

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **REAPROVEITAMENTO E REUSO DE RESÍDUOS GERADOS NUMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE COCO EM MEIO URBANO**

*Callado, M. B.<sup>1</sup> ; Callado, N. H.<sup>2</sup>*

**RESUMO** – Os resíduos provenientes da indústria de alimentos envolvem quantidades apreciáveis de tanto líquidos, como sólidos e gasosos, que inevitavelmente terminam sendo lançados no meio ambiente. As características desses resíduos variam de acordo com o alimento processado e com o grau de industrialização. A indústria de processamento de coco, gera como resíduos casca e quengo de coco, aparas, brotos, rejeitos de polpa, coco seco derramado, águas de lavagens, gorduras, etc. No entanto, esses materiais, além de fonte de matéria orgânica, servem como fonte de proteínas, enzimas e óleos essenciais, passíveis de recuperação e aproveitamento. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo identificar os resíduos gerados numa indústria de processamento de coco, seu potencial de reaproveitamento, quantificar o consumo de água e a geração de resíduo líquido e identificar o sistema de tratamento de efluentes líquidos empregado. Para tanto foi feito um levantamento do fluxograma de processos e geração de resíduos e medições de vazões. Os resultados mostraram que a indústria consome 8,16 m<sup>3</sup>.água/t.coco processado, e gera 4,9 m<sup>3</sup>.efluente/t.coco processado, que reutiliza parte de seus resíduos e que seu sistema de tratamento resíduos líquidos conseguem produzir um efluente que pode ser lançado na rede pública de coleta de esgotos.

**ABSTRACT**– Waste from the food industry involves appreciable amounts of both liquid, solid and gaseous, which inevitably end up being released into the environment. The characteristics of these residues vary according to the processed food and the degree of industrialization. The coconut processing industry generates as bark and quengo residues of coconut, shavings, shoots, pulp tailings, spilled dry coconut, washing waters, fats, etc. However, these materials, as well as a source of organic matter, serve as a source of proteins, enzymes and essential oils, which can be recovered and exploited. The objective of this work was to identify the residues generated in a coconut processing industry, its reutilization potential, to quantify the water consumption and the generation of liquid residue and to identify the liquid effluent treatment system used. For this purpose, a flowchart of processes and waste generation and flow measurements was made. The results showed that the industry consumes 8.16 m<sup>3</sup>/t.coconut processed, and generates 4.9 m<sup>3</sup>.effluent/t.coconut processed, which reuses some of its residues and that its liquid waste treatment system can produce a effluent that can be released to the public sewage collection network.

**Palavras-Chave** – Resíduos de coco, Reaproveitamento, Gestão de resíduos

---

1) Afiliação: Times New Roman, 8 pt com endereço completo, fone, fax e e-mail

2) Afiliação: Times New Roman, 8 pt com endereço completo, fone, fax e e-mail

## INTRODUÇÃO

O coco é o fruto da palmeira *Cocos nucifera* a qual se desenvolve em quase todas as regiões tropicais do globo. No Brasil, a região Nordeste representa 82,28% do total da área plantada de coco e, 69,25% do valor total do coco produzido (Martins e Jesus Jr, 2011). Existem diversas variedades de coqueiros, e seus frutos variam de cor forma, tamanho, etc. Em geral um coco comum, maduro, pesa cerca 1,0 a 1,5 kg e consiste de seis partes, descritas abaixo e ilustradas na Figura 1.

