

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

VI-029 - DESCRIÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL NO BENEFICIAMENTO DA CASTANHA DO CAJU.

Thiago Negreiros Moura(1)

Aluno de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Camilo Miguel Duarte Ribeiro

Aluno de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Carlos Enrique de Medeiros Jerônimo

Doutorando em Engenharia Química pelo PPGEQ/UFRN. Engenheiro Químico. Consultor Técnico em Engenharia Ambiental e de Processos.

Henio Normando de S. Melo

Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Química/UFRN. Mestre em Química Ambiental (UFPE). Doutor em Engenharia Ambiental (INSA/Toulouse-França). Chefe da Base de Pesquisa de Aplicação da Engenharia Ambiental na Preservação de Recursos Naturais no RN.

Ives Pacceli Negreiros Guimarães

Graduando em Farmácia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Bolsista PPPg.

Wanderson Diniz Lima

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar.

Endereço⁽¹⁾: Rua Morais Navarro, 2049 – Lagoa Nova – Natal – RN – CEP 59075770 – Brasil – Telefone: (55) – 84 – 88072333 – Fax: (55) – 84 – 2017286



: negreiros@eq.ufrn.br

RESUMO

A identificação dos pontos críticos ambientais num processo industrial visa a determinação de quais deles têm ou podem ter impactos ambientais significativos. Isso assegura que os aspectos referentes a esses pontos críticos significativos refletem-se nos objetivos e alvos das empresas. A identificação dos pontos críticos ambientais é um processo contínuo e a norma requer que as organizações mantenham as informações atualizadas. Nesse trabalho, é dada uma contribuição para obtenção de um detalhamento das etapas que compõem o processo produtivo do beneficiamento da castanha de caju, identificando-se pontos de impactos ambientais. A metodologia empregada baseia-se nos instrumentos metodológicos difundidos pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL). O estudo foi realizado avaliando-se o fluxograma genérico do processo produtivo. Os resultados apontam para problemáticas na geração de efluentes e resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Aspectos, Impactos Ambientais, LCC e Castanha de Caju.

INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é considerado uma das fruteiras mais importantes e de ampla distribuição nos trópicos. Sua origem é bastante discutida, mas as provas indicam, de forma convincente, ser o Brasil ou todo o Norte da América do Sul e parte da América Central, os centros de procedência dessa espécie. O fruto proveniente dessa árvore se divide em um pseudofruto (ou pedúnculo) e a castanha (o fruto propriamente dito).

Além das qualidades nutritivas e medicinais contidas na castanha originária do caju, seu sabor exótico tornou-a popular ao longo dos anos. Hoje, é largamente apreciada em todos os países do mundo, para o acompanhamento de drinks ou na composição de aperitivos sofisticados.

A castanha apresenta-se bastante significativa no contexto produtivo do país, quase sempre superando 100 mil toneladas anuais. A produção de castanha tem apresentado oscilações a cada ano, isto está relacionado à quantidade de chuvas no período. Há uma tendência de estabilização em curto prazo e aumento a médio e longo prazo, pela incorporação de novos plantios com materiais selecionados. Porém, isto dependerá do comportamento do mercado externo da amêndoa e, sobretudo do maior aproveitamento do pedúnculo, entre outros fatores, que poderão estimular os produtores.

Dentro do contexto mundial, o Brasil se insere como o segundo produtor de castanhas de caju, ficando abaixo apenas da Índia. Sua área plantada situa-se em torno de 680 mil hectares, concentrando-se na região nordeste, onde representa uma atividade de elevada importância econômica e social.

Entre os principais produtos do Estado do Rio Grande do norte, segundo o levantamento do IBGE, a castanha de caju vem ocupando o sexto lugar no ranking de produção, ranking esse liderado pela cana-de-açúcar com cerca de 2 milhões de toneladas anuais.

No setor de beneficiamento de castanhas, como nas demais atividades industriais, ocorre a ausência de programas e/ou políticas ambientais eficazes. Essa falta de preocupação por parte das indústrias existe devido à ineficiência da fiscalização dos órgãos responsáveis ou até mesmo por interferências políticas.

