simplesmente porque ela é uma fonte de energia primária que se renovando a cada dia, podendo ser explorada de várias maneiras, através das células fotovoltaicas, térmica, entre outras aplicações (ANEEL, 2008).

No Brasil, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), criado em 1994, iniciou o programa solar brasileiro com a aquisição de sistemas fotovoltaicos. Nesse primeiro momento, foram instalados 5 MWp em aproximadamente 7000 comunidades (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO,2014).

O programa solar brasileiro inicialmente direcionado para o abastecimento rural e de comunidades isoladas, tende a ampliar seu foco para outras diretrizes, pois com o contínuo barateamento dos equipamentos e o crescente interesse de investidores, abrirá campos para o surgimento de novas tecnologias e uma tendência à solidificação das políticas de incentivo, o que já são aplicadas mundo a fora (PERLOTTI, *et al* 2012).

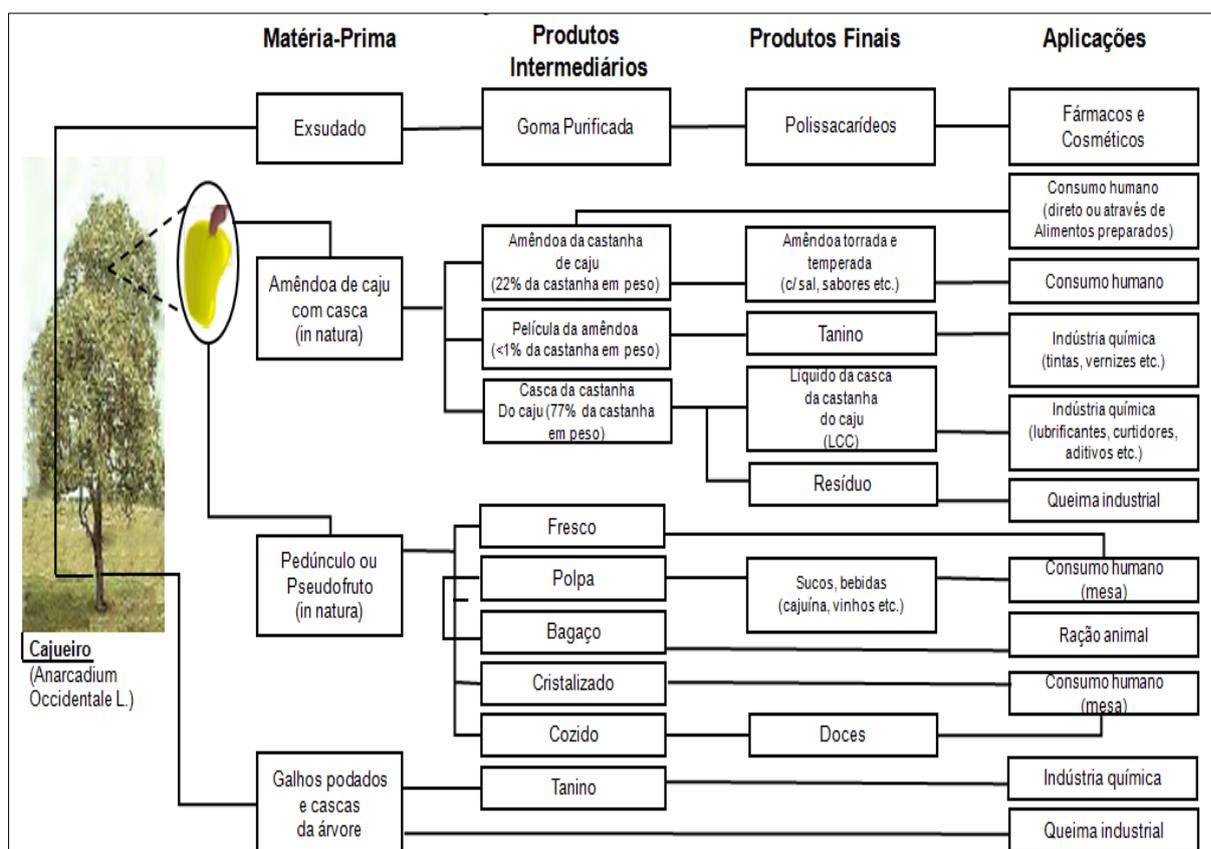
O conhecimento do nível de radiação solar incidente no local onde se instalará o coletor do sistema solar de geração elétrica é da maior importância, pois permite o cálculo da energia solar captada, que é uma das variáveis básicas para o dimensionamento do sistema (REIS, 2006).

O Brasil situa-se em uma região de latitude no qual os níveis de radiação são um dos mais elevados do mundo, o que aumenta ainda mais o potencial solar brasileiro (CORRÊA, 2003).

## 6 CADEIA DE BIORREFINARIA PARA O PROCESSAMENTO DOS COMPONENTES DO CAJUEIRO

O novo sistema de processamento dos principais componentes do cajueiro (castanha, pedúnculo, exsudado, galhos e podas) proposto neste estudo toma como base o potencial de conversão destes componentes em produtos de valor agregado e/ou seus resíduos. A Figura 14, abaixo, mostra o potencial de produtos que podem ser obtidos do cajueiro, uma vez considerada a estratégia de aproveitamento integral que apresenta as melhores perspectivas socioeconômicas e ambientais do que o modelo tradicional termomecanizado.

Figura 14: Potencial de obtenção dos produtos derivados dos componentes do cajueiro e/o seus resíduos



Fonte: Adaptado de Leite (1994)

Mais do que isto, a estratégia de utilizar o aproveitamento integral de todos os componentes constitui uma base técnica para a utilização do moderno conceito de cadeia de biorrefinarias para a conversão desses componentes e/ou resíduos de forma ecológica e sustentável, proporcionando, assim, economicidade e

potencial de geração de emprego e renda, contornando, dessa maneira, a ociosidade dos sistemas de produção termomecânica tradicional que buscam economia de escala na produção de amêndoas e de LCC, um subproduto decorrente deste processo.

De acordo com a *International Energy Agency (IEA) Bioenergy Task 42*, o conceito de biorrefinaria está relacionado com o processamento de biomassa e/ou seus resíduos, ou seja, sua conversão em um espectro de produtos comerciais utilizados nos diversos setores da indústria, bem como no setor energético. Para melhor compreender esse tipo abordagem, foram definidos dois tipos de biorrefinarias: Bioquímica e Termoquímica (CGEE, 2010).

O uso de biorrefinarias naturalmente levou à sua classificação como primeira geração (baseada em diferentes tipos de biomassa) e segunda geração (baseada em resíduos). Dessa forma, o documento sobre “*Bioenergy Task 42*” da IEA apresenta uma metodologia para o cálculo do Índice de Complexidade da Biorrefinaria (BCI), a fim de melhor aplicar o conceito de biorrefinaria, ou de cadeias de biorrefinaria, visando uma melhor utilização dos componentes de uma árvore, seus resíduos e os efluentes decorrentes do processamento dos mesmos. As seguintes referências foram utilizadas na construção do modelo de cadeia de biorrefinaria para os componentes e/ou resíduos do cajueiro, objeto principal deste estudo.

### **6.1 Levantamento das patentes sobre cadeias de biorrefinarias**

Inicialmente, foi feita uma pesquisa das patentes registradas no banco de patentes americano “USPTO *Patent Database*”, sobre derivados extraídos do LCC, na publicação do “*The Cashew Export Promotion Council* (editada em Ernakulan, Índia, 24/02/1964)”, anteriores a 2001. Neste levantamento, não foi encontrada nenhuma patente tratando sobre a utilização dos componentes do cajueiro, utilizando o conceito de biorrefinaria ou de cadeias de biorrefinarias, conforme demonstrado no Quadro 6.

Quadro 6: Resultados da busca de patentes relativas ao uso de biorrefinarias e/ou cadeias de biorrefinarias, utilizando-se os componentes e/ou resíduos do cajueiro. Busca realizada em 15/05/2017, compreendendo o período de 2001 a 2017.

Assunto consultado – Refine Search	Resultado da busca
"Cashew Biorefinery" OR "Cashew Biorefinery Chain"	Zero
"Cashew Biorefinery" AND "Cashew Biorefinery Chain"	Zero
"Cashew Nut Processing" OR "Cashew Biorefinery Chain"	Zero
"Cashew Kernel Extraction" AND "Low Temperature Process"	Zero
"Cashew Apple Juice" AND "Small Scale Cashew Nut Production"	Zero
"CNSL separation process" AND "Small Scale Cashew Nut Production"	Zero
"Cashew Kernel Extraction" AND "Freezing Process"	Zero
"Cashew Apple Clarification" AND "Ultrafiltration Membrane"	Zero

Fonte: USPTO Patent Database (2016)

## 6.2 Classificação das biorrefinarias da cadeia de caju

O sistema agroindustrial do caju compreende um conjunto de atividades relacionadas com o processamento da castanha, do pedúnculo e a própria venda do caju *in natura* (SOUZA FILHO *et al.*, 2009). Mesmo diante da importância socioeconômica do cultivo do cajueiro no campo e processamento dos seus produtos nas indústrias, a agroindústria do caju encontra-se em situação delicada. A concentração de renda no negócio da castanha, em virtude de ser o principal item na pauta de exportação cearense, e o pouco aproveitamento do pedúnculo condicionam a cadeia produtiva do caju a limitação da produção da amêndoa e o LCC, que atualmente não encontram condições favoráveis de competir no mercado internacional devido à baixa produtividade de cajueirais velhos, termomecanização das indústrias e intermediação de atravessadores resultando em problemas cambiais.

Visando ao desenvolvimento de tecnologias e práticas que possibilitem o aproveitamento integral do caju, com inovação desde o cultivo até o processamento dos produtos do caju, foi criada a classificação de cada biorrefinaria que compõe a cadeia de forma a possibilitar um fluxo de produção sustentável e cíclico.

### **6.2.1 Biorrefinaria 1 – BR1**

Os parâmetros de rendimento econômico do cajueiro mudam de acordo com diferentes locais e situações, principalmente as tecnologias utilizadas no campo, apontando variedades e práticas de gestão eficientes estabelecidas em condições ambientais favoráveis. Isso significa chuvas na quantidade e distribuição exigidas pela planta e/ou irrigação complementar quando necessário. Em termos de variedades, os clones de cajueiro anão precoce são a principal tecnologia desenvolvida para o caju no Brasil (CAVALCANTI *et. al*, 2007; BARROS *et. al*, 2009).

Uma vez que as fazendas em larga escala, com o modelo adotado na expansão inicial da cultura no Brasil, mostraram-se inoperantes, necessitando de mudanças, a presente proposta é dirigida principalmente a pequenos produtores (menos de 10 ha) e médios (até 50 ha) porque resulta em maior produtividade e possibilidades para melhor uso do pedúnculo do caju. A importância desta tecnologia pode ser entendida através do salto da produtividade de 300 Kg / ha para 1.500 Kg / ha de castanhas no sistema de colheita alimentado a chuva e duas vezes mais usando sistemas irrigados (SANTOS *et. al*, 2011; MIRANDA, 2013).

A biorrefinaria BR1, uma biorrefinaria do tipo eco-agrícola, visa realizar o cultivo do cajueiro anão precoce associado com a produção local de forragem e o processo de ensilagem moderna para a alimentação animal, bem como briquetes da poda de cajueiro (resíduos lignocelulósicos) que poderão ser vendidos para uso industrial térmico e a extração/produção goma exsudada do cajueiro.

Na biorrefinaria de fazenda eco-agrícola BR1, a colheita de caju anão irrigado pode ocorrer em cerca de dois meses após o conjunto de frutos, quando são selecionados para serem escolhidos. Este processo depende da estação e do estágio da maturação do fruto, bem como, no sistema logístico de colheita. Apesar disso, é um processo humano controlado que deve ser feito com pessoal treinado para evitar a perda da fruta, o que significa, antes de as frutas caírem no chão.

Assim, todas as frutas selecionadas e coletadas são colocadas em cestas e conduzidas para a área de triagem e lavagem para serem processadas na biorrefinação de castanha de caju - BR3. Alternativamente, os pedúnculos

desperdiçados ou as frutas machucadas são conduzidos ao bunker de ensilagem para ser misturado com a forragem com o objetivo de ser convertido em um produto rico e nutritivo para alimentação de animais.

A silagem é uma alternativa para as regiões semiáridas do Nordeste em períodos de seca quando o abastecimento de forragem é escasso. De acordo com Mohd-Setapar, Abd-Talib e Aziz (2012), 90% da forragem fresca é preservada com o processo de silagem, mostrando-se um método muito eficaz para a conservação forrageira. No processo de ensilagem, predomina a fermentação láctica, caracterizando-se, portanto, por um material de silagem de boa qualidade em que possui: baixo valor de pH, baixo conteúdo de amônia e alta concentração de ácido láctico (KREULA, 1979).

Geralmente, a silagem é obtida a partir de excedentes produzidos durante a estação chuvosa. No entanto, a alta umidade e baixos níveis de carboidratos na estação de corte de gramíneas tropicais inibem o processo de fermentação apropriado, dificultando a obtenção de forragens de boa qualidade. Portanto, estudos alternativos foram feitos para aumentar a porcentagem de matéria seca e carboidratos solúveis no material a ser ensilado com o uso de aditivos, visando a produção de silagem de qualidade superior (PAZIANI *et. al*, 2006). Os aditivos de silagem podem ser divididos em dois tipos: aditivos biológicos, como ácido láctico bacteriano e aditivos de silagem química, incluindo melaço, uréia, etc (TYROLOVA; VYBORNA, 2011).

Em se tratando do exsudados da árvore do cajueiro, existe um interesse crescente pelos produtos purificados obtidos a partir de exsudados vegetais, Tais como goma árabe, goma de karaya, goma de caju, tragacanto, ágar, entre outros, devido à melhoria das propriedades funcionais de produtos como alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos (LAAMAN, 2011; NUSSINOVITCH; HIRASHIMA, 2011). No que diz respeito à goma de caju, é um heteropolissacarídeo, exsudado de cajueiro, sendo um importante subproduto da cultura do cajueiro. O exsudado de caju atraiu a atenção devido às suas características de sustentabilidade, biodegradabilidade e biossegurança (BARBOSA, 2015).

### **6.2.2 Biorrefinaria 2 – BR2**

A Biorrefinaria 2 -BR2 constitui uma minifábrica moderna onde serão utilizados vários equipamentos em um processo combinado com a finalidade de se obter amêndoas, sem resquícios de película, e o LCC natural. O diferencial do beneficiamento da castanha nesta minifábrica será o uso do processo de congelamento da casca e despeliculagem por ultrassom da amêndoa respectivamente. As castanhas sob efeito de criogenia vão possuir uma estrutura mais quebradiça, o que facilitará sua abertura, e o LCC se manterá inalterado e retido nos alvéolos da casca, sem interagir com a amêndoa. Essa confirmação já foi comprovada em escala laboratorial com resultados satisfatórios e foi fruto de estudo da dissertação de mestrado intitulada: “**Processo de despeliculagem da amêndoa da castanha de caju com aplicação de frio e ultra-som**” de LIMA,2009 e submetida ao INPI como patente brasileira (LIMA; CARIOCA, 2013).

Mazzetto, Lomonaco e Mele (2009), referem que o primeiro equipamento foi projetado especificamente para calibrar diferentes tamanhos de castanha de caju de acordo com Oltremare. O segundo é o sistema de congelamento projetado para arrefecer a castanha em cerca de - 40°C, em seguida, no terceiro equipamento, a castanha de caju arrefecida é submetida à máquina de bombardeio de caju para promover a abertura da casca (MAHEEPALA, 2017).

Uma vez que houve a separação da casca e da amêndoa, esta é extraída e encaminhada ao equipamento de ultrassom a fim de remover a película mais resistente aderida a sua superfície, enquanto que a casca, constituindo um invólucro residual contendo LCC, é encaminhada a Biorrefinaria 4 -BR4 para extração de LCC natural não polimerizado.

### **6.2.3 Biorrefinaria 3 – BR3**

O pedúnculo do caju representa 90% da castanha de caju, onde se pode obter 89% de suco integral (80,1kg) e 11% (11 kg) de resíduos, com base nesses dados, a unidade de Biorrefinaria 3-BR3 se propõe a utilizar esse material para a obtenção de suco clarificado e também abastecer a Biorrefinaria-BR1 para o processo de ensilagem (ARAUJO, 2013).