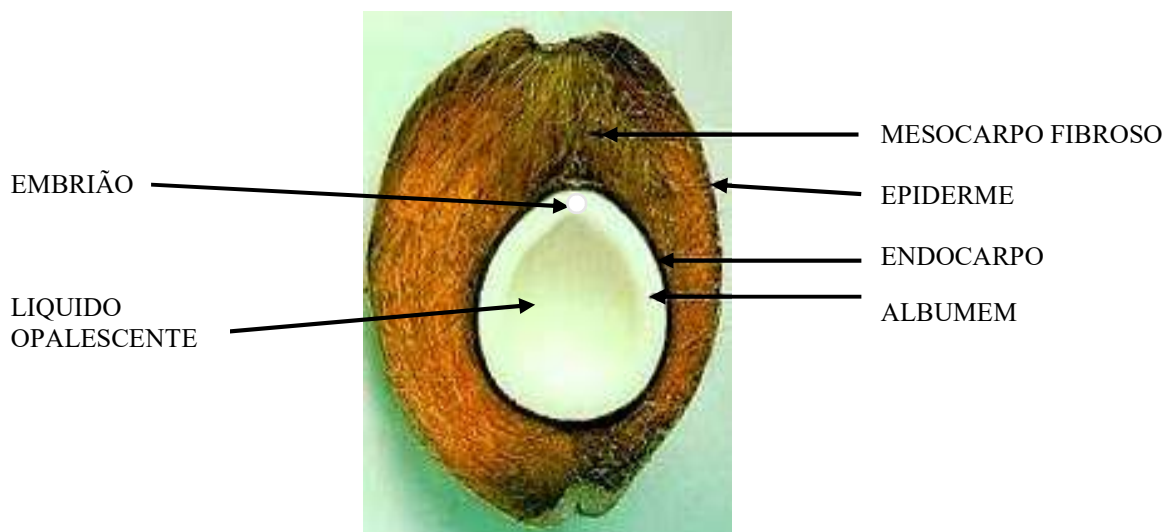


Figura 1: Corte de um coco maduro.

- **Epiderme:** superfície externa lisa cuja cor varia dependendo da variedade e maturidade da fruta;
- **Mesocarpo fibroso:** também chamado de cairo, é a parte intermediária com aparência de “palha”.
- **Endocarpo:** também chamado de cáscara, com mais ou menos 5 mm de espessura tem cor negra, é muito duro e apresenta três costuras longitudinais mais ou menos saliente, separando os três poros germinativos. Popularmente é conhecido como “quengo” do coco;
- **Albúmen:** também chamado de copra, amêndoa ou polpa, geralmente tem cor branca brilhante com 1 ou 2 cm de espessura. Em sua extremidade imediatamente após o endocarpo, existe uma fina película castanho escuro chamada de tegumento seminal;
- **Líquido opalescente:** conhecido como água de côco, ocupa cerca de 3/4 do volume central;
- **Embrião:** semente germinativa, localizado no albúmen, abaixo de um dos três poros germinativos.

Do coco não se perde nada: do mesocarpo fibroso faz-se cordoalhas, capachos, tecido grosso para sacos, brochas, etc.; o endocarpo serve para feitiço de objetos caseiros, objetos de adorno, sendo ótimo também como combustível e matéria prima para carvão ativado; o albúmen é utilizado “in natura” para extração de óleo, preparação de copra, leite, farinhas, etc. e, a água tem característica hidratante e sabor agradável, podendo ser ingerida “in natura” ou, como vista atualmente, engarrafada.

Quando o coco é maduro, o albúmen contém cerca de 40% de óleo, 43% de água, 17% de substâncias secas (hidrato de carbono, proteínas, etc.) e pode ser consumido verde ou maduro. Quando se desidrata o albúmen este passa a se chamar de copra e o teor de óleo aumenta para cerca 63%, no Brasil chega a atingir 71%. A copra é principalmente usada na fabricação de óleo de coco e coco ralado. Sua composição química aproximada é umidade (5%), gordura (70%) ácidos graxos (0,5%), fibras (11%) e proteínas (25%) (MINISTÉRIO DO INTERIOR (1973).

A comercialização do coco varia muito. No Brasil o coco é comercializado como coco verde (inteiro), na forma de semente revestida pelo endocarpo (casca negra e dura), mas, os produtos mais importantes comercialmente são o coco ralado, o leite de coco e óleo de coco. O caíro vem em seguida, desempenhando um importante papel na economia das regiões produtoras de coco (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1973). A composição básica do coco ralado, leite de coco e óleo de coco é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição básica do côco ralado, leite de côco e óleo de coco.