Como toda atividade produtiva, proveniente de recursos naturais, de grande respaldo econômico vem seguida e entrelaçada a vários aspectos ambientais como forma de 'barreiras' ao desenvolvimento sustentável. Em grande parte a existência de 'indigestos' subprodutos nas características de resíduos sólidos e efluentes líquidos que precisam ser submetidos a sistemas de tratamento antes de disposto ao meio ambiente é uma dessas barreiras.

Contudo, esse trabalho tem por objetivo diagnosticar os pontos críticos que comprometem o meio ambiente proveniente do processo de beneficiamento da castanha de caju, avaliando cada etapa do fluxograma de produção, e a partir dessa avaliação se identificar os pontos críticos e buscar soluções que direcionem a ações corretivas, se possíveis diretamente na fonte.

ASPECTOS TEÓRICOS

O cajueiro é uma árvore nativa do nordeste brasileiro, introduzida em outros países como a Índia e Moçambique, pelos colonizadores portugueses. Esses dois países, juntamente com o Brasil, são responsáveis por 80% da produção mundial de castanha-de-caju. O Brasil participa com 35% desse total e exporta 90% de sua produção. A região nordeste é responsável por 99% da produção nacional de castanha de caju, que chega a 1,2 milhões de toneladas por ano, e o estado do Ceará responde por 48% desse total.

A produção de castanha tem apresentado oscilações a cada ano, isto está relacionado à quantidade de chuvas no período, podendo ser evidenciado pelos números fornecidos pelo IBGE em 2000 e 2001, onde pode-se observar a flutuação produtiva citada (ver tabela 01 e 02).

Tabela 01. Área destinada a colheita e área colhida, quantidade, rendimento médio e valor da produção de castanha do Brasil.

Área destinada a colheita (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (mil frutos)	Rendimento médio (frutos/ha)	Valor (1000 R\$)
652 599	651 169	138 608	212	105 645

- (1) Quantidade produzida em toneladas e rendimento médio em quilos por hectare.
 (2) Quantidade produzida em mil cachos e rendimento médio em cachos por hectare.

Tabela 02. Área destinada a colheita e área colhida, quantidade, rendimento médio e valor da produção dos principais produtos das lavouras permanentes - Brasil – 2001.

Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (1 000 R\$)
653 264	638 556	124 073	194	79 886

- (1) Quantidade produzida em 1000 frutos e rendimento médio em frutos por hectare

Os dados das tabelas comprovam a oscilação da produção da castanha de caju no Brasil com queda de 14.530 toneladas entre os anos de 2000 e 2001, segundo dados do IBGE.

Em relação ao processo produtivo de beneficiamento da castanha de caju é gerado o seguinte fluxograma, ilustrado na Figura 01.