De acordo com os procedimentos da FAO, relacionado ao sistema de processamento de frutas, inicialmente, envolvem operações de unidade de triagem e lavagem em tanques e, depois, são ponderadas para que o processo de controle seja controlado, antes que os frutos sejam submetidos à operação de desintegração para extrair o suco do caju. Assim, o suco bruto é coletado em um tanque congelado fechado, deixando um resíduo pulposo (DAUTHY, 1995).

Este resíduo deve ser dirigido à unidade de ensilagem localizada na biorrefinaria - BR1. De acordo com Girard e Fukumoto (2000), recomenda-se o uso de um tratamento enzimático para liberar a pectina, bem como outros componentes indesejáveis, através do sistema de filtração antes de submeter o suco à unidade de ultrafiltração, para obter um suco clarificado.

#### **6.2.4 Biorrefinaria 4 – BR4**

O LCC é uma mistura vegetal versátil e única de compostos fenólicos.<sup>1</sup> Esses compostos são vendidos no mercado internacional como um subproduto do processo térmico tradicional usado para extração da amêndoa da castanha de caju. Estabelecido no Brasil e no Vietnã, bem como em países africanos, este composto fenólico é uma matéria-prima bastante utilizada para produção de resinas, tintas, fungicidas e pesticidas (TYMAN, 1996).

No Quadro 7, a seguir, é apresentada a composição química do LCC técnico, de acordo com Gedam e Sampathkumaran (1986). Como pode ser observado, este tipo de LCC é rico em Cardanol, o que explica sua importância química focada na produção de resinas fenólicas e antioxidantes, os produtos comuns mais comercializados com base em LCC técnico.

Na biorrefinaria 4 - BR4 o LCC contido das cascas trazidas da Biorrefinaria -BR2 será extraído através do uso de solvente hexano para a separação dos seus principais componentes: ácido anacárdico, cardanol e cardol.

---

<sup>1</sup> Ácido anacárdico (60-65% em peso), cardol (15-20% em peso), cardanol (10% em peso) e de 2-metilcardol (5%) (REDDYA; SAMPATHKUMARANA; GEDAM, 1986).

Quadro 7: LCC Técnico – Componentes fenólicos determinados por várias técnicas

Componentes fenólicos	Técnicas empregadas						
	Coluna cromatográfica [63]	HPLC* [65]			GLC**		
		II	I	II	III	[61]	[62]
Cardanol	94.60	67.82	82.38	63.13	82.15	83.00	74.69-84.62
Cardol	3.80	18.20	11.25	10.31	13.71	14.30	11.63-18-86
2-metilcardol	1.20	3.32	2.05	1.88	4.10	2.70	2.17-5.15
Ácidoanacardico	-	-	-	-	-	-	1.09-1.75
Componentes menores	-	3.23	3.98	3.05	-	-	-
Material polimérico	-	7.38	0.34	21.63	-	-	-

Fonte: Gedam; Sampathkumaran (1986).

\* High Performance Liquid Chromatography (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência)

\*\* Cromatografia Gas-Líquida

### 6.3 Principais produtos e resíduos do cajueiro

O aproveitamento integral do caju (*Anacardium occidentale L*) é uma meta a ser alcançada pela indústria do beneficiamento da castanha, que considera o pedúnculo dessa fruta um resíduo. Devido à crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e o advento da inovação biotecnológica, busca-se cada vez mais identificar, quantificar e qualificar os resíduos agroindustriais, a fim de desenvolver novas perspectivas para o seu aproveitamento. O Nordeste brasileiro apresenta uma variedade rica em espécies frutíferas tropicais com alto potencial de agroindústria, a exemplo do caju, que tem um alto potencial para consumo, principalmente na forma de produtos industrializados.

#### 6.3.1 Castanha-de-caju

A castanha-de-caju brasileira é basicamente um produto de exportação, com 90% da produção destinada ao mercado internacional, juntamente com outras nozes como amêndoas comuns, avelãs, pecãs e macadâmias. O processamento da castanha-de-caju, por sistema mecanizado, gera cerca de 40% da produção de amêndoas quebradas, enquanto no processamento manual este valor se reduz para aproximadamente 30% (SOUZA FILHO *et al.*, 1998).

No interior da castanha encontra-se a amêndoa, de formato rinóide (formato de rim), protegida por uma fina membrana (película) avermelhada, composta de dois cotilédones brancos, carnosos e oleosos, de alto valor nutritivo,

que pode ser também consumida nas formas tostada e salgada, ou ainda, no preparo de produtos de confeitaria, farinhas e incorporadas em sobremesas diversas (FIGUEIREDO *et al.*, 2002).

A castanha, conforme pode ser observado na Figura 15, apresenta-se na forma de um aquênio reniforme medindo de 3 a 5 cm de comprimento por 2,5 a 3,5 cm de largura, apresentando coloração castanho-escuro lustrosa, coriácea lisa, com mesocarpo espesso e alveolado cheio de um líquido viscoso, acre e cáustico, denominado LCC (FIGUEIREDO *et al.*, 2002).

Figura 15: castanha de caju em corte



Fonte: elaborada pelo autor

Devido à grande variabilidade genética nos pomares de cajueiro plantados por sementes, precisamente os cajueiros comuns, é nítida a variação de peso e tamanho da castanha-de-caju, de 2 a 30 g. Entretanto, os pomares plantados com clones de cajueiro-anão-precocce, não apresentam variabilidade genética, apresentando maior uniformidade no peso e tamanho das castanhas de caju, com variação de 8,0 g a 11,5 g, o que permite redução de custos operacionais na indústria como a calibragem e no processo de beneficiamento (PAIVA; SILVA NETO, 2013).

Diferentemente das outras nozes, a castanha de caju apresenta uma casca dura, sendo a extração da amêndoa uma operação complexa, em razão da estrutura da sua casca ser resistente ao corte e a ruptura. Da transformação industrial da castanha de caju resultam como produtos principais a amêndoa e o

líquido da casca, e como produtos secundários a película e a casca residual.

Somente os produtos primários têm valor econômico no mercado internacional, sendo que a amêndoa destaca-se por apresentar uma cotação bem mais alta. A película pelo seu valor alimentar pode ser usada na preparação de rações animais, podendo também servir de matéria-prima na extração de pigmentos utilizados na fabricação de tintas (PEIXOTO, 2003).

### **6.3.2 Casca**

A casca da castanha-de-caju é um resíduo agrícola resultante do processo de beneficiamento da castanha de caju. Como fonte renovável, apresenta um grande potencial para a geração de energia devido ao seu poder calorífico apresentar excelentes valores em relação a outras biomassas e por representar 60% da massa da noz de caju (FIGUEIREDO, 2009).

A casca (Figura 16), ou pericarpo é composto pelo conjunto de três estruturas: epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O epicarpo coriáceo é atravessado por um espesso mesocarpo esponjoso cujos alvéolos são preenchidos com um líquido viscoso, de cor escura, cáustico e vesicante – o LCC, o qual representa 25% do peso da casca (PAIVA, SILVA NETO, 2013).

Figura 16: Casca da castanha de caju



Fonte: Arquivo pessoal do autor da pesquisa

No beneficiamento da castanha-de-caju, após a queima da castanha e extração do LCC, a casca ainda mantém em torno de 5% de LCC, que permanece nos alvéolos e serve como material combustível para as caldeiras das próprias fábricas de castanha-de-caju (PAIVA, SILVA NETO, 2013). Outro destino é a venda para outras indústrias como, por exemplo, as indústrias de cimento (Embrapa, 2012). Porém, segundo Figueiredo (2009), a destinação de grande parte destas cascas, que normalmente são descartadas nos aterros sanitários, ainda ocupa grande volume destas instalações.

Pode-se obter energia através da casca de castanha de caju de várias maneiras, uma delas é fazendo briquetagem das cascas, que consiste em transformar resíduo em combustível sólido no qual é feito a moagem, secagem e compactação (INEE, 2015); outra alternativa é usando a técnica de pirólise, que é a transformação da casca em um gás energético, através da oxidação parcial a temperaturas elevadas (FIGUEIREDO, 2009).

### **6.3.3 Amêndoa da castanha-de-caju(ACC)**

A ACC é a parte comestível do fruto, representando em média 28% a 30% do seu peso. No processo industrial, essa variação de peso tende a diminuir seu rendimento em torno de 21 a 23% resultante do processo de secagem ao sol para a etapa seguinte de armazenamento (PAIVA, NETO, 2013).

A qualidade da amêndoa é definida como um conjunto de características organolépticas como gosto, cor, cheiro e homogeneidade morfológica. Assim, atributos como tamanho, integridade física, cor e sabor são primordiais na determinação das preferências do consumidor final (ARANGO, 1994).

No âmbito nutricional, a amêndoa fornece grande quantidade de energia, apresentando um balanço equilibrado de carboidratos, lipídios e proteínas. Seu potencial energético e proteico, torna-a um suplemento ideal para alimentação de crianças, mulheres grávidas, nutrízes e convalescentes (SOMAN, 2001). A Tabela 4 mostra a composição química centesimal da ACC crua.

Tabela 4: Composição centesimal da amêndoa da castanha de caju

<b>Determinação</b>	<b>Valor</b>
Umidade (%)	2,0 – 9,0
Proteína bruta (Nx6,25) (%)	20,0 – 21,0
Sais minerais (%)	1,7 – 3,1
Fibra bruta (%)	1,2
Extrato etéreo (%)	45,0 – 47,0
Carboidratos totais (%)	22,0 – 27,2
Cálcio (%)	165,0 – 550
Fósforo (%)	450,0 – 490,0
Ferro (%)	1,8 – 5,0
Tiamina (%)	140,0
Riboflavina	150,0
Ácido nicotínico (µg/100g)	2200,0

Fonte: Peixoto (2003)

A ACC pode ser consumida na sua forma inteira (crua, torrada ou salgada) como lanches (snacks) ou também usada como ingredientes para uma variedade de alimentos processados, como produtos de panificação e confeitarias, nesses casos as amêndoas são utilizadas como pedaços e grânulos. (CÂMARA, 2010).

#### **6.3.4 Película**

A película (Figura 17) que envolve a ACC é constituída por um tegumento que contém na sua composição química traços de catequinas, alcaloides, taninos, além de pigmentos de cor alaranjada (PAIVA, SILVA NETO, 2013).

Os taninos encontrados na película são constituídos por monômeros do tipo catequina e são conhecidos por flavonoides, frequentemente presentes no cerne de várias essências florestais (HASLAM, 1966; PORTER, 1988), sua concentração chega a 25% do peso da película, podendo tornar-se um substituto aceitável da casca de acácia negra na produção dessa substância de uso consagrado na indústria de curtumes (LIMA, 1988). Variando de 2 a 3,2% do peso total da castanha, esta película pode ser usada para duas finalidades principais: na composição de rações para animais ou ainda como fonte de tanino para curtumes (TREVAS FILHO, 1971; PAIVA, SILVA NETO, 2013).

Figura 17: Película da ACC



Fonte: Arquivo pessoal do autor da pesquisa

Apresentando o valor energético de 5.365 kcal kg<sup>-1</sup>, seus teores de proteínas e carboidratos permitem aproveitá-la na composição de rações para aves e bovinos (MAIA *et al.*, 1981) conforme demonstrado na Tabela 5. Essas aplicações da película permitem o aproveitamento de um subproduto da industrialização que antes era simplesmente descartado (PAIVA *et al.*, 2000a).

Tabela 5: Composição química proximal e valor de energia bruta da película da ACC.

Componentes	Valores Médios %
Matéria Seca	93,96
Proteína Bruta	12,60
Fibra	11,93
Extratoi Etéreo	13,90
Cálcio	0,11
Proteína	0,15
Energia Bruta (Kcal/Kg)	5365
Ácido Titânico	41,8

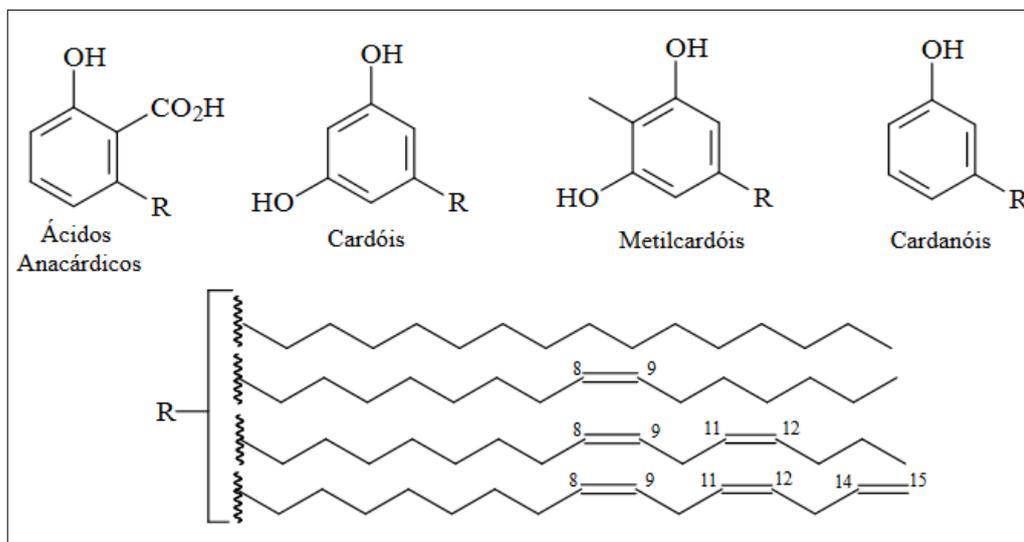
Fonte: Maia, *et al* (1981).

### 6.3.5 Líquido da castanha-de-caju (LCC)

O LCC é um subproduto da agroindústria do caju e uma importante fonte vegetal de compostos fenólicos alquil substituídos, cujo anel aromático possui uma cadeia lateral na posição meta com 15 átomos de carbono. (TREVISAN *et al*, 2006;

RODRIGUES *et al*, 2006). A cadeia lateral alifática pode ser saturada ou ainda possuir uma, duas ou três insaturações, não apresentando nenhuma conjugação entre as mesmas, como visualizado na Figura 18.

Figura 18: Constituintes do LCC



Fonte: Mazzeto *et al* (2009)

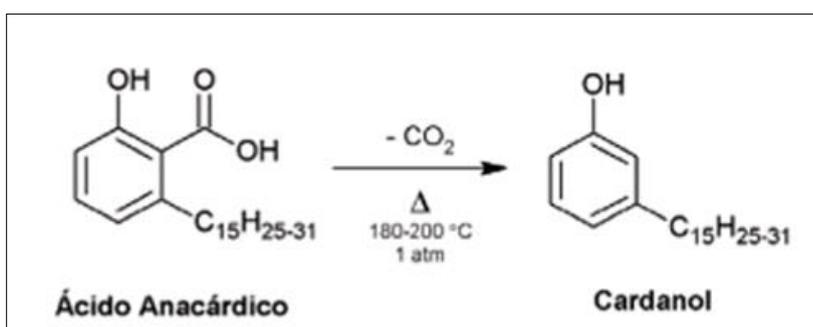
Há diferentes processos que podem ser empregados para a obtenção do LCC: extração a frio (prensas), extração por solvente, extração supercrítica com CO<sub>2</sub> e o processo térmico-mecânico (*hot oil process*) utilizado nas indústrias de beneficiamento da castanha de caju (KUMAR *et al*, 2002; CORREIA *et al*, 2006).

Fundamentalmente, as principais técnicas utilizadas para a obtenção do LCC são a extração por solvente orgânico, onde o produto obtido recebe a denominação de LCC natural, e o processo termomecânico, onde o próprio LCC quente é usado como meio para aquecer as castanhas in natura a aproximadamente 190°C; nessa temperatura, ocorre o rompimento da casca externa e a liberação dos alquifenois presentes na casca porosa (mesocarpo), seguido da remoção da casca interna, o que permite a recuperação das amêndoas, originando como subproduto o LCC técnico (LOPES, 2004; KUMAR *et al*, 2002; CORREIA *et al*, 2006).

A principal diferença entre o LCC natural e o técnico diz respeito ao constituinte majoritário. No LCC natural, o ácido anacárdico encontra-se com maior teor entre os compostos, enquanto no LCC técnico, o cardanol é o principal

constituente. Este fato ocorre devido o LCC técnico ser submetido às altas temperaturas empregadas (180 - 200°C) no seu processo de extração, ocasionando a reação de descarboxilação do ácido anacárdico e sua conversão em cardanol (Figura 19). (OLIVEIRA, 2007).