CÔCO RALADO		LEITE DE CÔCO		ÓLEO DE COCO	
COMPONENTE	%	COMPONENTE	%	COMPONENTE	%
Umidade	2,2	Água	47 a 54	Ácido capróico	0,2 a 0,5
Gordura	67,5	Gordura	27 a 40	Ácido caprílico	5,4 a 9,5
Açúcar natural	5,92	Proteína	2,6 a 4,0	Ácido cáprico	4,5 a 9,7
Proteína	9,33	Amido	0,08 a 0,1	Ácido láurico	44,1 a 51,0
Minerais	2,43	Açucars	2,8 a 3,2	Ácido mirístico	13,1 a 18,5
Fibra	3,92	Sólidos Totais	10,3 a 10,5	Ácido palmítico	7,5 a 10,5
Pentosanas	8,9	Cinzas	1,0 a 1,3	Ácido esteárico	1 a 3,7
		Carboidratos	8,3	Ácido oléico	5 a 8,2
				Ácido linoléico	1 a 2,6

Fonte: Adaptado de WOODROOF (1970) e MINISTÉRIO DO INTERIOR (1973), MATHEW, 1991.

O coco ralado comercializado no Brasil é obtido da polpa do coco, e é conveniente que se utilize cocos selecionados de excelente qualidade. A polpa é extraída da cáscara e lavada, depois é retirada a película, a polpa é moída, retirada o leite, desidratada e seca.

O leite de coco é o líquido obtido pela extração, por compressão, da polpa fresca, com ou sem adição de água. O leite é essencialmente uma emulsão de óleo em água, estabilizado por proteínas e provavelmente por alguns íons absorvidos na interface óleo/água. A sua composição química varia dependendo do método empregado para extração e da matéria prima. Sua comercialização é feita após engarrafamento e pasteurização a 70 – 72 °C por 10 minutos (AGRAWAL et al, 1990).

O óleo pode ser produzido a partir do coco fresco ou da copra. Quando é produzido a partir do coco fresco, sua cor é clara e tem baixa acidez (0,1 a 0,2%), precisando apenas de desinfecção para ser consumido. Quando é produzido a partir da copra, sua cor é parda e sua acidez pode chegar a 5%, devendo ser neutralizado, descolorido e desinfetado para pode ser usado na alimentação (FREMOND et al., 1969). Mas, sua característica marcante é o elevado índice de saponificação, de 250 a 260, devida a sua composição rica em ácidos graxos, que em sua maioria são saturados (91%) de baixo

peso molecular. Devido ao grande conteúdo de ácido láurico, é também de grande interesse para indústria de sabão, pois possui boas propriedades espumantes.

Embora diga-se que do coco aproveita-se praticamente tudo, o processamento industrial gera resíduos, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos. E esses resíduos variam, dependendo de como a indústria recebe o coco. Se coco seco com casca (Figura 2a), coco seco descascado (Figura 2b) ou apenas a copra (Figura 2c).

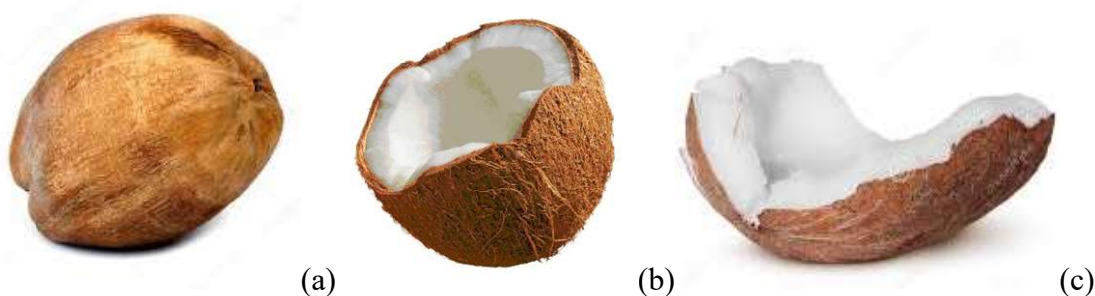


Figura 3. Coco seco com casca (a), coco descascado (b), copra (c)

Se a indústria recebe o coco com casca, a casca é um resíduo que pode ser usada como combustível para caldeiras, ou na manufatura de cordoalha, tapetes, estofamentos e capachos, no cultivo de plantas ornamentais; na indústria de papel; na engenharia de alimentos, na produção de enzimas; na indústria de construção civil e em matrizes poliméricas. Outro resíduo, é o gerado na extração do óleo chamado torta de coco, o qual pode ser utilizado na fabricação de farelo para ração animal.