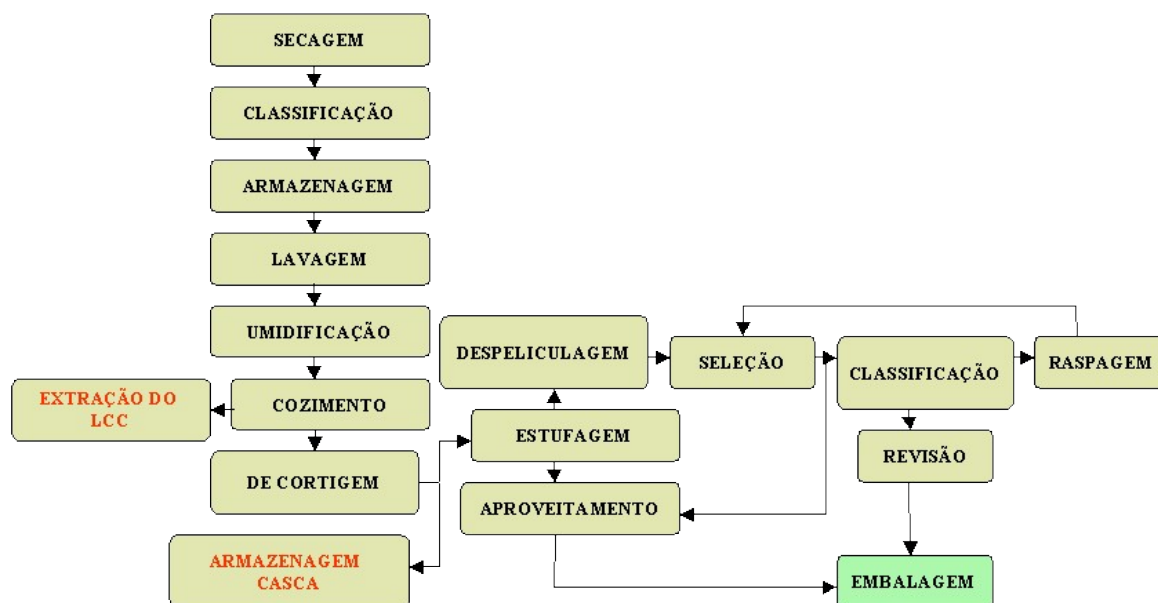


Figura 01. Detalhado do processamento

Dentre o processo produtivo, tem-se uma observação feita para o fluxograma padrão que é representado pela Figura 01.

O processo de beneficiamento da castanha de caju gera um montante considerável de resíduos sólidos e líquidos, que em sua grande maioria são descartados de forma inadequada, e em características não aceitas pela legislação vigente. Os principais resíduos sólidos gerados na atividade são a casca da castanha e o resíduo de película das amêndoas. Esses materiais compreendem uma fonte calorífica excelente.

Os resíduos sólidos gerados pelo processo produtivo do beneficiamento da castanha de caju são classificados segundo as normas da ABNT, NBR 10004, que classifica os resíduos sólidos em três classes.

Os resíduos observados no processo foram classificados na Tabela 03, como:

Tabela 03. Classificação dos resíduos sólidos do Processo

<i>Classe</i>	<i>Resíduo</i>
I – Perigosos	Borra com LCC
II – Não Inertes	Casca da castanha Películas
III – Inertes	Sacos de rafia

Quanto à emissão de gases, é uma quantidade também relevante proveniente principalmente das caldeiras, mas que são facilmente adaptados e enquadrados nos limites permitidos.

Dentre os resíduos líquidos liberados no processo produtivo o LCC (Líquido da Castanha de Caju) encontra-se como um dos principais subprodutos do processo. Esse material se constitui em um fluido viscoso, castanho-escuro, constituído por compostos fenólicos, que varia de acordo com a origem da castanha (principalmente ácido anacárdico). A literatura internacional apresenta centenas de uso para o LCC, a maioria deles reportado pelo conselho indiano de Fomento das Exportações de caju. A Índia é hoje o país que mais promove a utilização do líquido, cna qualidade de grande produtor e ofertador de know-how para inúmeras aplicações (MOTHÉ, 1994).

Menciona-se a produção de resinas para as indústrias de tintas, vernizes e esmaltes, equipamentos de fricção, plásticos, adesivos, impermeabilizantes, materiais elétricos e isolantes; resinas de troca iônica; formulações de borracha onde o LCC atua como plastificante e antioxidante; detergentes, fungicidas, inseticidas, desinfetantes e outros produtos menos convencionais (MOTHÉ, 1994).

METODOLOGIA

O procedimento metodológico seguiu da avaliação desenvolvida em três fases distintas:

- I – Levantamento do Fluxograma de produção do beneficiamento da castanha de caju
- II – Definição dos Pontos Críticos Ambientais
- III – Avaliação dos Impactos Ambientais

O levantamento de todas as etapas do processo, para formulação do fluxograma, foi obtido mediante visitas *in loco*, em indústrias de beneficiamento de castanha de caju do Rio Grande do Norte. Atentando para todos os materiais envolvidos e os reciclados do processo.