Figura 19: Reação de descarboxilação do ácido anacárdico



Fonte: Mazzeto *et al* (2009)

Gedan (1986), em um estudo constatou que após determinações na composição química do LCC natural e técnico, existe uma grande diferença na composição de ambos, conforme verificado na Tabela 6 o LCC natural apresenta uma quantidade considerável de ácido anacárdico e não contém material polimérico em sua composição. Entretanto, o LCC técnico mostrou um elevado percentual de cardanol e, também, material polimérico, presentes em todas as amostras analisadas.

Tabela 6: Composição química do LCC natural e do LCC técnico

Componentes Fenólicos*	LCC Natural (%)	LCC Técnico (%)
Ácido Anacárdico	71,70 – 82,00	1,09 – 1,75
Cardanol	1,60 – 9,20	67,82 – 94,60
Cardol	13,80 – 20,10	3,80 – 18,86
2-Metilcardol	1,65 – 3,90	1,20 -4.10
Componentes Minoritários	2,20	3,05 – 3,98
Material Polimérico	----	0,34 – 21,63

Fonte: Gedan (1986, p. 115)

Essa diferença na composição química dos respectivos tipos de LCC pode ser melhor compreendida considerando o processo industrial empregado no Brasil. Tendo em vista que a recuperação das amêndoas é realizada exclusivamente

para fins alimentícios, o processo térmico-mecânico empregado impõe a obtenção do LCC técnico como subproduto. A reação de descarboxilação durante o processo industrial é inevitável e dessa forma, grandes quantidades de LCC técnico são produzidas. O processo de aquecimento contínuo resulta no envelhecimento do óleo, promovendo reações de polimerização nos constituintes insaturados. (RODRIGUES, 2006; RODRIGUES *et al*, 2006, OLIVEIRA, 2007).

### **6.3.6 Pedúnculo**

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertencente à família Anacardiaceae, é uma planta nativa da América do Sul e cresce também nos trópicos das Américas, África e Ásia. Em função do porte da planta, o cajueiro é dividido em dois grupos: o comum e o anão. O cajueiro do tipo comum é o mais difundido, apresenta um porte maior e é também denominado como cajueiro gigante, de altura variando entre 8 a 15 m e envergadura (medida da expansão da copa) que pode atingir até 20 m.

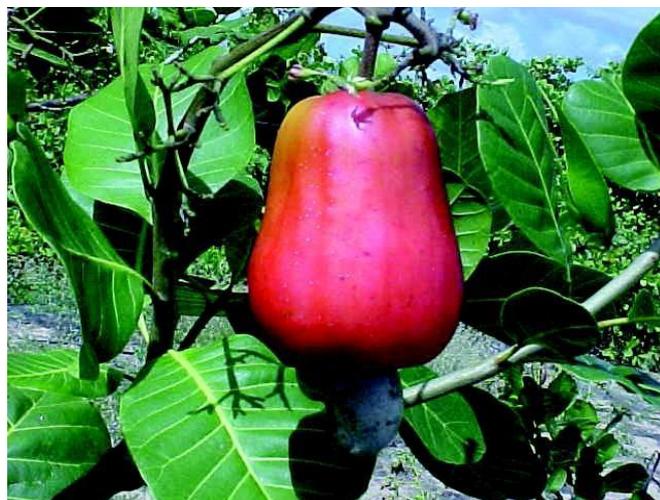
O cajueiro anão é de porte baixo, apresenta diâmetro do caule e envergadura inferiores ao do tipo comum, sua altura chega a atingir no máximo até 4m, seu florescimento inicia entre 6 e 18 meses enquanto que o comum tem sua primeira floração entre o terceiro e quinto ano (CHITARRA; CHITARRA, 2006; CRISÓSTOMO *et al.*, 2001).

O pedúnculo, além do consumo como fruta de mesa *in natura*, é também utilizado na fabricação de doces, bebidas e produtos desidratados. Apesar do seu grande potencial como matéria-prima para diversos produtos, estima-se que seu aproveitamento esteja em torno de 10 a 12%, sendo quase toda a sua produção descartada devido à sua alta perecibilidade e ao fato de ser a amêndoa o principal produto do agronegócio dentro da cadeia produtiva do caju (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000; CIANCI; SILVA; CABRAL, 2005).

O caju é formado por um pedúnculo (Figura 20), ou pseudofruto, que se forma junto à castanha, o verdadeiro fruto. O pedúnculo é a parte comestível *in natura* do caju de onde se obtém sucos, cajuína e fibras alimentares e representa cerca de 90% do peso total. Os 10% restantes são o fruto de onde se extrai a ACC e

o LCC. ( BANCO DO BRASIL, 2010).

Figura 20: Pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L)



Fonte: CAVALCANTI; BARROS (2009)

Em termos de comercialização, o consumo *in natura* do pedúnculo do cajueiro como fruta fresca, é uma conquista da cajucultura brasileira. O Brasil é o único país que possui tecnologia, experiência e hábito nesse tipo de consumo, bem como a transformação industrial do caju em bebidas e alimentos, o que representa mais uma oportunidade para a diversificação do negócio do caju (MOURA; ALVES; SILVA, 2013).

A industrialização do pedúnculo do caju para a obtenção de produtos como sucos, doces, geleias, compotas e outros gêneros, é uma alternativa para agregação de valor e geração de renda para os produtores de caju da região Nordeste do Brasil.

A preservação desses produtos se dá pela combinação de fatores como a concentração de açúcar, aquecimento dos produtos, envase em embalagens hermeticamente fechadas e os cuidados com as Boas Práticas de Fabricação. Tais fatores garantem que esses produtos processados mantenham suas características sensoriais (aroma, sabor, textura, cor) e seu valor nutritivo, permaneçam inalterados por meses (MORAES *et al.*, 2013).

### **6.3.7 Bagaço do pedúnculo do caju**

Classificado como fruto não climatério, o caju é caracterizado pelo fato de que após a colheita ocorre decréscimo contínuo na taxa respiratória, não havendo aumento na produção de etileno, nem alterações no amadurecimento. Estas características implicam na necessidade de técnicas de colheita adequadas, onde o fruto deve ser coletado ainda maduro, pois se feita antes do amadurecimento, pode vir a ocorrer o amolecimento e perda da cor, ficando impróprio ao consumo. Esta peculiaridade fisiológica talvez explique, em parte, o baixo nível de aproveitamento comercial do pedúnculo, pois há necessidade de uma operação logística ajustada entre a colheita e o processamento. Ademais, a colheita manual seletiva é exaustiva e consumidora de mão de obra, pois não há disponibilidade comercial de equipamento para a operação (GUANZIROLI *et al*, 2009).

O pedúnculo do cajueiro é muito pouco aproveitado desde o surgimento das primeiras plantações, na década de 70, mesmo com as tecnologias desenvolvidas para o seu aproveitamento. Um dos problemas está no fato de o pedúnculo ser muito delicado, pois sua película fina se deteriora com facilidade, o que dificulta o transporte e a comercialização. Por isso, o mercado interno é restrito e praticamente não existe exportação. Com o pedúnculo que é desperdiçado no Brasil, daria para fornecer um copo de suco para 10 milhões de pessoas todos os dias do ano. (MOURA, 1998).

O bagaço do caju é o produto resultante da remoção da castanha (fruto) e extração do suco do pedúnculo, sendo composto pela película e polpa do caju remanescente. Admiti-se que seja gerado cerca de 40% de bagaço de caju resultante da produção de sucos (DANTAS FILHO, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2004). Esses resíduos são uma fonte rica de açúcares, vitaminas, sais minerais, fibras, além de outros compostos com propriedades funcionais, como os polifenóis e carotenóides (ABREU, 2001).

Subproduto do pedúnculo, após a extração do suco, o bagaço do caju contém em torno de 20% do peso total em do pedúnculo pectina. Levando-se em consideração a abundância do bagaço do caju em termos de resíduo agroindustrial, e suas propriedades químicas favoráveis, esse resíduo torna-se uma fonte

alternativa em potencial para a extração de pectina e fibras alimentares oxidantes (SIQUEIRA; BRITO,2013).

### **6.3.8 Suco clarificado de caju**

A agroindústria do caju apresenta destacada importância econômica e social na região Nordeste do Brasil refletida na grande geração de empregos no campo e na atividade agroindustrial (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000). Anualmente são geradas aproximadamente 217.062 toneladas de castanha e 2 milhões de toneladas de pedúnculo, que é a parte carnosa, suculenta e rica em vitamina C (FIGUEIREDO *et al.*, 2002).

O caju é formado por duas partes distintas, correspondendo em média a uma distribuição em peso de 10% de castanha (fruto) e 90% de pedúnculo (pseudofruto). Destas, é o pedúnculo que possui menor percentagem de aproveitamento, sendo o suco o produto de maior exploração desta matéria-prima (SILVA NETO, 2000).

O suco de caju integral possui limitações de expansão a novos mercados, devido a aspectos de qualidade, principalmente falta de estabilidade física e elevada adstringência (PIMENTEL, 1997). O baixo consumo do suco de caju e inaceitação do mercado externo estão associados à presença de substâncias que agregam características sensoriais indesejáveis ao produto final, como os taninos, que formam complexos com moléculas de proteínas, ocasionando turbidez, adstringência e instabilidade durante o armazenamento (COURI *et al.*, 2002).

A ampliação do mercado exportador, além de estar relacionada com uma adequada política mercadológica, está diretamente ligada a fatores como a melhoria tecnológica dos processos de concentração e clarificação, a redução da adstringência e a diminuição do uso de conservadores químicos (GASPARETO *et al.*, 2007).

A preocupação com a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos industrializados faz com que os consumidores estejam cada vez mais exigentes, aumentando a demanda por produtos nutritivos, saborosos e que não contenham conservadores químicos (CIANCI; SILVA; CABRAL, 2005).

Os sucos de frutas tropicais atendem a estes requisitos por serem ricos em vitaminas, sais minerais, açúcares e substâncias antioxidantes, além de proporcionarem sabor e aroma agradáveis. Assim, é necessário que as técnicas de processamento e conservação de sucos sejam eficazes em manter nos produtos processados, as características originais das frutas (CIANCI; SILVA; CABRAL, 2005).

Para a conservação de sucos de frutas as técnicas mais utilizadas são a pasteurização, que elimina os microrganismos patogênicos, e a concentração térmica, na qual há redução da atividade de água do produto. Ambos os processos, porém, utilizam temperaturas elevadas que provocam perdas de nutrientes e degradação de cor, além de proporcionarem um sabor de cozido ao suco (JIAO, CASSANO, DRIOLI, 2004).

Devido às desvantagens desses métodos em conservar os nutrientes do produto, tem sido incrementada a busca por processos não térmicos, que preservem a qualidade dos sucos de frutas (FRANCHI, LEVY; CRISTIANINI, 2004; KOUNIAKI; KAJDA; ZABETAKIS, 2004). Os processos de separação por membranas, como a microfiltração e a osmose inversa são exemplos de técnicas que por serem conduzidas a temperatura ambiente, não envolvendo mudança de fase, permitem a manutenção das características dos produtos (MATTA, MORETTI, CABRAL, 2004; SA, MATTA, CABRAL, 2003).

Os Processos de separação com membranas são classificados em: microfiltração, ultrafiltração, diálise, osmose inversa, pervaporação entre outros. Cada método possui uma faixa de tamanho de partículas específicas de separação, em decorrência da morfologia da membrana (MORESI, LO PRESTI, 2004).

### **6.3.9 Goma de caju**

Os polissacarídeos podem ser definidos quimicamente como polímeros de alta massa molecular, formados de unidades repetitivas denominados monossacarídeos, unidos por ligações glicosídicas. Dependendo de seus componentes monossacarídicos, podem ser homopolissacarídeos ou heteropolissacarídeos. Os homopolissacarídeos consistem de unidades repetidas de alguns monossacarídeos, como o amido e celulose, enquanto que os heteropolissacarídeos como os alginatos, galactomananas, goma arábica, goma de cajueiro e pectina são compostas de diferentes tipos de monossacarídeos (GARNA *et al.*, 2011).

Devido a sua abundância na natureza, são encontrados em quase todos os organismos vivos. São classificados em dois grupos, os naturais e os semi-sintéticos, dependendo de sua origem. Os polissacarídeos naturais podem ser obtidos de exsudados de árvores, algas, sementes, fungos, matérias-primas vegetais fibrosas (celulose) e por fermentação microbiológica. Já os polissacarídeos semi-sintéticos são obtidos por modificações químicas ou enzimáticas de macromoléculas polissacarídicas (CALICETE, SALMASO, BERNASI., 2010).

As gomas são polímeros naturais, formados por unidades de monossacarídeos em arranjos lineares ou ramificados, pertencentes à classe dos carboidratos. São substâncias translúcidas, inodoras, hidrofílicas, com propriedades coloidais, espessantes, gelificantes, emulsificantes, estabilizantes e aglutinantes. Possuem também, capacidade de controle de cristalização, inibição de sinerese, encapsulação e formação de filmes (BOTELHO, 1999; DOSSIÊ GOMAS, 2011).

As gomas exsudadas são polissacarídeos sintetizados pelas células epiteliais de plantas quando o córtex é lesionado por injúrias físicas ou ataque microbiano. A produção do exsudado gomoso é resultante do mecanismo de defesa destas plantas que crescem em áreas semiáridas. Quando a casca de algumas árvores e arbustos é injuriada por insetos ou cortada, as plantas exsudam uma substância espessa que rapidamente fecha a ferida, protegendo assim o vegetal de ataques de microrganismos, infecções e secagem (DOSSIÊ GOMAS, 2011).

As gomas de polissacarídeos exsudados representam uma das mais abundantes matérias-primas encontradas na natureza e devido sua ampla disponibilidade tem atraído pesquisas devido às suas características de sustentabilidade, biodegradabilidade e biossegurança (RANA *et al*, 2011). As mais utilizadas industrialmente são: amido, derivados de celulose, goma guar, arábica, gatti, karaia, tragacanto, gelana e ágar. Entretanto, a busca por novos tipos, com propriedades especiais tem despertado interesse da comunidade científica, como a de exsudatos de árvores de clima tropical (CUNHA, PAULA, FEITOSA, 2009).

A goma de cajueiro é um exsudado do caule que consiste de um heteropolissacarídeo complexo e possui semelhança estrutural (ramificações) e química (açúcares componentes) com a goma arábica, apresentando como

importante diferencial a sua alta disponibilidade na região Nordeste do território brasileiro, podendo gerar lucros no período da entressafra do caju e sugerida como forte substituta da goma arábica (ANDRADE, *et al*, 2013).

A goma arábica apresenta um elevado custo, além de ter sua importação comprometida pela dificuldade de fornecimento, relacionada a problemas climáticos, econômicos e políticos oriundos da região africana produtora. A consolidação da substituição da goma arábica pela goma do cajueiro e sua padronização comercial, elevaria o Brasil a exportador no mercado internacional. Deste modo, o Brasil livrar-se-ia da dependência de importação e contaria com um produto altamente competitivo em sua pauta de exportações (ANDRADE, *et al*, 2013).

A goma do cajueiro representa uma fonte a mais de rendimento para o produtor, além da castanha e do pedúnculo, bem como uma alternativa para a utilização de cajueiros não produtivos que se encontram na fase de declínio e senescência. Sua exploração, em escala comercial, tem sido buscada nos últimos anos visando uma maior agregação de renda à cajucultura nordestina (PAULA, RODRIGUES, 2001).

## 7 VIABILIDADE ECONOMICA DAS MINIFABRICAS

O ponto de partida para o planejamento de uma agroindústria da castanha de caju é a definição de quanto se pretende produzir. Para que isso aconteça é preciso conhecer o mercado que se quer atingir, a disponibilidade de matéria-prima, da concorrência que se vai enfrentar, como também da disponibilidade de capital.

Servindo como referência de base para o modelo de instalação da cadeia de biorrefinaria, será apresentada uma análise de necessidades de mão de obra, em função dos preços pagos por tarefa realizada em uma minifábrica de médio porte com capacidade diária de beneficiar 1,5Ton/dia de castanha com produção diária de 350 quilos de amêndoas, no caso, a minifábrica modelo do polo de Pacajus.