As águas residuárias também variam de acordo com a forma de recebimento do coco, pois se recebe já a copra, não tem problemas de derramamento de água de coco, de serragem de coco, etc. Martins e Amorim (2016), caracterizaram as águas residuais de uma indústria de processamento de coco, que recebia o coco na forma de copra, enquanto Ferreira (2005) caracterizou as águas residuárias de uma indústria que recebia coco descascado. Ambas produziam leite de coco e coco ralado. Ferreira (2005) comenta que a variação da DQO reflete o que ocorre no resíduo industrial em função do derreamento da água de coco no piso. No início do dia quando os cocos são partidos a água derramada é incorporada aos efluentes, a DQO é consideravelmente maior. Depois essa contribuição cessa, permanecendo as demais contribuições, principalmente as águas de lavagem das frutas e do piso, e a DQO do efluente diminui. A caracterização das águas residuárias dessas duas indústrias estão apresentadas na Tabela 2.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar os resíduos gerados numa indústria de processamento de coco, visando identificar seu potencial de reaproveitamento, quantificar o consumo de água e geração de resíduo líquido, e descrever e avaliar se sistema de tratamento projetado para que o efluente líquido atendia aos padrões de lançado na rede pública de coleta de esgotos sanitários.

Tabela 2: Valores dos parâmetros físico-químicos dos resíduos industriais.

PARAMETRO	COPRA		COCO DESCASCADO	
	MEDIA	DP	MEDIA	DP
Temperatura, °C	-	-	29,4	0,8
pH	5,45	0,75	5,4	1,49
DQO, mg/L	6.454,74	2.101,07	3.038,00	901,00
DBO, mg/L	2.869,36	980,55	-	-
Carboidrato/Glicose mg/L	1.555,70	436,61	-	-
Nitrogênio Total, mg.N/L	18,12	5,71	-	-
Nitrogenio Amoniacal, mg.N/L	-	-	0,8	0,6
Alcalinidade intermediária, mg.CaCO <sub>3</sub> /L	52,80	40,58	43,0	36,1
Alcalinidade parcial, mg.CaCO <sub>3</sub> /L	16,66	25,44	6,3	8,6
Ácidos voláteis, AHc (mg/L)	165,97	102,78	255,4	190,8
Ácidos graxos/óleos, mg/L	1.919,00	570,73	-	-
Sólidos suspensos voláteis, mg/L	1.777,29	1.101,36	-	-
Sólidos suspensos fixos, mg/L	46,43	19,06	-	-
Sólidos Volateis (mg/L)	-	-	2.126,00	1.347,00
Sólidos Fixos (mg/L)	-	-	1.094,00	1.105,00
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	-	-	7,1	3,9

Fonte: Adaptado de Martins e Amorim (2016) e Ferreira 2005.

## METODOLOGIA

A área de trabalho foi uma indústria de processamento de coco, que recebia 50.000 frutos descascados por dia para produção de leite de coco, coco ralado e água de coco, instalada na região urbana, e que destinava seus resíduos líquidos na rede pública de esgotos sanitários.

Para identificar os resíduos gerados e seu potencial de aproveitamento, estudou-se cuidadosamente o processo industrial, por meio de levantamento técnico na indústria. As unidades de produção foram visitadas e, assim, determinadas todas as fontes geradoras de resíduos, seu tipo (sólidos, líquidos ou gasosos), o que entra como matéria prima e sai como detritos em cada uma delas, e com isso elaborou-se o fluxograma operacional e de geração de resíduos.