Para a obtenção dos pontos críticos de interesse ambiental, o procedimento utilizado constituiu da numeração seqüencial das operações relacionadas no fluxograma do processo produtivo. Cada etapa do fluxograma é avaliada e qualificada como crítica ou não. Definidos os pontos, estes foram listados como aspectos de entrada e saída, descritos no fluxograma do processo produtivo.

Contudo, as manifestações dos impactos ambientais foram identificadas, **supondo que não existia nenhuma forma de controle destes impactos**, exceto aquelas que desempenhavam função essencial no processo. Estas manifestações sendo por:

- a. Entradas: uso de recursos naturais
- b. Saídas: contaminação das águas; contaminação do solo e/ou águas subterrâneas; contaminação do ar.

Os pontos críticos ambientais foram identificados mediante desenvolvimento do fluxograma do processo produtivo e avaliados os seus graus impactantes baseando-se nas restrições especificadas pela legislação vigente. A partir da identificação e classificação dos pontos impactantes tem-se dados suficientes para elaborar um detalhamento completo de cada etapa e quais medidas podem ser tomadas de forma a otimizar o processo e paralelamente evitando o desperdício.

Operação / etapa do processo Descrição do Aspecto Impacto

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira etapa do trabalho seguiu do levantamento do fluxograma do processo, após a elaboração desse, iniciou-se a

segunda etapa do trabalho, que consistiu em analisar cada etapa do processo direcionando para uma ótica que evidenciasse os principais pontos críticos ambientais.

Com o resultado dessa avaliação chegou-se aos seguintes pontos:

- Recepção e secagem da castanha: Essa etapa contempla a chegada da castanha em sacos de rafia e em seguida dispostos em um secador solar. Evidenciou-se uma perda de matéria-prima proveniente de falhas no saco ou de manuseio operacional. Além de tudo, esses sacos rasgados tornam-se resíduos sólidos. Algumas formas de se otimizar essa perda de matéria-prima é a implantação de programas de boas práticas e um melhor treinamento dos operários, além de avaliações da qualidade do tipo de material utilizado do saco de acondicionamento.
- Seleção e ensacamento: Na seleção, as castanhas já estão secas e prontas para serem armazenadas, passam por uma máquina seletiva, selecionando as castanhas pelo tamanho. Pode-se presenciar a possibilidade de perda da matéria-prima essencialmente por falta de manutenção das máquinas ou por erro humano na hora de posicionar o saco de rafia na máquina. Em casos mais extremos, o direcionamento pode ser gerado por tecnologia ultrapassada ou projeto mal estruturado para o processo, que resultam numa geração excessiva de resíduos; nesses casos, a modificação de tecnologia se exime como única maneira de solução definitiva.
- Armazenamento: Etapa com tempo indeterminado, dependente da capacidade produtiva da empresa, e por isso bastante favorável a ruptura dos sacos de rafia e conseqüente derramamento de castanha. Esse derramamento de matéria-prima se não for reensacado o mais rápido e da forma mais eficiente possível, pode se tornar um ponto bastante considerável de perda desse material.
- Lavagem: A lavagem da castanha seca proveniente da etapa de armazenamento consiste na entrada da castanha suja juntamente com a água, gerando um volume considerável de efluente líquido dotado de um alto potencial poluidor (LCC liberado pela castanha) juntamente com materiais em suspensão, como areia, cascas etc. Esse material se descartado de maneira indiscriminada e sem qualquer forma de tratamento pode vir a causar danos sérios ao meio de deposição. O tratamento torna-se uma das maneiras para solução da questão, entretanto, medidas que visem a minimização do montante de água utilizado, na forma de reciclo dessa água, tornando-se ações com níveis ambientais mais coerentes.
- Umidificação: Essa etapa como o próprio nome diz, consiste no encharcamento da castanha com água como pré-condicionamento para que a mesma chegue a etapa de cozimento nas condições desejáveis de maneira a não queimar. Esse montante de água pode ser reduzido com a mesma medida adotada para a lavagem; o reuso, seja para lavagem ou umidificação. Já que os dois efluentes possuem composições semelhantes em composição.
- Cozimento: O cozimento da castanha ocorre em um reservatório contendo LCC, onde a castanha é imersa para a cocção. Ao fim do cozimento a castanha é retirada do LCC, que se encontra em volume maior que o inicial, já que ocorre liberação durante o cozimento. O cozimento também libera um efluente líquido. Esse efluente final possui um alto grau poluidor se descartado inadequadamente, podendo ser destinado a diversos outros fins (principalmente o reuso). Além desse efluente líquido final, a etapa de cozimento da castanha também deixa resquícios de uma borra composta por LCC, água e cascas de castanha que desprendem durante o cozimento.
- Decorticagem: A etapa de corte da castanha é a de maior geração de resíduos sólidos do processo produtivo sendo composto por cascas de castanha, a qual pode ser destinada à indústria automobilística, combustível para caldeiras e outros. Essa etapa é bastante falha no ponto de vista de perdas dos materiais por decorrência de equipamentos ultrapassados e mal conservados. Pode ser observada a presença de cascas e até mesmo de matéria-prima nos pisos, devido à falta de controle no processo.
- Estufagem: A castanha é encaminhada a estufa com circulação de ar, por quase duas horas, para a desidratação e desprendimento da película que envolve a amêndoa. Essa etapa é uma das poucas que se verifica a liberação desprezível resíduo sólido ou efluente líquido; as questões inerentes a esse processo se direcionam nas questões energéticas.
- Despeliculagem: É a etapa onde é desprendida a película da amêndoa e por isso responsável por um significativo volume de resíduo sólido, resíduo esse também derramado no piso, quando processado de maneira despreparada e descuidada.
- Seleção: A seleção é etapa caracterizada pela geração de alguns subprodutos como castanhas que não atendem aos padrões requisitados (castanhas quebradas, estragadas, e castanhas ao qual não houve desprendimento completo da película). Em média a cada dez caixas de castanhas a serem selecionadas quatro não atendem aos