Definido o volume de produção que se deseja atingir passa-se a identificar as necessidades de matéria-prima, equipamentos, estrutura física, mão-de-obra e outros itens necessários ao cumprimento da meta estabelecida para saber o que isso vai custar. O custo dos equipamentos para uma minifábrica de castanha de caju cuja capacidade de produção é de 1,5T por dia como pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8: Equipamentos para minifábrica de castanha-de-caju capacidade 1,5Ton/dia

Unid.	Item	Quant.	Preço (R\$1,00)
01	Um Calibrador rotativo para separar (04) quatro tipos de castanha "In-Natura", medindo diâmetro 600mm, comprimento 4.000mm, sistema de tração coroa e corrente Renold, força motriz moto-redutor 1,0Cv.	01	24.500
02	Uma Caldeira para gerar vapor, tipo vertical, capacidade 300Kg/Vapor/Hora completa, para queimar madeira e casca.	01	37.000
03	Um Autoclave tipo vaso cozedor para castanha, com capacidade de 300Kg/operação, aquecido a vapor gerado pela caldeira.	01	18.000
04	Mesa metálica dupla para fixação das máquinas de cortar castanha, medindo 2,00 x 1,000 x 0,80mm, com tampa chapa 14 e laterais chapa 20 aço inox AISI-304, estrutura em perfil laminado pintado com epóxi.	05	20.000
05	Máquinas manuais para cortar castanha, após cozimento, confeccionada em ferro fundido com pedal em cano 3/4", navalhas em aço especial 1.075.	10	12.000
06	Uma Estufa metálica capacidade para (02) dois carros por operação, para aquecimento da amêndoa da castanha de caju com sistema de circulação forçada de ar, com ventilador / exaustor, motor elétrico 3,0Cv, aquecida a vapor, tempo de operação (08) oito horas.	01	25.000

Unid.	Item	Quant.	Preço (R\$1,00)
07	Carro metálico com quarenta bandejas, medindo 1.800 x 1.000 x 800 mm, com rodízios em Tecnil.	02	26.000
08	Cilindro rotativo para amêndoa de castanha complementar a operação	01	18.000
08	de despeliculagem, medindo diâmetro 600mm, comprimento 2.000mm, sistema de tração coroa e corrente Renold, força motriz 1,0Cv	01	18.000
09	Mesa para seleção e revisão, com base em aço inox AISI-304 18, medindo 2.000 x 1.000 x 800mm, com pés em perfis de aço carbono em tinta epóxi.	03	9.000
10	Equipamentos para fritura de amêndoas (fogão, centrífuga, balança, selador).		15.000
11	Linha de vapor para o vaso de cozimento e estufa.		6.500
12	Acessórios (determinador umidade, termômetro, caixa ferramentas).		14.000
	TOTAL		225.000

Fonte: Paiva (2016).

O cálculo da análise de custo de uma agroindústria de castanha de caju – bem como das demais agroindústrias, já que são unidades de transformação que dependem da safra e têm um forte componente de sazonalidade, deve considerar a produção anual, e não a capacidade instalada de produção diária (PAIVA, 2016).

Como se pode observar, os custos de algumas atividades da minifábricas são calculados pelo valor da mão de obra diária do operário, principalmente nas etapas de corte da castanha, despeliculagem, seleção e classificação das amêndoas (Quadro 9).

Quadro 9: Necessidade de mão de obra e preço pago por atividade diária na minifábrica

Etapas do processo	Castanha/ Amêndoa (quilo/dia)	PREÇO PAGO (R\$1,00)		Mão Obra (homem/dia)	Custo (R\$1,00)
		DIÁRIA*	QUILO		
Secagem e limpeza da castanha	1500	35	-	02	70
Classificação da castanha por tamanho	1500	35	-	02	70
Cozimento da castanha em caldeira	1500	35	-	02	70
Corte da castanha em maquina manual**	360	-	1,20	06	430
Estufagem/desidratação da amêndoa	360	35	-	02	70
Despeliculagem mecânica da amêndoa	160	35	-	02	70
Despeliculagem manual da amêndoa	200	35	-	20	700

Etapas do processo	Castanha/ Amêndoa (quilo/dia)	PREÇO PAGO (R\$1,00)		Mão Obra (homem/dia)	Custo (R\$1,00)
		DIÁRIA*	QUILO		
Separação e limpeza da amêndoa	350	35	-	04	140
Seleção/classificação da amêndoa por tipo	350	35	-	06	210
Embalagem da amêndoa em caixas	350	35	-	01	70
Diversos (5%)	-	-	-	-	190
TOTAL					2.100

Fonte: Paiva (2016).

\*Preço médio da diária (R\$35,00)

\*\*Rendimento de amêndoas inteiras/partidas no corte da castanha in natura – 24%

Este procedimento é adotado de maneira legal apenas nas unidades de associações e cooperativas em que os operários por serem sócios, recebem a sua remuneração por retiradas em função da sua produtividade. Assim, por exemplo, considerando a produção diária de 350 quilos de amêndoas, tem-se o seguinte resultado para as etapas do processamento em função do calibre da castanha e dos preços pagos por tarefa realizada (PAIVA, 2016).

Outro ponto em questão é a receita diária obtida pela venda dos produtos oriundos da minifábrica que inclui desde a casca da castanha até a amêndoa, seja de forma íntegra ou quebrada, como pode ser observado no Quadro 10:

Quadro 10: Receita diária com a venda de produtos da minifábrica de castanha-de-caju

ITEM	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR (R\$ 1,00)
Venda de casca de castanha*	Quilo	1.140	570
Venda de amêndoa inteira**	Quilo	300	16.500
Venda de amêndoa quebrada***	Quilo	50	2.000
TOTAL			19.070

Fonte: Paiva (2016).

\* subproduto do beneficiamento, casca para extração de LCC : 76% no final do processamento

\*\* amêndoas inteiras e alvas: 85% no final do processamento- Preço R\$ 55,00/quilo

\*\*\*amêndoas quebradas (banda, batoque, pedaço): 15% no final do processamento-Preço R\$ 40,00/quilo.

## 8 ESTRATÉGIA DE AÇÃO

A cadeia de biorrefinarias será composta por quatro tipos diferentes de minifábricas, denominadas de BR1, BR2, BR3 E BR4. Todas estarão interligadas e alimentadas energeticamente através de um sistema de painel fotovoltaico que converterá energia solar em energia elétrica. A energia elétrica gerada será equivalente àquela consumida nos diferentes processos e equipamentos dentro de cada minifábrica. As biorrefinarias que constituirão a cadeia com suas respectivas unidades de processamento são as seguintes:

**Biorrefinaria BR1** - Destinada a ser uma biorrefinaria eco-agrícola, será composta por 6 (seis) unidades: Cultivo de caju anão precoce **(01)** Cultivo de sorgo forrageiro **(02)**, Moagem **(03)**, Refino da goma de caju **(04)**, Ensilagem **(05)** e produção de brique de **(06)**.

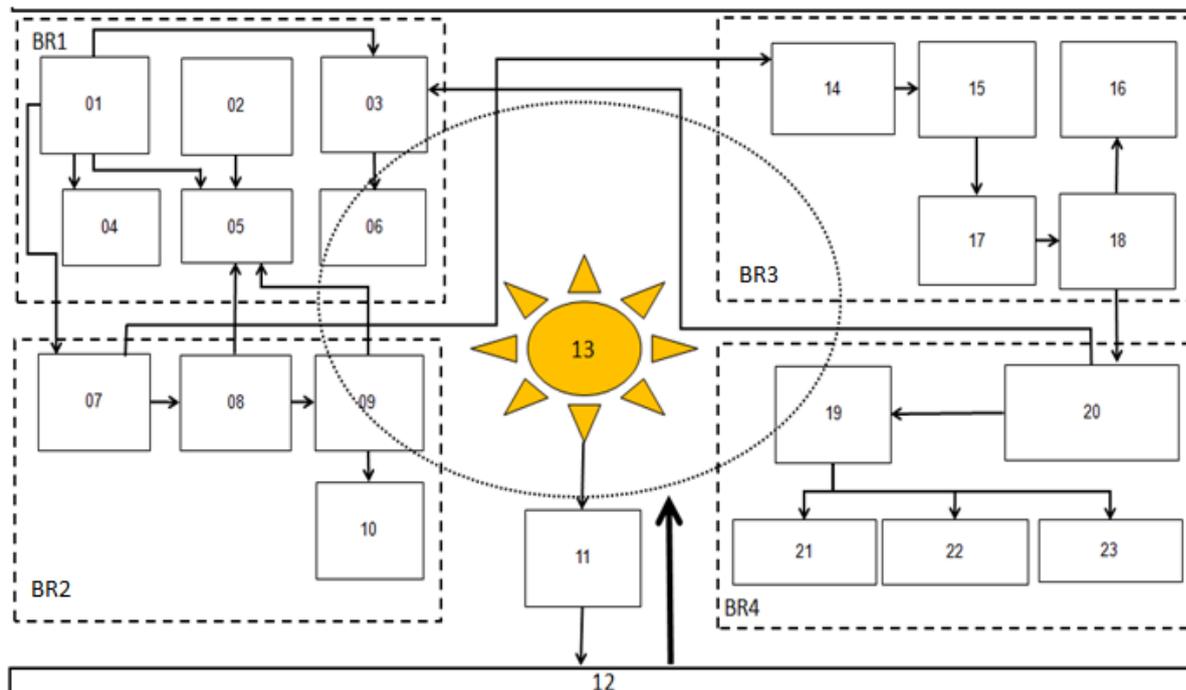
**Biorrefinaria BR2** – Com a finalidade de produção de suco clarificado de caju e fornecimento de matéria-prima (bagaço) para abastecer o sistema de ensilagem da BR1, esta biorrefinaria será composta por quatro unidades: Limpeza e classificação do caju **(07)**, Descastanhamento - separação da castanha e pedúnculo **(08)**, Ultrafiltração **(09)** Armazenamento/refrigeração do suco clarificado **(10)**.

**Biorrefinaria BR3** – Constituirá uma minifábrica de beneficiamento de castanha de caju composta por quatro unidades: Classificação das castanhas **(14)**, Congelamento rápido **(15)**, Decorticação **(16)**, Ultrassom das amêndoas **(17)**, Estufagem das amêndoas **(18)**.

**Biorrefinaria BR4** – Destinada a ser uma biorrefinaria de obtenção de LCC natural não polimerizado, será composta por cinco unidades: Extração do LCC **(19)**, Separação dos componentes do LCC **(20)**, Extração do cardol **(21)**, Extração do ácido anacárdico **(22)** Extração do cardanol **(23)**.

A conexão entre as distintas biorrefinarias para formar esta cadeia está representada através da Figura 21, que será mostrada a seguir, que mostra a alimentação energética através do sistema fotovoltaico e os processos correspondentes que abastece cada sistema de biorrefinaria.

Figura 21: Cadeia de Biorrefinaria para o processamento dos componentes e resíduos do cajueiro suportada energeticamente por um painel fotovoltaico



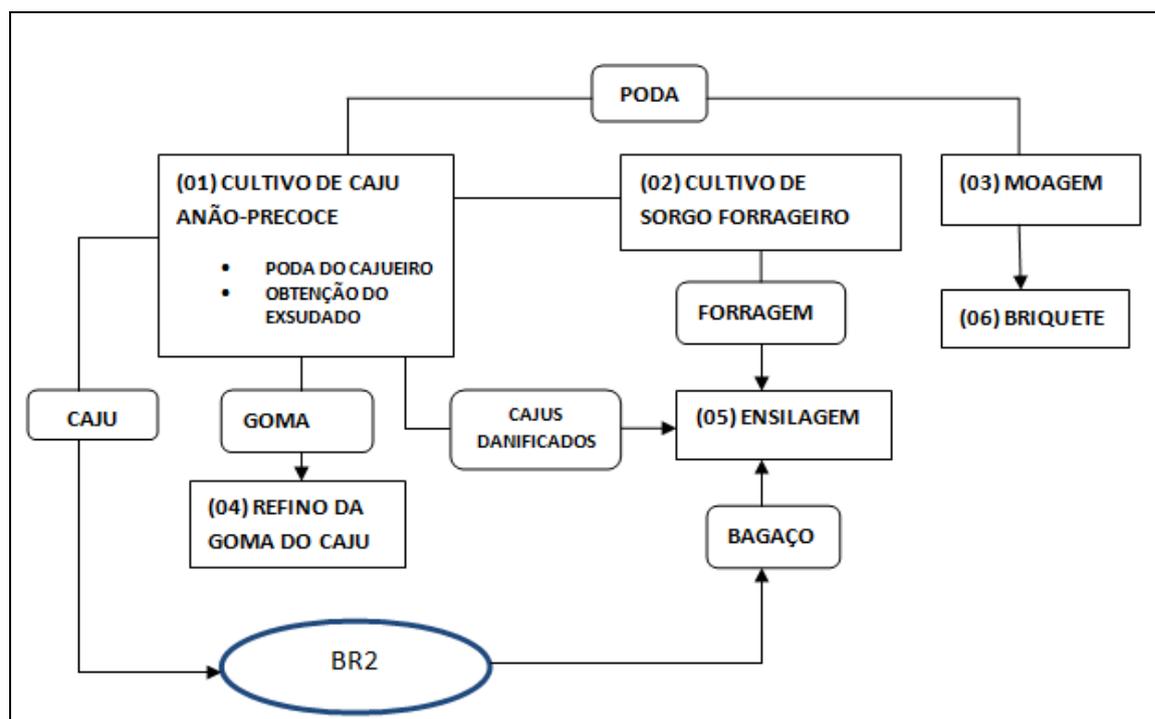
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

### 8.1 Sistema da Biorrefinaria 1 – BR1

Na biorrefinaria BR1 (Figura 22) haverá duas unidades de cultivo produzindo paralelamente, a unidade de cultivo de caju anão-precoce e o sistema de cultivo de sorgo forrageiro. A unidade de cultivo do cajueiro anão-precoce será alimentada por um sistema de irrigação, e tem por objetivo fornecer o caju como matéria-prima para produção de suco integral na biorrefinaria BR2 (unidade processadora de suco clarificado), e fornecimento de exsudatos das árvores para produção de goma de caju e briquetes oriundos das podas.

Para melhorar a produtividade agrícola, serão realizadas periodicamente as podas no cajueiro-anão. O material podado será transportado para a unidade de moagem (03), com a finalidade de ser aglomerado na forma de um briquete com o auxílio de uma prensa (06), visando sua venda como material de valor energético, para uso em fornos de padarias, restaurantes ou mesmo olarias.

Figura 22: Fluxograma da biorrefinaria BR1



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

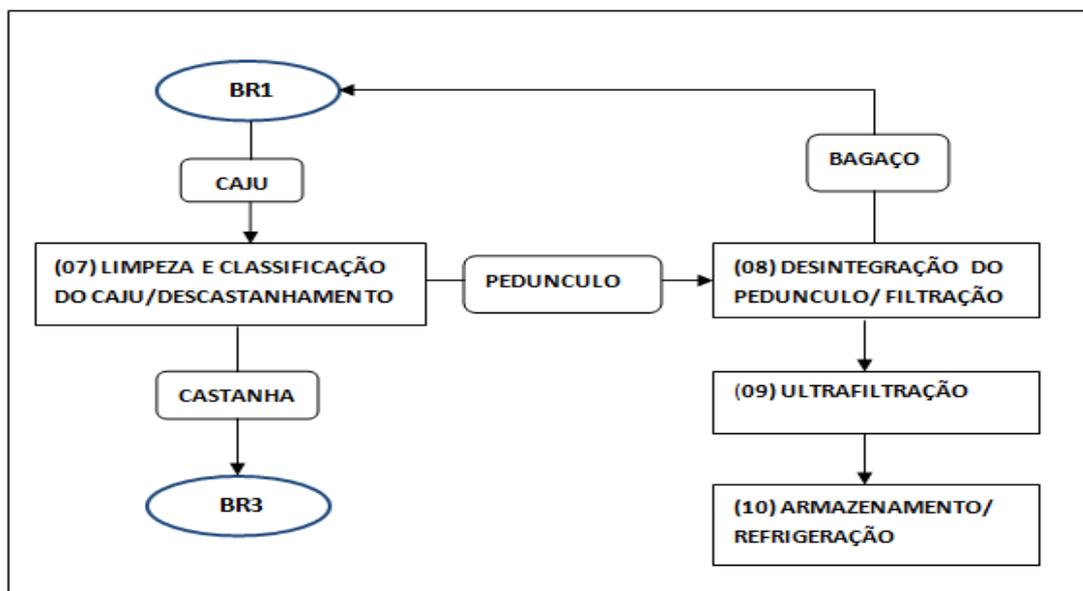
Em tempos adequados, o caule do cajueiro-anão receberá cortes específicos para exsudar a goma do cajueiro que será refinada na unidade (04), com o objetivo de separar os polissacarídeos, produtos com função semelhante à goma arábica e, portanto, um produto de valor agregado que contribui significativamente para a economicidade desta biorrefinaria.