Foi levantado o consumo de água, por meio de leitura dos medidores de água dos poços que abasteciam a indústria, e calculado o volume de água consumido em função da quantidade de cocos processados. De forma análoga a linha de produção, foi feito o levantamento do sistema de tratamento utilizado na indústria e elaborado o fluxograma do mesmo. O volume de efluentes líquidos que eram descartados, foi medido por meio de leitura da altura da lâmina líquida no vertedor retangular de saída do sistema de tratamento.

O efluente tratado foi monitorado em termos de pH, sólidos sedimentáveis, temperatura e óleos e graxas, cujas análises mensais eram realizadas em laboratório comercial de análises físico químicas, desenvolvidas de acordo com APHA (1995).

## RESULTADOS

### Levantamento do fluxograma operacional da indústria

Chegam diariamente a indústria, por meio de caminhões, 50.000 frutos descascados, que pesados e descarregados no galpão de armazenamento. Neste local, os resíduos são restos de fibras do mesocarpo que envolve o coco e água de coco dos frutos que eventualmente quebram na descarga.

A primeira etapa do processo, é a retirada da água de coco. Os frutos são furados e extraída a água, a qual é levada para o acondicionamento e engarrafamento. Em seguida os frutos, ainda fechados, são submetidos a um aquecimento a vapor (autoclavagem), onde são cozidos facilitando o descolamento do albúmen do mesocarpo. Os resíduos gerados nesta etapa são iguais aos da descarga.

Os frutos são então encaminhados para o corte, realizado por meio de serras elétricas, que os dividem em duas metades. Os cocos partidos ao meio, passam então por um processo de seleção, separando os de melhor qualidade. Os cocos de melhor de qualidade inferior vão para o processo de extração de óleo e os de melhor qualidade vão para linha de produção de leite de coco e coco ralado. Neste ponto, os resíduos são restos de cacos do “quengo” do coco (cáscaras) serrados.

Em ambas as linhas de produção os cocos serrados passam por um processo de despulpamento (retirada do albúmen do endocarpo). Nesta etapa são gerados dois tipos de resíduos, um líquido, as águas de lavagem, e outro sólido, os quengos do coco, que vão alimentar as caldeiras, onde são geradas fuligens que são retidas nos filtros das chaminés.

Depois de lavadas, as polpas selecionadas passam por uma raspagem mecânica para retirada da película (tegumento seminal). Os resíduos gerados são serragens (oriundos das raspagens da película).

Uma vez limpas, as polpas são moídas, extraída o leite de coco e produzido o coco ralado, havendo eventuais produções de resíduos neste segmento da produção, oriundos de respingos e fortuitos vazamentos. O coco ralado produzido é úmido e passa por um processo de secagem antes de ser embalado. Durante esta etapa, pode ocorrer perda de coco ralado nas câmaras de secagem, constituindo-se em resíduos sólidos particulados e vapores. Após secagem, o coco ralado é embalado. Nesta etapa eventualmente ocorre formação de resíduos devido ao rompimento de pacotes.

Depois de engarrafado o leite de coco é esterilizado a quente por imersão das garrafas em meio líquido superaquecido. Na colocação, retirada e manuseio das garrafas, embora esta etapa seja mecanizada, pode ocorrer quebras de garrafas. A água superaquecida usada no processo de esterilização é periodicamente renovada e pode conter leite de coco dissolvido.

Após a esterilização, o leite de coco é rotulado e embalado, durante estas operações, assim como também no engarrafamento, podem ocorrer casuais quebras de garrafas.