requisitos e tornam-se sub-produtos. A diminuição de castanhas que não atendem aos requisitos pode ser minimizada com uma melhoria na tecnologia e treinamento dos funcionários.

Dessa etapa do processo de beneficiamento da castanha de caju em diante a quantidade de resíduos gerada é considerável apenas na etapa de embalagem da castanha, com caixas e sacos rasgados que podem ser minimizados do montante com uma melhor qualidade do material e treinamento dos operadores e/ou envase automático.

A terceira etapa para fechamento da idéia principal do trabalho consistiu em apontar os principais resíduos e pontos críticos de geração observados no fluxograma do processo de beneficiamento da castanha de caju, aos quais são:

CASCA/PELÍCULA – gerado nas etapas de decorticagem e despeliculamento. Combustível com capacidade calorífica excelente, similar a lenha tradicional para fornos e caldeiras. Esse resíduo apresenta queima, na forma de combustível sólido, com a grande vantagem de não ocasionar danos ao meio ambiente pela não devastação de áreas para extração de madeiras, bem como, por se tratar de um produto extraído da própria matéria-prima beneficiada. Sua queima realizada em sistemas de alimentação dosada, conforme solicitação de oxigênio da fomalha do equipamento, tem uma queima perfeita sem a produção de qualquer tipo de particulado poluente.

L.C.C. / BORRA – gerado na etapa de cozimento da castanha. Parte é queimada como combustível na indústria e em seguida utilizado no próprio processo de beneficiamento (setor de cozimento descrito no fluxograma anterior). A parte excedente é vendida no mercado local para a indústria química, e os seus derivados são comercializados no mercado internacional.

CINZA – proveniente da queima da casca nos fornos e caldeiras – baixa produção em função da queima ser realizada com sistemas de dosagem de combustível e comburente, o que favorece a combustão total das cascas.