Paralelamente ao cultivo do caju, a unidade de cultivo com sorgo forrageiro visa abastecer a unidade de ensilagem (05), que também será alimentada com pedúnculos danificados provenientes da área de cultivo de caju e o bagaço fornecido pela biorrefinaria BR2, a fim de produzir o material ensilado para uso na alimentação animal, preferencialmente caprinos e ovinos.

## 8.2 Sistema da Biorrefinaria 2 – BR2

Na Biorrefinaria BR2 (Figura 23), os cajus (castanha + pedúnculo), cultivados na unidade de cultivo da Biorrefinaria BR1, serão coletados e transportados em caçambas específicas e enviados inicialmente na unidade de limpeza e separação da unidade (07) para serem classificados, lavados e pesados.

Figura 23: Fluxograma da biorrefinaria BR2



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

Após as etapas iniciais os cajus prosseguirão com o descastanhamento, separação da castanha do pedúnculo, e estes serão submetidos a uma extrusora (08), para a extração do suco integral, o qual será filtrado previamente antes de ser submetido ao processo de ultrafiltração (09), com a finalidade de obter suco clarificado, para uso como bebida ou vendido para ser adicionado a refrigerantes. O suco clarificado será armazenado na câmara de refrigeração (10).

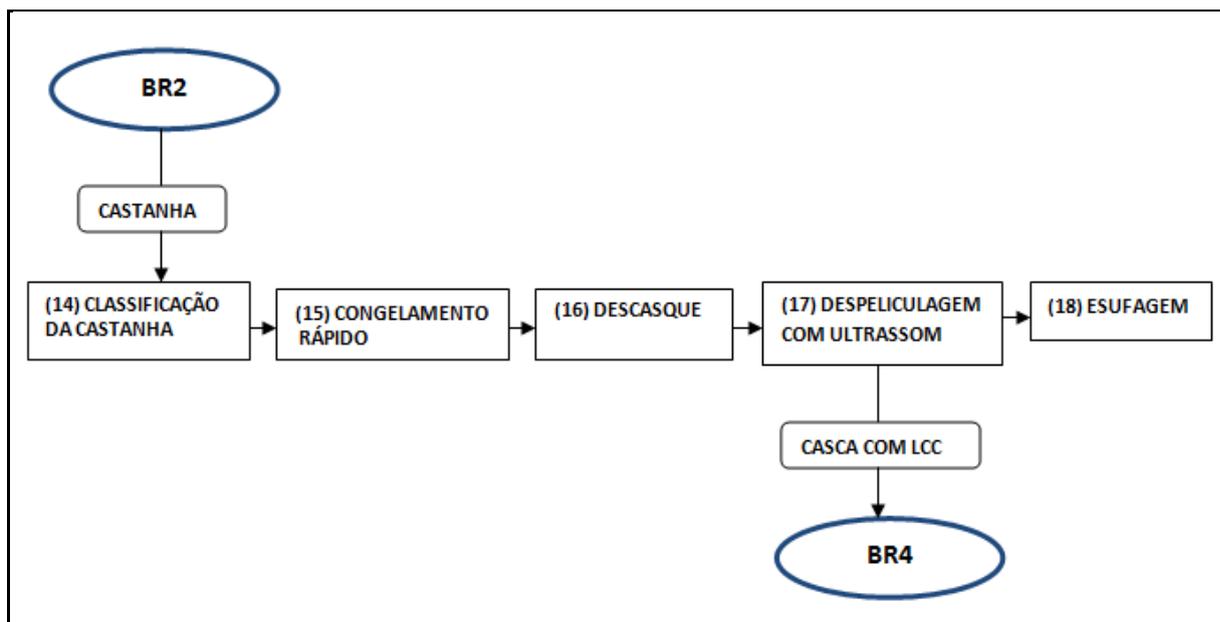
A polpa separada, como retentado da unidade de ultrafiltração é enviada para a unidade de ensilagem (05) da biorrefinaria BR1, onde sofrerá um processo de fermentação específica, tendo em vista prover aroma e valor nutritivo como ração para animais. Por sua vez, a castanha, resultante do processo de descastanhamento, será transportada para a Biorrefinaria BR2, onde será beneficiada.

### 8.3 Sistema da Biorrefinaria 3 – BR3

A biorrefinaria BR3 (Figura 24), concebida como uma minifábrica de beneficiamento de castanhas, receberá as castanhas fornecidas pela Biorrefinaria BR2, onde serão primeiramente classificadas quanto ao tamanho e o tipo na unidade (14), e na sequência serão enviadas a unidade de congelamento rápido (15) submetidas a temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  com o objetivo de torná-la quebradiça e facilitar

a sua abertura. As castanhas congeladas serão conduzidas a uma operação de corte realizada na unidade (16), para extrair a amêndoa da casca. As amêndoas com resquícios de película aderida a sua superfície serão submetidas ao processo de ultrassom (17), com a finalidade de remover completamente a película.

Figura 24: Fluxograma da biorrefinaria BR3



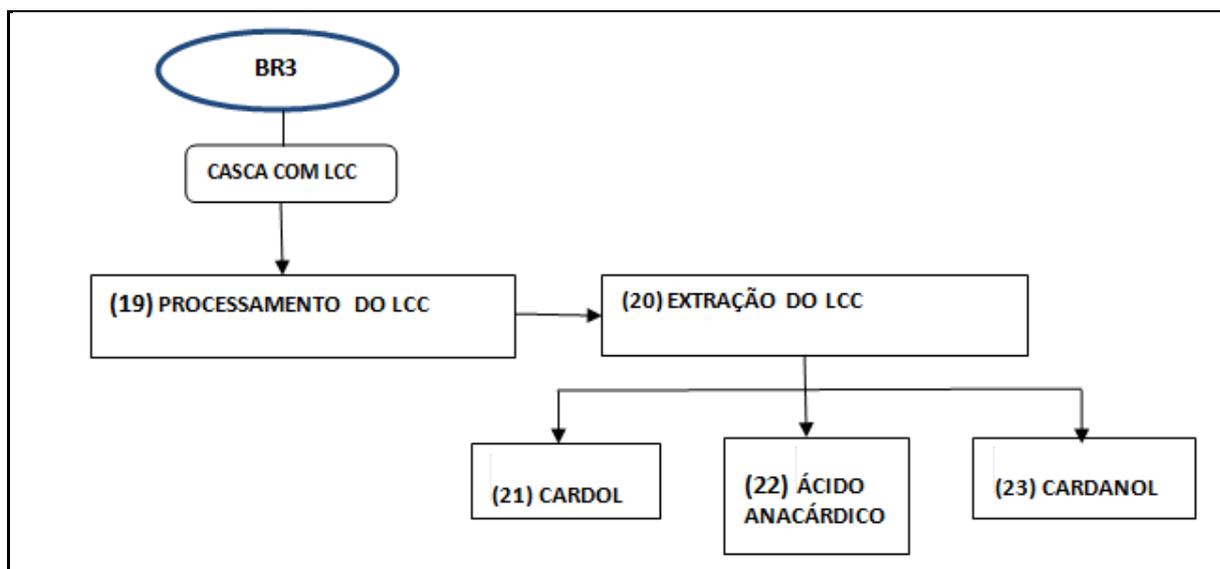
Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

Na sequência, as amêndoas despeliculadas serão enviadas para a estufagem na unidade (18) para desidratação. As cascas resultantes do descasque e que contém LCC em seu interior serão enviadas para a biorrefinaria BR4, onde serão enviadas para o processo de extração com solvente hexano na unidade (19).

#### 8.4 Sistema da Biorrefinaria 4 – BR4

Na biorrefinaria BR4, as cascas fornecidas do processo de descasque da Biorrefinaria BR2, serão recebidas para a extração do LCC com uso de solvente(19), e logo em seguida o LCC –natural será processado na unidade (20) com a finalidade de separar seus principais componentes. Após a recuperação de solventes, o ácido anacárdico é enviado para o recipiente (22), o cardanol para o recipiente (23), e o cardol para o recipiente (21), conforme pode ser visto na Figura 25.

Figura 25: Fluxograma da biorrefinaria BR4



Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

O LCC natural pode ser separado nos seus três componentes básicos: ácido anacárdico, cardanol e cardol, com rendimento superior a 50% em ácido anacárdico, conforme método de extração e isolamento, desenvolvido por Carioca e outros pesquisadores (2008b). Trata-se de uma adaptação do *Novel Method for isolation of Major Phenolic Constituents from Cashew (Anacardium Occidentale L.) Nut Shell Liquid*, proposto por Paramahivappa, Panir Kumar e Vithayathil (2001).

### 8.5 Sistema de energia solar fotovoltaico

Por último, tem-se o sistema do painel fotovoltaico formado pelas unidades 11, 12 e 13, como indicado na Figura 21, onde na unidade (11) irá operar um painel fotovoltaico com potência de pico de aproximadamente 260 kW, o qual produzirá energia elétrica a partir do sol (13), que alimentará a rede elétrica (12) de onde será retirada toda a energia requerida pelos diversos processos e equipamentos existentes nas biorrefinarias BR1, BR2, BR3 e BR4.

O Quadro 11 mostra todos os processos e equipamentos utilizados nessas biorrefinarias, cuja potência, tempo e energia anual consumida foram calculadas com o objetivo de avaliar a economicidade do investimento realizado na aquisição e instalação do painel indicado.

Quadro 11 : Descriminação dos processos e equipamentos utilizados nas biorrefinarias BR1, BR2, BR3 e BR4, com seus consumos específico de energias.

Biorrefinarias/ processos	Equipamento	Potência (Kw)	Tempo (h)	Energia (Kwh/dia)	Energia (Kwh/anual)
<b>BR1</b>					<b>35,640</b>
Sistema de irrigação	Bomba	0.35	12	4.2	1,512
Goma exsudada	Cortador				-
Purificação da goma	Reator em batelada	1.5	8	12	4,320
Ensilagem	Silo de bunker				-
Corte de podas	Serra elétrica	1.4	2	2.8	1,008
Briquetes de podas	Moinho	30	2	60	28,800
<b>BR2</b>					<b>293,328</b>
Classificação	Calibrador	1.50	8	12	4,320
Congelamento (-40 <sup>o</sup> C)	Resfriador	160	4	640	230,400
Despeliculagem	Ultrassom	0.35	8	2.8	1,008
Estufagem	Estufa	20	8	160	57,600
<b>BR3</b>					<b>88,600</b>
Classificação/lavagem	Tanque	0.55			-
Extração do suco	Extrusora	0.50	8	4	1,440
Pre-filtração	Filtro de vácuo	2.2	10	22	7,920
Ultra-filtração	Filtro de membrana	4.0	10	40	14,440
Armazenamento sob refrigeração	Pasteurização	7.5	24	180	64,800
<b>BR4</b>					<b>43,920</b>
Extração do LCC	Prensa	1.0	8	8.0	2,880
Tanque de aquecimento	Electric resistance	1.5	8	12	4,320
Extração do solvente 5m <sup>3</sup>	Extração do LCC	0.75	8	6	2,160
Recuperação do solvente (10.m <sup>3</sup> )	Resistência elétrica	10	8	80	28,800
	Tanque de LCC (1.25m <sup>3</sup> )				-
Reação do sal de cálcio (60°C)	Reator ( 3.0 m3)	2	8	16	5,760
Total	PVP panel				<b>461,488</b>

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa

Esses valores foram baseados utilizando como referência a minifábrica modelo do polo de Pacajus, de médio porte, com capacidade diária de beneficiar 1,5Ton/dia de castanha com produção diária de 350 quilos de amêndoas, juntamente com o simulador de financiamento FNESOL do Banco do Nordeste para avaliar o tempo de amortização do investimento do painel, que mostrou que a amortização desse investimento é alcançada após 6,2 anos de operação. Tendo em conta este resultado, a cadeia de biorrefinaria terá como grande benefício a sua operação com um custo de produção no qual a parcela relativa ao custo da energia é nula, o que confere a esta cadeia de biorrefinaria alta competitividade, além dos benefícios de geração de emprego e renda em toda cadeia produtiva do caju para

uma dada comunidade rural ou conjunto de comunidades.

Vale destacar ainda que a concepção desse modelo contribui positivamente para eliminar todos os impactos ambientais gerados na agroindústria tradicional do caju que tem efeitos prejudiciais no quadro das mudanças climáticas. Essa estratégia configura uma nova era de prosperidade e rentabilidade no agronegócio do caju em que o Brasil perdeu a liderança global se situando hoje na décima posição no *ranking* mundial, chegando inclusive à incômoda posição de ser um país importador de castanhas.

## 9 CONCLUSÃO

A inovação da tecnologia baseada numa cadeia de biorrefinarias inserida na cadeia produtiva do caju permitirá o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e acessíveis, possibilitando a inserção do pequeno produtor e agregando valor aos produtos do cajueiro, permitindo uma maior participação destes no mercado internacional, além da geração de patente do processo e produto resultante do beneficiamento de ACC e LCC.

A cadeia de biorrefinaria do caju modificará o cenário estagnado da tradicional cadeia produtiva através da adoção de diferentes tecnologias, visando à integração de cada fase da cadeia e ampliando a produção para outros componentes do caju que não seja só a castanha, mas o aproveitamento integral de todos os produtos, inclusive seus resíduos.

A cadeia de biorrefinaria de caju possibilitará não só a agregação de valor quanto a produtos e dimensões ambientais, como também a questões sociais que geralmente não são focadas nas cadeias tradicionais de produção rural. A ausência de intermediação realizada por atravessadores possibilitará o pequeno e o médio produtor incrementar a sua renda, pois comercializarão produtos de alto valor agregado, o que contribuirá para reduzir o êxodo rural.

A introdução de novas tecnologias que objetivam diminuir desperdícios, como no caso de resíduos gerados pelo pedúnculo do caju, tende a gerar impactos ambientais positivos auxiliando no surgimento de novos elos das cadeias produtivas, consolidando-as e aumentando a gama de possibilidades de desenvolvimento sustentável.

A energia solar fotovoltaica, por ser uma fonte de energia primária promissora em virtude de sua disponibilidade nas regiões tropicais e/ou semiáridas em níveis de insolação adequados para a geração de energia, atenderá as necessidades energéticas da cadeia de biorrefinaria, o que minimizará os custos de produção.

## REFERÊNCIAS

ABREU, F. A. P. de. **Extrato de bagaço de caju rico em pigmentos**. Int. A23L 1/222, BR. n. PI 0103885-0. 19 jun. 2001.

ADECE. Agência de Desenvolvimento Econômico do Estado do Ceará. **GCEA-IBGE- Relatório de ocorrências**-Dezembro de 2016.

ADECE. Agência de Desenvolvimento Econômico do Estado do Ceará. **Plano de desenvolvimento da cadeia produtiva de caju do Ceará para os anos de 2013 a 2025**. Fortaleza, 2013. Relatório 04.

ADECE. Agência de Desenvolvimento Econômico do Estado do Ceará. **Perfil socioeconômico da cajucultura cearense**. Fortaleza, 2008.

ALVES, G. R.; OLIVEIRA, L. P. S. A juridicização do órgão de solução de controvérsia da OMC e a promoção do desenvolvimento sustentável. **Revista Eletrônica de Relações Internacionais do Centro Universitário Unieuro**. UNIEURO, Brasília, n. 11, 2013.

ANDRADE, K. C. S.; CARVALHO, C. W. P. de e TAKEITI, C. Y. Goma de cajueiro (*Anacardium occidentale*): Avaliação das modificações químicas e físicas por extrusão termoplástica. **Polímeros** [online]. 2013, vol.23, n.5, pp.667-671. Epub Oct 08, 2013.

ANDRIGHETTI, L. BASSI, G.F. CAPELLA, P. DELOGU, AM. DEOLALIKAR, A.B. HAEUSTER, G. MALORGIO, G.A. FRANÇA, F.M.C. RIVOIRA, G. VANNINI, L. & DESSERTI R. **The world cashew economy**. L. *Inchiostroblu*, Italy, 1989.

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Ed.- Brasília: Cap.1- Energia no Brasil e no mundo, 2008.

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Ed.- Brasília: Cap.5- Outras Fontes, 2008.

ARANGO, O. *The world cashew economy*. **Bologna: Nomisma**, 1994. 189p.

ARAUJO, J.C., MATTOS, ALBUQUERQUE, A.L. & SOUSA, RODRIGUES, J & ANDRADE, GOMES, F. & PAIVA, F.F.A., 2008. "Impactos Sociais Da "Tecnologia Social" Mini-Fábrica De Castanha De Caju No Assentamento Che Guevara, Ceará," 46th Congress, July 20-23, 2008, Rio Branco, Acre, Brasil 109553, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER).

ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do Cajú**. Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

ARAÚJO, J. P. P.; PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. Gestão estratégica de pesquisa e desenvolvimento em uma abordagem de agribusiness: o caso do Centro Nacional de Pesquisa de Caju da Embrapa. **Revista de Administração**. São Paulo v. 31, n.4 p. 97-101, out/dez. 1996.

ARAÚJO, P.S.C. DE. **Modelo Qualitativo de Organização e Gestão de Cadeias de Suprimento Baseado em Economia Solidária, Comércio Justo e Supply Chain Management**: O caso da cadeia de amêndoa de castanha de caju no Ceará. 2005. Dissertação M.Sc., Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

A.S.H, C. *et al.* **Feeding the future. Science**, v.327, p.797, 2010.

ATTANASI, O. A.; MELE, G.; FILIPPONE, P.; MAZZETTO, S. E.; VASAPOLLO, G.; **Arkivoc**, , iii , p.69, 2009.

ATTANASI, O. A.; BERETTA, S.; FAVI, G.; FILIPPONE, P.; MELE, G.; MOSCATELLI, G.; ALADINO, R. (Org.) **Lett.**, v. 8, p. 4291, 2006.

AVELLAR, I. G. J.; Godoy, K.; Magalhães, G. C.; **J. Braz. Chem. Soc.**, 11 , 2, 2000.

AZAM-ALI, S. H.; JUDGE, E. C. **Small-scale cashew nut processing**. ITDG - Schumacher Centre for Technology and Development Bourton on Dunsmore, Rugby, Warwickshire, UK Warwickshire, UK, FAO. 2001.

BALENTINE, D.A.; WISEMAN, S.A.; BOUWENS, L.C.M. *The chemistry of tea flavonoids*. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 37, n. 8, p. 693-704, 1997.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL -BNB.**Estudo da cadeia produtiva do caju e validacao de metodologia para acompanhamento dos sistemas agroindustriais/Banco do Nordeste do Brasil. – Fortaleza**: Instituto Interamericano de Cooperacao para a Agricultura: Banco do Nordeste do Brasil, 2009,152 p.

BARBOSA, M. M. **Processo de purificação de goma de cajueiro**: aspectos técnicos e ambientais, 2015. Tese de doutorado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2015.

BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R. Hibridação de Caju. *In*: BOREM, A. (Org.). **Hibridação Artificial de Plantas**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 2009. p.214-250. .

BARROS, L. M. **Caju. Produção**: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 148p.

BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; Melhoramento genético do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.73-96.

BARTSCH, H.; Owen, R.W.; **Food and Chemical Toxicology**, 44, 188, 2006.

BASTOS, M.M. de M.; COSTA, L. O. **Desenvolvimento Endógeno como Estratégia de Desenvolvimento Regional**. O caso da cadeia produtiva da amêndoa da castanha de caju no estado do Ceará. *In*: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

BATALHA, M.O. **Gestão Agroindustrial**. São Paulo: Editora Atlas, Vol. 1. GEPAL: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais, 1997, 573 p.

BIODIESELBR. **Biocombustíveis – Da primeira a quarta geração. Disponível em:** <<https://www.biodieselbr.com/destaques/2007/biocombustiveis-primeira-quarta-geracao-10-03-08.html>> Acesso em: 15 out. 2016.

BOGGETTI, B.; JASIK, J.; MANTELL, S. *In vitro multiplication of cashew (Anacardium occidentale L.) using shoot node explants of glasshouse-raised plants. Plant Cell Reports*, v.18, n.6, 456-461, 1999.

BOTELHO, M. L. **Propriedades físico-químicas do exsudado de Anacardium occidentale L. para a indústria de alimentos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

BOXUS, P.; TERZI, J.M.; LIEVENS, C.; PYLYSER, M.; NGABOYAMAHINA, P.; DUHEM, K. *Improvement and perspectives of micropropagation techniques applied to some hot climate plants. Acta Horticulturae*, n.289, p.55-59, 1991.

CALICETE, P., SALMASO, S.; BERNASI, S. **Polysaccharide-based anticancer prodrugs**. New York, NY: Humana Press Inc, 2010.

CÂMARA, C.R.S. **Indicadores de qualidade de amêndoas de castanha de caju em pedaços durante o processo industrial**. FORTALEZA:UFC,2010.

CAMPOS, A. R. N.; SANTANA R. A. C. de; DANTAS, J. P.; OLIVEIRA, L. de S. C.; SILVA, F. L. H. da. Enriquecimento protéico do bagaço do pendúnculo de caju por cultivo semi-sólido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 2, 2º Sem., 2005.

CAMPOS, A. R. N.; SANTANA R. A. C. de; DANTAS, J. P.; OLIVEIRA, L. de S. C.; CAMPOS, F. A. DE A ; VASCONCELOS, J. R. P. **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília: Embrapa/ DPD, 1998.

CARIOCA, J. O. et al. *Fine chemicals from the Brazilian cashew nut shell liquid. In: Brazilian workshop on green chemistry*, 1, 2008, Salvador. Proceedings. Salvador, 2008. p. 253-280.

CARIOCA, J.O.B.; R.G.C., CORRÊA; S.E., MAZZETO; ARAÚJO, R.F., ASAPOLLO, G.; MELE, G. *In: Cardanol Separation from CNSL: Problems and Perspectives. Proceedings of the 1st Brazilian Workshop on Green Chemistry Awareness*, UFC, 2008a. p 281 – 306.

CARVALHO, A.J.G.T. Oportunidades e Limitações da Cadeia Produtiva do Caju – Segmento Industrial da Castanha, CE. *In: 499º Encontro Semanal do Pacto de Cooperação da Agropecuária Cearense – AGROPACTO*, 7., 2007. Fortaleza.

CASHEW NUT BOARD OF TANZANIA, 2000. **production and processing of cashew nuts (the experience of Tanzania)**.

CASSADIO, G.P. *Cashew nut growing, processing and marketing with particular reference to Brasil. Report of UNIDO ID/WG*. 88/4, 50p., Salvador, 1971.

CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; CRISTO, C. M. P. N. Cadeia produtiva: marco conceitual para apoiar a prospecção tecnológica. *In: Anais do XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica*. Salvador, 2002.

CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V. & HOEFLICH, V. **Cadeias produtivas**. Florianópolis: UFSC/Embrapa/ Senar, 1999.

CASTRO, A.M.G.; PAEZ, M.L.A.; LIMA, S. M.V.; GOEDERT, W.J.; FREITAS FILHO, A. DE; VASCONCELOS, J.R.P. Prospecção de Demandas Tecnológicas no Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). *In: CASTRO, A.M.G.; LIMA, S.M.V. GOEDERT, W.J.; FREITAS FILHO, A. de; CAMPOS, F. A. DE A; VASCONCELOS, J.R.P. Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica*. Embrapa/DPD, Brasília, 1998.

CASTRO, A. M. G.; PAEZ, M. L. A.; GOMES, G. C.; CABRAL, J. R. Priorização de demandas da clientela de P&D em agropecuária. **Revista de Administração**. São Paulo, v. 31, n. 2, abril/junho, 1996.

CASTRO, A. M. G., COBBE, R. V., GOEDERT, W. J. **Prospecção de demandas tecnológicas**: Manual Metodológico para o SNPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento de Pesquisa e Difusão de Tecnologia. Brasília: Embrapa- DPD, 1995.

CAVALCANTI JUNIOR, A. T.; CORREA, D.; BUENO, D. Propagação. *In: BARROS, L. M. Caju. Produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 43-48.

CAVALCANTI, J. J. V. ; BARROS, L. de M. . Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil. *In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS*, 1, 2009, FORTALEZA. **Anais....** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 83-101.

CAVALCANTI, J. J. V.; RESENDE, M. D. V.; CRISOSTOMO, J. R, BARROS, L. M, PAIVA, J. R. *Genetic control of quantitative traits and hybrid breeding strategies for cashew improvement*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, p. 186-195, 2007.

CDI,. *Cashew nuts: potential in Africa*. **Partnership**, v.18,p.6-7, 1995.

CHAVAN, S.S.; LAD, B.L.; DESHPANDE, R.S.; DHONUKSHE, B.L. Tissue culture studies in cashew. **Annals of Plant Physiology** , v.11, n.1, p.67-70, 1997.

CHERUBINI, F. *The Biorefinery Concept Using Biomass Instead of Oil for Producing Energy and Chemicals.*; **Energy Conversion Management**. 51, 1412, 2010.

CHERUBINI, F.; STROMMAN, A. H.; *Production of Biofuels and Biochemicals from Lignocellulosic Biomass: Estimation of Maximum Theoretical Yields and Efficiencies Using Matrix Algebra*. **Energy Fuels**. 24, 2657, 2010.

CHERUBINI, F.; *Biofuels, Bioprod. Biorefin.* V.3, 534p, 2009.

CHERUBINI, F.; BIRD, N.; COWIE, A.; JUNGMEIER, G.; SCHLAMADINGER, B.; WOESS-GALLASCH, S. Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: key issues, ranges and recommendations. **Resources, Conservation and Recycling**, v.53, p.434-447, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256 p.

CHOWDHURY T.A.; CHOWDHURY, S. S. *Performance Evaluation of Agricultural Banks in Bangladesh*. **International Journal of Business and Management** .Vol. 6, No. 4; April 2011.

CIANCI, F. C.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. M. C. Clarificação e concentração de suco de caju por processos com membranas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 579-83, jul./set. 2005.

COBAS, V. Caju: é vitamina, é proteína, é riqueza para o país. **JBM cultural**, Rio de Janeiro, v.66, n.59, p.27-32, jan/fev., 1994.

CONCEIÇÃO, J.C.P.R. da. **A influência de variáveis de mercado e de programas governamentais na determinação de preços de produtos agrícolas**. Brasília, DF: IPEA, 2006.

CONTICINI, L.; FIORINO, P.; TORCIA, P. *Tecniche e limiti nella propagazione dell'anacardio (Anacardium occidentale L.)*. **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale** , v.82, n.4, p.611-629, 1988.

CORRÊA, M. P.; **A Divulgação do Índice Ultravioleta como Prevenção ao Excesso de Exposição ao Sol: uma Contribuição da Meteorologia para o Desenvolvimento de Políticas Públicas para a Saúde no País**, 2003.

CORREIA, S. J.; David, J. P.; David, J. M. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Quim. Nova** 2006, 29, 1287.

COSTA, L. O. **Indicações para a construção de um modelo organizacional para a inserção competitiva dos pequenos produtores de castanha de caju do Ceará globalizado**. Fortaleza: UFC, 2008.

COURI, S. *et al.* Comparação entre os tratamentos com Tanase e com gelatina para clarificação do suco de caju (Anacardium occidentale L. **Bol. Centro Pesqui.Process. Aliment.**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 41-54, jan./jun. 2002.

CRISÓSTOMOS, L. A.; SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V.H.; RAIJ, B. V.; BERNARDI, A.C.C.; SILVA, C.A.; SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce: Aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação**. EMBRAPA. Circular técnica, nº10. Fortaleza, out. 2001.

CUNHA, P. L. R.; PAULA, R. C. M. de; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos na biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Quím. Nova**, v. 32, p. 649-660, 2009.

DANTAS FILHO, L. A. **Valor nutritivo do subproduto do pseudofruto do cajueiro**

**tratado ou não com uréia em dietas para ovinos**, 2010. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.2010. 72 f.

DAS, S.; JHA, T.B.; JHA, S. *In vitro propagation of cashew nut*. **Plant Cell Reports**, v.15, n.8, p.615-619, 1996.

DAUTHY, M. E. **Fruit and vegetable processing**. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1995. Disponível em: <[http://www.vouranis.com/uploads/6/2/8/5/6285823/fao\\_fruit\\_\\_veg\\_processing.pdf](http://www.vouranis.com/uploads/6/2/8/5/6285823/fao_fruit__veg_processing.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2017.

DEMIRBAS, A. *Biorefineries: Current activities and future developments*. **Energy Conversion and Management**, v.50, p.2782-2801, 2009a. Disponível em: <[http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/gcea-ibge\\_relatorio\\_de\\_ocorrencias\\_dez-2016.pdf](http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/gcea-ibge_relatorio_de_ocorrencias_dez-2016.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2017.

DOSSIÊ Gomas. As gomas exsudadas de plantas, **Food Ingredients Brasil**, n. 17, p. 26-46, 2011.

DOURADO, E. M. C. B. ; SILVA, L. M. R. ; KHAN, A. S. Análise econômica da minifábrica processadora de castanha de caju. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 30, n. 4 p. 1014-1037, out-dez. 1999.

DYSON, F; **O Sol, o genoma e a internet**. Companhia das letras, SP. (2001).

EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Informação Tecnológica -Coleção 500 Perguntas 500 Respostas- Capítulo 1: **Aproveitamento Industrial do Caju**. Disponível em: <http://www.sct.embrapa.br/500p500r/>, acesso em Janeiro 2012.

EMBRAPA – Embrapa agroindústria tropical, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro empresas. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial**: castanha de caju. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2003. 131p.: il –(Série agronegócios).

EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial**: castanha de caju / Capítulo 3: minifábricas de castanha. Embrapa Agroindústria Tropical, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

European Federation of Biotechnology (EFB). **Section of Environmental Biotechnology**. Available at: <http://www.efb-central.org/index.php/environmental/>. Accessed at: September, 2014.

FAOSTAT Production and Trade - FAO. **Cashew nut – 1994-2011**. Roma, 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

FAOSTAT Production and Trade - FAO. **Production. Crops**. 1988a. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

FAOSTAT Production and Trade - FAO. **Crops and livestock production**. 1988b. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ – FIEC. O desafio da cajucultura. **Revista da FIEC**, Fortaleza, v. 1, n. 6, novembro, 2007.

FIEC – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ. O desafio da cajucultura. **Revista da FIEC**. Fortaleza, v. 1, n. 6, novembro, 2007.

FIGUEIRÊDO JÚNIOR, H. S. Desafios para a cajucultura no Brasil: análise de competitividade e recomendações para o setor. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 371-394, jul./set., 2008.

FIGUEIREDO, Adelson Martins; SOUZA FILHO, Hildo Meirelles de; GUANZIROLI, Carlos Henrique; JUNIOR, A.S.V. **Competitividade ameaçada**: análise da estrutura de governança do agrossistema brasileiro da amêndoa de castanha de caju. 47<sup>o</sup> Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre/RS, 2009.

FIGUEIREDO, F. A. B. **Pirólise e Gaseificação de Casca de Castanha de Caju**: Avaliação da Produção de Gás, Líquidos e Sólidos. UNICAMP, 2009.

FIGUEIREDO, R. W. et al. Physical: chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during developments and maturation. **Food Chem.**, v. 77, n. 3, p. 343-7, June 2002.

FIGUEIREDO, R. W.; LIMA, A. C.; PAIVA, F. F. de A.; BASTOS, M. do S. R.; MELO, Q. M. S.; FREIRE, F. Das C. O.; ALVES, R. E. Colheita e pós-colheita da castanha. *In*: ALVES, R. E. ; FILGUEIRAS, H. A. C. (Ed) **Caju: Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Brasília: Informação tecnológica, 2002. p. 30-36.(Frutas do Brasil,31).

FIGUEIREDO, F. J. S; FILHO, A. G. **Análise do processo de beneficiamento da castanha de caju dentro do Princípio da Produção Segura**. *In*: ENEGEP 97, 1997, GRAMADO, 1997.