No processo produtivo existem dois pontos principais de utilização de água, que são os seguintes:

- Lavagem da matéria-prima – equipamento de lavagem que atua com o mesmo volume, em processo de recirculação diário e que são destinados para a infiltração no solo ou misturados ao efluente do cozimento.
- Umidificação – setor de preparação da matéria-prima para o cozimento. A água efluente desse processo é misturada ao efluente do cozimento, tendo-se um efluente final a níveis aceitáveis em termos de matéria orgânica presente. Vale salientar, que cerca de 70 % da água utilizada no processo de umidificação é absorvida pela castanha de caju, e depois evaporada no processo de cozimento. Sendo assim, o efluente gerado em cerca de 30 % da água utilizada.

Os efluentes gerados na atividade apresentam caracterização conforme a Tabela 04, onde se observa que, embora os processos de beneficiamento das duas indústrias fossem semelhantes, alguns parâmetros analisados apresentaram valores bem distintos que, possivelmente são consequência da rotina de cada indústria e de suas peculiaridades.

Tabela 04. Caracterização dos efluentes provenientes do beneficiamento da castanha de caju

Parâmetros	Efluente 1 (níveis mínimos)	Efluente 2 (níveis máximos)
<i>DBO (mg/L)</i>	739	1164
<i>DQO (mg/L)</i>	1921	1737
<i>Ph</i>	6,25	7,4
<i>Alcalinidade (mg/L)</i>	286	203
<i>Sólidos totais (mg/L)</i>	1399	1471
<i>Sólidos t. Dissolvidos (mg/L)</i>	260	726
<i>Sólidos Suspensos (mL/L)</i>	2,37	4,6
<i>NO₃ (mg/L)</i>	11,3	28,4
<i>NO₂ (mg/L)</i>	0,2	2,1
<i>NH₃ (mg/L)</i>	30,8	7,1
<i>PO₄³⁺ (mg/L)</i>	3,81	13,2
<i>SO₄²⁻ (mg/L)</i>	113	126
<i>S²⁺ (mg/L)</i>	0,16	Nihil
<i>Temperatura (°C)</i>	nd	nd

Fonte: Santaella et al (2002)

Santaella et al (2002) destacam principalmente a diferença existente entre os valores de sólidos totais dissolvidos, em que o efluente 2 apresentou valores 279% superiores à efluente 1, evidenciando um efluente rico em sais e, provavelmente muito corrosivo. Os valores de nitrato, nitrito e fósforo, foram também muito mais elevados para o efluente 1. Entretanto, o teor de amônia foi muito mais elevado no efluente 1. As diferenças podem advir do fato de que no efluente 2, há a separação entre as águas pluviais, sanitárias e do processo de beneficiamento da castanha de caju, e só vão à estação de tratamento as águas provenientes do beneficiamento. No efluente 1, todas as águas são lançadas como efluente final, ou seja: águas do beneficiamento, águas pluviais e o próprio esgoto sanitário da indústria.

CONCLUSÕES

A partir da análise desenvolvida foi possível identificar os principais pontos críticos de controle ambiental a ser avaliado no ciclo produtivo, da castanha de caju. No entanto, um estudo para quantificação dos resíduos se faz necessário, para uma melhor precisão em termos econômicos e ambientais para definição do diagnóstico aprofundado do setor, e seus riscos e impactos a população e as áreas vizinhas.

Evidenciou-se, ainda, que a necessidade de treinamentos para o quadro funcional se demonstra como uma prática fundamental para as melhorias ambientais do segmento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGARWAL, J. S., *Chemistry and uses of cashewnut shell liquid*, paint Manufacture, 8. 28-30, 1972

MOTHÉ, C.G., et al. *Aplicações do LCC (líquido da casca da castanha de caju)* – Revista Química Industrial – Nº 165 – 1994.

EMPARN. *Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte*. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br>. Data de acesso: 14/01/2004.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: www.ibge.gov.br. Data de acesso: 14/01/2004.