FLEMING, J. S.; HABIBI, S.; MACLEAN, H. L.; *Transp. Res. Part D: Transport Environment*. 11, 146, 2006.

FRANÇA, F. M. C.; BEZERRA, F. F.; MIRANDA, E. Q.; SOUSA NETO, J. M. **Agronegócio do caju no Ceará**: cenário atual e propostas inovadoras. Fortaleza: Federação das Indústrias do Estado do Ceará, Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará, 2008.

FRANCHI, M. A.; LEVY, P.; CRISTIANINI, M. *Ultra high pressure homogenization of orange juice to control spoilage lactic acid bacteria and Escherichi colieffect of multiple treatments*. *In*: *International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology*, 3. 2004, Rio de Janeiro. **Book of Abstracts**. Rio de Janeiro, p.118,2004.

FROTA, P. C. E.; PARENTE, J. I. G. Clima e fenologia do cajueiro. *In*: ARAÚJO,

J.P.P; SILVA, V.V. (Org.). **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p. 43-54.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Os frutos sociais do caju**. São Paulo: todos os bichos, 2010. 203p.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Desenvolvimento regional sustentável** . Volume 4 – Fruticultura: Caju. 1ª ed. Brasília: FBB, 2010.

GARNA, H.; EMAGA, T. H.; ROBERT, C.; PAQUOT, M. New method for the purification of electrically charged polyssacharides. **Food Hydrocolloids** , v.25, p.1219 -1226, 2011.

GASOL, C. M.; GABARRELL, X.; ANTON, A.; RIGOLA, M.; CARRASCO, J.; CIRIA, P.; **Biomass Bioenergy** 2007, 31, 543.

GASPARETTO, D., MACEDO, A. C., SANTANA, M. H. A., SCHMIDT, FLÁVIO L., *UNOPAR Cient.*, Caracterização do processo de separação por membranas aplicado a remoção de taninos do suco de caju. **Ciênc. Exatas. Tecnol.**, Londrina, v. 6, p. 57-65, nov. 2007.

GEDAM P. H.; SAMPATHKUMARAN P. S. *Cashew nut shell liquid: extraction, chemistry and applications*. **Prog Org Coat**, v. 14, p. 115-157, 1986.

GHATAK, H. R. *Biorefineries from the perspective of sustainability: Feedstocks, products, and processes*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, p.4042- 4052, 2011.

GIRARD, B.; FUKUMOTO, L.R. *Membrane Processing of Fruit Juices and Beverages: A review Critical reviews in food science and nutrition*. **Journal Critical Reviews in Biotechnology**, v. 40, n. 2, p. 91-157, 2000.

GOLDEMBERG, J.; GUARDABASSI, P.; *Biofuels, Bioprod.* **Bioref.** 2010, 4, 17.

GREEN Chemistry – CGEE. **Química verde no Brasil: 2010-2030**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

GUALBERTO FILHO, A.; FIGUEIREDO, F. J. S. **Análise do processo de beneficiamento da castanha de caju dentro do Princípio da Produção Segura**. In: ENEGEP 97, 1997, GRAMADO, 1997

GUANZIROLI, C.E; SOUZA FILHO, H.M; VALENTE JUNIOR, A; BASCO, C A. Entraves ao Desenvolvimento da Cajucultura no Nordeste: Margens de Comercialização ou Aumentos de Produtividade e de Escala?. **Revista Extensão Rural**, DEAER/PPGExR – CCR – UFSM, Ano XVI, nº 18, Jul – Dez de 2009

HASLAM, E. *Chemistry of vegetable tannins*. **New York: Academic Press**, 1966. 177p.

HARILAL, K. N; NAZNEEN KANJI, J; JEYARANJAN, M. E.; and SWAMINTHAN, P.; **Power in Global Value Chains: Implications for Employment and Livelihoods in the Cashew Nut Industry in India**. London: International Institute for Environment and

*Development* – IIED, 2006.

HAYES, D. J.; Ross, J.; Hayes, M. H. B.; Fitzpatrick, S.; ***The Biofine Process: Production of Levulinic Acid, Furfural and Formic Acid from Lignocellulosic Feedstocks from Second-generation biofuels***, 2006.

HOBBELINK, H. Introdução: sobre a esperança e a promessa. *In: Biotecnologia, muito além da Revolução Verde. Desafio ou desastre*. Porto Alegre: Riocel, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2007**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=74&z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – INEE. Disponível: <<http://www.inee.org.br/downloads/eventos/1115waldirquirino%20ibama.ppt#285,4slide4>> acessado em 19/10/2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Technology Roadmaps: Biofuels for transport**. p.56. 2011.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Sustainable Production of Second-Generation Biofuels**. p.221. 2010.

IZIDORO, B.C; ORSI,G.C;CORDEIRO,L.R. **Estudo do panorama nacional para sistemas fotovoltaicos conectados à rede após a Resolução 482/2012 da ANEEL**. Curitiba: UTFPR,2014)

JÁ, RODRIGUES. Do Engenho à Biorrefinaria. A Usina do açúcar como Empreendimento Industrial para a Geração de Produtos Bioquímicos e Biocombustíveis. **Química Nova**, Vol. 34, N<sup>o</sup> 7, 1242-1254, 2011

JIAO, B.; CASSANO, A.; DRIOLI, E. *Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices:a review*. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 303-324, 2004.

KELITA C. S. ANDRADE, CARLOS W. P. DE CARVALHO, CRISTINA Y. TAKEITI, HENRIETTE M. C. DE AZEREDO, JEFERSON DA S. CORRÊA, CAMILA M. CALDAS. Goma de Cajueiro (*Anacardium occidentale*): Avaliação das Modificações Químicas e Físicas por Extrusão Termoplástica. **Polimeros**, 2013.

KERBAUY, G. B., ESTELITA, M. E., M. *Formation of rotocorm-like bodies from sliced root apexes of *Clowesia warscewiczii**. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**,v.8, p.157-159, 1996.

KNORR, D. ; HEINZ, M.Z.V. ; LEE, D. *Applications and potencial of ultrasonics in food processing*. **Trends in Applied in Sciences & Technology**, London, v.15, n.5, p.261-266, May,2004.

KOUNIAKI, S.; KAJDA, P.; ZABETAKIS, I. *The effect of high hydrostatic pressure on anthocyanins and ascorbic acid in blackcurrants, (*Ribes nigrum*)* **Flavour and Fragrance Journal** v.19, n.4, p.281-286, 2004.

KREULA, M. AIV silage. Helsinki, Finland: Valio Laboratory, 1979.

KUMAR, P. P.; Paramashivappa, R.; VITHAYATHIL, P. J.; RAO, P. V. S.; RAO, A. S.; *J. Agric. Food Chem.* 50, 4705, 2002.

LAAMAN, T. R. *Hydrocolloids In Food Processing*. Wiley-Blackwell, 2011.

LANGE, J. P.; *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 2007, 1, 39.

LEITE, L.A. de S. **A agroindústria do caju no Brasil: Políticas públicas e transformações econômicas**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, 1994.

LEUNG, M. C.; NG G. Y.; YIP K. K. Effect of ultrasound on acute inflammation of transected medial collateral ligaments. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. v.86, Jun 2004.

LEVA, A.R.; FALCONE, A.M. Propagation and organogenesis "in vitro" of *Anacardium occidentale* L. *Acta Horticulturae* , n. 280, p.143-146, 1990.

LIEVENS, C.; PYLYSER, M.; BOXUS, P. *First results about micropropagation of Anacardium occidentale by tissue culture*. *Fruits* , v.44, n.10, p.553-557, 1989.

LIMA, A. C. Colheita e pós-colheita da castanha-de-caju. In: ARAÚJO, J. P. P. de. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. parte 6, cap. 1, p. 375-388. II.

LIMA, E.D; CARIOCA, J.O.B.; **Processo de despeliculagem da amêndoa da castanha de caju com aplicação de frio e ultra-som**, 2009. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

LIMA, R. L. S.; FERNANDES, V. L. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; OLIVEIRA, V. H. Crescimento de Mudas de Cajueiro –Anão -Precoce CCP– 76 Submetidas á Adubação Orgânica e Mineral. *Rev. Bras. Fruticultura, Jaboticabal-SP*, v. 23, n. 2, p. 391-395, agosto de 2001b.

LIMA, V.de P.M.S. – org. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Escritório técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, 1988, 486p.

LOPES NETO, A. **Agroindústria do Caju**. Ed. IPLANCE, Fortaleza,1997.

LOPES NETO, A. **A industrialização da castanha de caju**. Superintendência o Desenvolvimento do Estado do Ceará, SUDEC, Divisão de Experimentação agropecuária, Publ.N.6, 60p., 1972.

LOPES, A.A.S.; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2004.

LOPES, J.G.V.; OLIVEIRA, F.M.M.; ALMEIDA, J.I.L.; BARROS, L.M. Ensaio preliminar com minifábrica do cajueiro ( *Anacardium occidentale* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v.9,n.3,p.17-19,1987.

LSPA – **Áreas colhidas de castanha de caju do ceará**. Disponível em: <

[http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/gceaibge\\_relatorio\\_de\\_ocorrencias\\_dez-2016.pdf](http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/gceaibge_relatorio_de_ocorrencias_dez-2016.pdf)> Acesso em: 15 jan. 2017.

LUNA, J.V.U. **Manual de fruticultura tropical** . Circular técnica n.4. EBDA, Salvador, 1997. 91p.

MAHEEPALA, B. K. Manager Director, Buddhi Industries (PVT) LTD, **Sole Producers & Distributors of Cashew Shelling Machines**, Dewalapola, Sri Lanka. Disponível em: <<http://www.buddhindustry.com>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

MAIA, G. A.; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, G. S. F. *et alii* . **Aproveitamento industrial do caju (*Anacardium occidentale*, L.)**. Fortaleza-CE: Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC),1981.

MAIA, G. A.; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, G. S. F. *et alii* . **Aproveitamento industrial do caju (*Anacardium occidentale*, L.)**. Fortaleza-CE: Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC),1981.

MAIA, G. A & STULL, J.W. **Composição de ácidos graxos dos lipídios do caju (*Anacardium occidentale* L.)** Ciênc. Agron. 7 (1-2): 49-51, Fortaleza, 1977.

MARRIS, E.; *Nature* 2006, 244, 670.

MARTINS, M. F; CANDIDO, G. A. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. *In*: CANDIDO, G. A. **Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade**: formas de aplicação em contextos geográficos diversos e contingências específicas. Campina Grande – PB: UFCG,, 2010.

MATOS, J. E. X; SILVA, F. J. A da;VIEIRA, P.B..**Rev. Tecnol.** Fortaleza, v. 29, n. 1, p. 101-109, jun. 2008

MATOS, A.L.A. **Coordenação Vertical na Cadeia Produtiva da Amêndoa da Castanha de Caju do Estado do Ceará**, 2004. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2004.

MATTA, V. M.; MORETTI, R. H.; CABRAL, L. M. C. *Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice*. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p.477-482, 2004.

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MEL, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 732-741, 2009.

MAZZETTO, S. E. **Relatório de Pós-doutorado**, Università Degli Studi Di Lecce, Itália, 2002.

McCLEMENTS, J. *Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing*. **Trend in Food Science and Technology**, Oxford, UK, v.6, n.9, p. 293-299, Sept.1995.

MELO, (et al) **Análise Da Eficiência Energética Na Indústria** – Proposta De Metodologia, Vi National Congress Of Mechanical Engineering August 18 – 21, Campina Grande – Paraíba – Brazil), 2010.

MIRANDA, F. R. Irrigação do Cajueiro. *In: Agronegócio do caju: práticas e inovações*, Embrapa, v. 1. p 167-174, 2013.

MOHD-SETAPAR, S. H; ABD-TALIB, N.; AZIZ, R. *Review on Crucial Parameters of Silage Quality*. **APCBEE Procedia**, v. 3, p. 99–103, 2012.

MORAES, I. V. M; FILGUEIRAS, H. A. C; SILVA NETO, R. M; PAIVA, F.F. de A; GARRUTI, D. S; CASEMIRO, A. R. S. de: Aproveitamento industrial do pedúnculo do caju. *In: ARAÚJO, J. P. F. de. (org.). Agronegócio do Caju: práticas e inovações*. Fortaleza: Embrapa, 2013. p

MORESI, M.; LO PRESTI S. *Present and potential applications of membrane processing in the food industry*. **Italian Food and Beverage Technology**, v.36, p.11–33, 2004.

MOTTER, A. A. **Estudo de cadeias produtivas e sistemas naturais para prospecção de demandas tecnológicas do agronegócio paranaense**. Londrina: IAPAR, 1996.

MOURA, C.F.H; ALVES, R. E; SILVA, E.O:Colheita e conservação pós-colheita do pedúnculo de caju. *In: ARAÚJO, J. P. F. de. (org.). Agronegócio do Caju: práticas e inovações*. Fortaleza: Embrapa, 2013. p.277-290

MOURA, C.F.H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale L. var nanum*) irrigados**. 1998. 96f. Dissertacao (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 1998.

*National Renewable Energy Laboratory (NREL)*. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html>>. Acesso 12 dez. 2016.

NAYAR, K.G. 1995. **cashew : a crop with unlimited potential**. *The cashew*, Jan/March, 1995.

NAYUDAMMA, Y. & RAO, K. C. *Cashew testa: its use in leather industry*. **India Cashew Journal**, 4(2):12-13, 1967.

NETO, A. B. T., et al. Cinética e caracterização físico -química do fermentado do pseudofruto do caju. **Química Nova**, v.29, n. 3, p. 489-492, 2006.

NETO, J.C.; **Competitividade na pequena produção agroindustrial: Estudo da agroindústria castanha de caju**,2006. Tese submetida ao programa de engenharia de Produção da UFRN, Natal, RN-2006.

NUSSINOVITCH, A.; HIRASHIMA, M.; **Coocking Innovations: Using Hydrocolloids for Thickening, Gelling and Emulsification**. FI, USA: CRC Press., 2011.

OHLEER, J.G. **Cashew**. Amsterdã, Departament of Agricultural Researche. Koninkiljk

*Intuit voor de Tropen*, 1979 (Communications,71).

OKUNO, E. ; CALDAS, I. L. ; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. 2. ed.São Paulo: Harbra, 1986. 490p.

OLIVEIRA, L. D. M.; **Síntese, caracterização e funcionalidade de aditivos de lubrificidade, derivados do LCC**, 2007. Dissertação de Mestrado.Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2007.

OLIVEIRA, L. G. L.; IPIRANGA, A. S. R. Sustentabilidade e Inovação na Cadeia Produtiva do Caju no Ceará. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 7, n. 2, p. 252-272, 2009.

PAIVA, F. F. A. **Coeficientes técnicos, custo de produção e receitas para minifábrica de castanha de caju**. Fortaleza: Embrapa, 2016.

PAIVA, F.F. de A.; SILVA NETO, R. M. da: Processamento industrial da castanha-de-caju. In: ARAÚJO, J. P. F. de. (org.). **Agronegócio do Caju**: práticas e inovações. Fortaleza: Embrapa, 2013. p.395-464.

PAIVA, F. F. A., SILVA NETO, R.M, PESSOA, P.F.A. de P, LEITE, L. A. S. **Processamento de castanha de caju**. Brasília, DF: Coleção Agroindústria Familiar, 53p,2006.

PAIVA, F. F. A.; SILVA NETO, R. M. **Industrialização da castanha de caju**:processo manual. Teresina: SEBRAE, 2004. v. 1.

PAIVA, F. F. A; LEITE, L.A. de S; PAULA PESSOA, P.F.A. ;SILVA NETO, R. M. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial**: castanha-de-caju. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical:SEBRAE/CE; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.131p. (Série agronegócio).

PAIVA, F. F. A.; GARRUTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento Industrial do caju**. Fortaleza:EMBRAPA – Agroindústria Tropical, 2000.

PAIVA, F.F. de A.; SILVA NETO, R.M. da; PAULA PESSOA, P.F.A. de. **Minifábrica de processamento de castanha de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 22p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 07).

PAIVA, F. F. A. O Aproveitamento Industrial do Caju. *In*: Carvalho, A. R. e J.A. Teles (org.) **Caju**: Negócio & Prazer. SETUR, Governo do Estado do Ceará, Fortaleza,1997.

PAIVA, F. F.A, GARRUTI, D. S., SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial do caju**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1996, 25p.

PARAMAHIVAPPA, R.; PANIR KUMAR, P.; VITHAYATHIL, P. J. *Srinivasa Rao Novel Method for isolation of Major Phenolic Constituents from Cashew (Anacardium Occidentale L.) Nut Shell Liquid*, **J. Agric. Food Chem.**, 49, 2548-2551, 2001.

PARENTE,J.I.G.;OLIVEIRA,V.H. Manejo da cultura do cajueiro. *In*: ARAUJO,J.P.P.;SILVA.V.V.(Org).**Cajucultura**: Modernas técnicas de produção.

Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1995, p.203-247.

PARENTE, J.I.G.; BUENO, D.M. Recuperação de cajueiro-comum de baixa produção pela substituição de copa, através da enxertia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.13,n.2,p.195-197, 1991.

PESSOA, P. F. A. de P. ; MATTOS, A. L. A. ; ROSA, M. F. ; FIGUEIREDO, M. C. B. ; PAIVA, F. F. A. . Minifábrica de processamento de castanha-de-caju. *In*: MAGALHÃES, M. C. ; VEDOVOTO, G. L. ; IRIAS, L. J. M. ; VIEIRA, R. de C. M. T. ; ÁVILA, A. F. D.. (Org.). **Avaliação dos impactos da pesquisa da EMBRAPA: uma amostra de 12 tecnologias**. 13ed.Brasília: Embrapa - Secretaria de gestão estratégica, 2006, v. 13, p. 153-167.

PESSOA, P.F.A. de P; LEITE, L.A.S **Cultivo do cajueiro no Nordeste brasileiro: o agronegócio caju**. 12º AGRINORDESTE, realizado nos dias 22 e 23 de setembro de 2004, em Olinda-PE.

PESSOA, P. F. A de P.; LIMA, A. C.; LEITE, L. A. S. **Classificação e seleção de matéria-prima**: atividades vitais para alavancar a competitividade da cadeia produtiva da amêndoa de castanha de caju brasileira. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003.

PESSOA, P. F. A. de P. **Importância econômica da cajucultura**. Fortaleza: EMBRAPA, 2003.

PESSOA, P. F. A. de P.; LEITE, L. A. de S.; PIMENTEL, C. R. M. Situação atual e perspectivas de agroindústria do caju. *In*: ARAÚJO, J. P.P. de; SILVA, V.V. da (Orgs). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, 1995. p.23-42.

PESSOA, P. F. A de P., LEMOS, J.J de S. Crescimento e instabilidade da renda na cajucultura cearense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v.28,n.2,p.235-254, abr/jun.1990.

PAULA, R. C. M.; RODRIGUES, J. F. *Composition and rheological properties of cashew tree gum, the exudates polysaccharide from Anacardium occidentale L.* **Carbohydrate Polymers** , v.26, p.177-81, 2001.

PAZIANI, S. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S.; IGARASI, M. S.; PEDROSO, A. F.; MARI, L. J. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v.28, p.265-271, 2006.

PEIXOTO, D.O. **Elaboração de um creme de amêndoas de castanha de caju e otimização do tempo de tostagem da amêndoa**. 2003. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

PERLOTTI, E. *et al.* **Propostas para a Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira**; Estudo do grupo setorial de sistemas fotovoltaicos da Abinee; 2012.

PHILIP, V.J. *In vitro organogenesis and plantlet formation in cashew (Anacardium occidentale L.)*. **Annals of Botany** , v. 54, n.1, p.149-152, 1984.

PIMENTEL, C. R. M. **Castanha de caju: produção e consumo internacional**. Fortaleza. EMBRAPA – CNPCa. 18p. 1997.

PIMENTEL, C.R.M. **Aspectos da distribuição e produção do caju no Estado do Ceará**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPCa, (EMBRAPA-CNPCa). Boletim Pesquisa, 04)12p.1988.

PORTER, L.J. *Flavans and proanthocyanidins*. In: HARBORNE, J.B. (Ed.) *The flavonoids: advances in research since 1980*. **New York: Chapman and Hall**, 1988. 621 p.

QUINTERO, J. A.; MONTOYA, M. I.; SANCHES, O. J.; GIRALDO, O. H.; CARDONA, C. A. *Fuel Ethanol Production from Sugarcane and Corn: Comparative Analysis for a Colombian Case*. ; **Energy** 2008, 33, 385.

RANA, V.; RAI, P.; TIWARI, A. K.; SINGH, R. S.; KENNEDY, J. F.; KNILL, C. J. *Modified Gums: Approaches and applications in drug delivery*. **Carbohydrate Polymers**, n.83, p.1031-1047, 2011.

RAO, S.; **J. Agric. Food Chem.** 2002, 50, 4705.

REDDYA, V. A.; SAMPATHKUMARANA, P. S.; GEDAM, P.H. *Effect of oil length of alkyd on the physico-chemical properties of its coatings*. **Progress in Organic Coatings**, n. 14, p. 87–97, 1986, 14.

REES, W. E. *The Human Nature of Unsustainability*. In: HEINBERG, R.; Leich, D.; **The Post Carbon Reader: Managing the 21st Century Sustainability Crisis**. Watershed Media, 2010.

REIS, L. B. dos. **Energia elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais/ Lineu Belico dos Reis, Eldis Camargo Neves da Cunha**. – Barueri, SP: Manole – Coleção Ambiental; 2006.

RIOS, M. A. S.; Tese de Doutorado , Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2008.

RODRIGUES, T. H. S.; PINTO, G. A. S.; GONÇALVES, L. R. B. *Effects of inoculum concentration, temperature and carbon sources on tannase production during solid state fermentation of cashew apple bagasse*. **Biotechnology and Bioprocess Engineering** , New York, 13, p. 571-576, 2008.

RODRIGUES, F. H. A.; Souza, J. R. R.; França, F. C. F.; Ricardo, N. M. P. S.; Feitosa, J. P. A.; *Thermal Oligomerisation of Cardanol*. **e-Polymers** , 81 , 1, 1027–1040, 2006.

RODRIGUES, F.H.A. **Ação antioxidante de derivados do líquido da castanha de caju (LCC) sobre a degradação termooxidativa do POLI (1,4-CIS-ISOPRENO)**, 2006. 160 f. Tese (Doutorado em Química Inorgânica) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

RODRIGUES, F.H.A.; FEITOSA, J.P.A.; RICARDO, N.M.P.S.; FRANÇA, F.C.F.; CARIOCA, J.O.B. *Antioxidant Activity of Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) Derivatives on the Thermal Oxidation of Synthetic cis-1,4-Polysoprene*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 17, 265-271,2006.

RODRIGUES, J.A.R., Do engenho à biorrefinaria. A usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. **Quím. Nova** vol.34 no.7 São Paulo 2011.

RUTHER, R. *et. al.*; **Relatório Estádios Solares** — Opção Sustentável para a Copa 2014 no Brasil. UFSC, Instituto IDEAL. Brazilian-German Energy program, GTZ, 2010.

RUTHER, R. **Panorama Atual da Utilização da Energia Solar Fotovoltaica e o Trabalho do Labsolar nesta Área**, LABSOLAR - Laboratório de Energia Solar, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis/SC, 1999.

SA, I. S.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C. Concentração de suco de abacaxi através dos processos com membranas. **Brazilian Journal of Food Technology** , v.6, p.53-62, 2003.

SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V. H.; CRISÓSTOMO, L. A; BARROS, L. M. Irrigação e fertirrigação na cultura do caju-anão-precoce. *In*: SOUSA, V. F.; MAROUEELII, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; C. FILHO, M. A. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em frutas e hortaliças**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.399-412.

SANTOS, F. S.M. **Simulação computacional de processos de redução das emissões de CO2 de termoelétricas através da biofixação por microalgas**,2014. Tese de Doutorado, Engenharia de Pesca, UFC, 2014.

SANTOS, V.P.M. **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1988. Cap. 2, p.4361.

SEARCY, E.; FLYNN, P. C.; **Int. J. Green Energy** 2008, 5, 423.

SERRANO, L.A.L, PESSOA, P. F. A. **Sistemas de Produção do Caju**. Versão eletrônica, 2 edição, 193p, Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016.

SERRANO, L.A.L, OLIVEIRA, V. H: Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. *In*: ARAÚJO,J.P.F.de.(org.). **Agronegócio do Caju**: práticas e inovações. Fortaleza: Embrapa, 2013. p.77-159.

SILVA, K. M .B.; ALMEIDA, F. A. G.; SILVA, P. S. L. Rendimentos de pedúnculos e frutos, em seis safras, de clones de cajueiro-anão-precoce irrigados com diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Fruticultura** , Jaboticabal, v. 26, p. 474-477, 2004.

SILVA NETO, R. M. da. **Inspeção em indústria de beneficiamento da castanha de caju visando a implantação das boas práticas de fabricação**. 2000. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

SILVA, I.; SOUZA, L. *In vitro propagation of Anacardium occidentale L. Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v.29, n.1, p.1-6, 1992.

SIQUEIRA, A.M.A; BRITO, E. S. Aproveitamento do bagaço do caju para alimentação humana e utilização em outras indústrias de alimentos. In: ARAÚJO, J. P. F. de. (org.). **Agronegócio do Caju: práticas e inovações**. Fortaleza: Embrapa, 2013. p.349-361.

SMITH, D. C. *Plant breeding: development and success*. In: FREE, K. J. *Plant breeding*. Ames: The Iowa State University Press, 1967. p. 3-54.

SOARES, J. B. **O caju: Aspectos tecnológicos**. Fortaleza, BNB, 1986.256p.

SOMAN, C.R. *Cashew nut as a constituent of healthy diet*. In: **The cashew export promotion council of India**. Word Cashew Congress. Kochi, India, 2001.p.67-71.

SOUZA FILHO, H. M, GUANZIROLI, C.E, FIGUEIREDO, A. M., VALENTE JUNIOR, A.S. Barreiras às novas formas de coordenação no agrossistema do caju na região nordeste, Brasil. **Gestão & Produção**.São Carlos, v. 17, n. 2, p. 229-244, 2010.

SOUZA FILHO; H.M de; GUANZIROLI, C. E. ; FIGUEIREDO, A.M.; VALENTE J.R, AIRTON, S.. **Competitividade ameaçada: Análise da estrutura de governança do agrossistema brasileiro da amêndoa de castanha de caju**. XLVII CONGRESSO DA SOBER-Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Porto Alegre/RS, 2009.

SOUZA FILHO, M.S.M.; GARRUTI, D.S.; NASSU, R.T.; BASTOS, M.S.R.; ABREU, F.A.P.; MACHADO, T.F.; LIMA, A.C.; PAIVA, F.F.A.; SILVA NETO, R.M.; OLIVEIRA, M.E.B. Aproveitamento industrial do caju. In: SILVA, V.V. da (Org.). **Caju: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1998.

TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1998. 509p.

TRENTIN, Iran Carlos Lovis e PADILHA, Paulo Roberto Paim. **Agroindústria familiar orgânica e estratégias de marketing e comercialização**. XLIV CONGRESSO DA SOBER- Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Fortaleza/CE, 2006. Disponível em:<<http://www.sober.org.br/palestra/5/426.pdf> > Acesso em: 10/02/2017.

TREVAS FILHO, V. **Tecnologia dos produtos do pedúnculo do caju**. Fortaleza: BNB, 1971.

TREVISAN, M.T.S.; Pfundstein, B.; Haubner, R.; Wurtele, G.; Spiegelhalder, B.; Bartsch, H.; Owen, R. W.; **Food Chem. Toxicol.** 2006, 44, 188.

TSOUTOS, T, FRANTZESKAKI N, GEKAS V. Environmental impacts from the solar energy Technologies. **Energy Policy**. 33(3): 289-96, 2005.

TYMAN, J.H.P. *Synthetic and Natural Phenols*. In: *Studies in Organic Chemistry* 52. Amsterdam: **Elsevier Science B.V**, 1996.

TYROLOVA, Y.; VYBORNA, A. *The effects of wilting and biological and chemical additives on the fermentation process. Field pea silage Czech J. Anim. Sci.*, v. 56, n. 10, p. 427–432, 2011.

USAID – Brasil. **Análise da Indústria de Castanha de Caju:** inserção das micro e pequenas empresas no mercado internacional. Vol. I. Sucursal Brasil, Outubro de 2006.

USPTO – Patente Database. **The Cashew Export Promotion Council** .Disponível em: <<https://www.uspto.gov/patents-application-process/search-patents>> Acesso em 13 jul. 2016.

VIDAL, M.F. Situação da cajucultura Nordestina após a Seca. **Caderno Setorial ETENE**, ano 1, n.4, p.17-25, dezembro, 2016.

VIEIRA, E. M. **Estruturação de redes de cooperação para o desenvolvimento territorial rural:** estudo de caso do programa AGROALT na região do Alto Tietê. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) Programa de Pós-graduação Stricto Senso em Desenvolvimento Econômico. Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP, 2008.

WOESS-GALLASCH, S.; *RESOUR. Conserv. Recycling* 2009, 53, 434.

ZYLBERSZTAJN. D. Políticas agrícolas e comércio mundial – “Agribusiness”: conceito, dimensões e tendências. *In:* Fagundes. H. H. (Org). **Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas**. Brasília: IPEA, 1994 (Estudos de Política Agrícola, n. 28).

## ANEXO A – DEPÓSITO DE PATENTE

02/06/2017 870170037311  
12:53

00.000.2.2.17.0453992.1

**Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT**

Número do Processo: BR 10 2017 011723 5

**Dados do Depositante (71)**

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: JOSE OSVALDO BESERRA CARIOCA

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 01560093315

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: RUA MONSENHOR CATÃO, 1442 AP. 601 DIONISIO TORRES

Cidade: Fortaleza

Estado: CE

CEP: 60175000

País: Brasil

Telefone: 85 3461-2774

Fax:

Email: CARIOCA@UFC.BR

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 02/06/2017 às 12:53, Petição 870170037311

## ANEXO B – DEPÓSITO DE PATENTE

Dados do Pedido	
<b>Natureza Patente:</b>	10 - Patente de Invenção (PI)
<b>Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):</b>	CADEIA DE BIOREFINARIA SUPOSTADA ENERGETICAMENTE POR PAINEL FOTOVOLTAICO OBJETIVANDO O PROCESSAMENTO INTEGRAL DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO CAJUEIRO (CASTANHA, PEDÚNCULO, EXSUDADO, GALHOS E PODAS) E/OU SEUS RESÍDUOS E EFLUENTES GERADOS
<b>Resumo:</b>	<p>O presente pedido de patente tem como objetivo apresentar um processo de uma cadeia de biorefinarias para o aproveitamento dos componentes do cajueiro, de forma integral e sustentável, diferentemente dos procedimentos tradicionais, quer em grande ou em pequena escala. A promoção da conservação dos recursos naturais constitui um dos temas mais importantes na atualidade dentro do contexto das nações unidas e/ou outras instituições multilaterais tais como a OECDE, e o próprio banco mundial que promovem a preservação dos recursos naturais de forma sustentável, para as gerações futuras. Neste sentido, o cajueiro é uma planta com grande potencial socioeconômico nas regiões tropicais semiáridas que produz componentes com elevada capacidade de conversão em produtos de valor agregado, levando-se em conta as condições edafoclimático da região do nordeste brasileiro, onde ela se originou e se expandiu para outras áreas brasileiras e até mesmo para outras regiões do globo como a Ásia e África. Dentro deste contexto, o uso de biorefinarias para a exploração do potencial de extração de bioprodutos de valor agregado, constitui uma ferramenta adequada e oportuna, uma vez que esta utilização é feita de forma sustentável. Assim sendo, propõem-se o aproveitamento integral de todos os componentes do caju e/ou seus resíduos através de uma cadeia de biorefinarias. Destaque-se que nas regiões tropicais e/ou semiáridas existe um nível de insolação adequado para a geração de energia fotovoltaica que pode ser integrada para atender as necessidades da cadeia de biorefinarias, evitando a queima de resíduos para geração térmica que constitui uma ameaça para a elevação da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, bem como na captação e/ou tratamento de águas residuárias. Esta estratégia constitui um forte instrumento de integração social, adequado à geração de emprego e renda nas comunidades rurais existentes no Nordeste brasileiro.</p>
<b>Figura a publicar:</b>	5