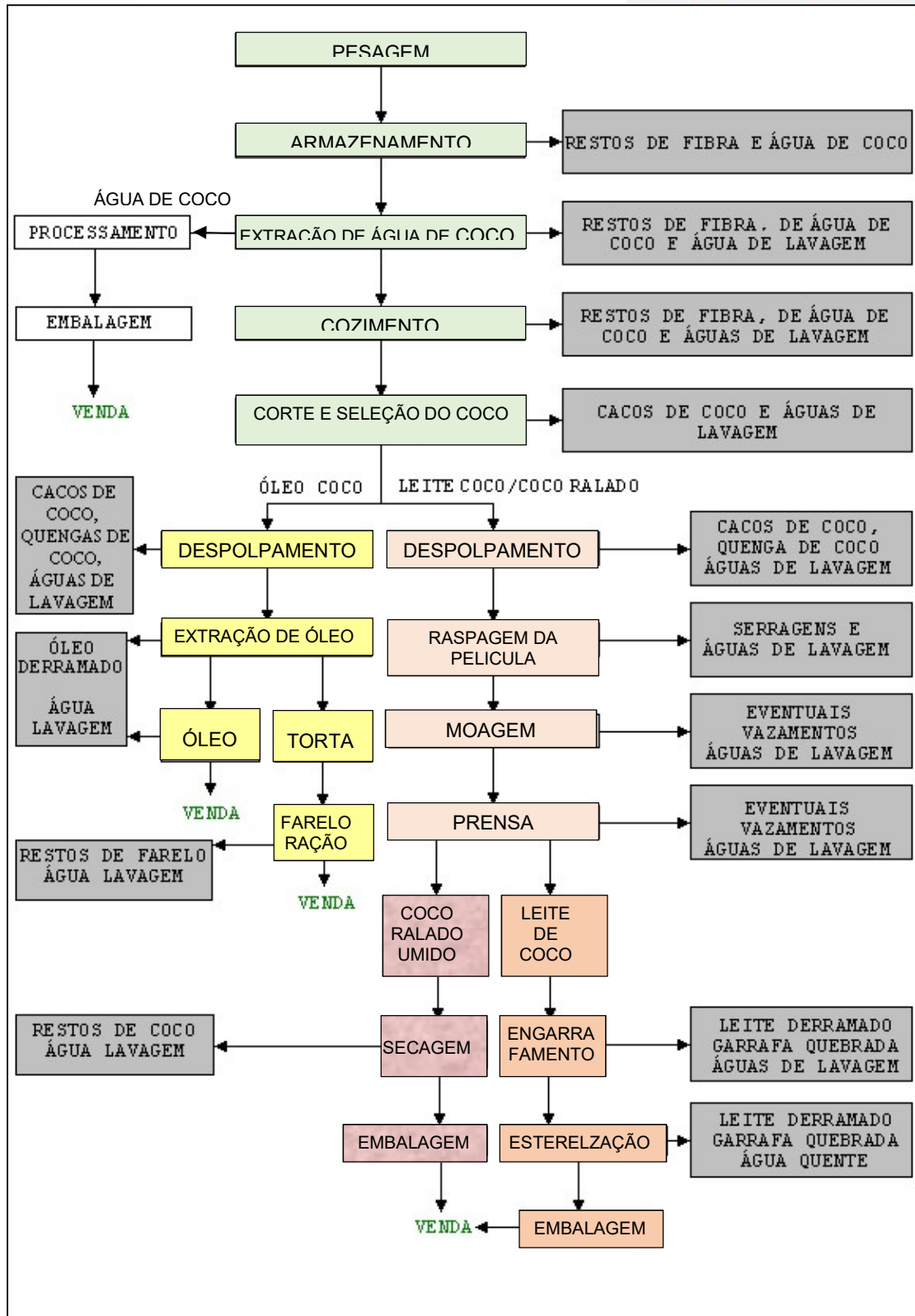


Figura 2: Fluxograma de processo e geração de resíduos.

Legenda:  Resíduos gerados

## **Identificação da geração de resíduos**

Os resíduos líquidos produzidos, são principalmente águas de lavagens de piso e dos equipamentos provenientes das diferentes unidades que compõem a linha de produção desde o armazenamento do coco até a secagem e esterilização, juntamente com eventuais vazamentos e derramamentos de água de coco e leite de coco, além de serragens e fibras de coco. Esses resíduos são líquidos com sólidos em suspensão, ricos em óleos e gorduras, e são destinados ao sistema de tratamento de efluentes líquidos.

Os resíduos sólidos em maior volume são os “quengos” do coco (cáscara). Estas são usadas como combustível para as caldeiras a vapor, que por sua vez são utilizadas no cozimento dos frutos, esterilização a quente, secagens, etc.

Os resíduos gasosos envolvem principalmente vapores dos processos de cozimento e secagem do coco, além de fumaça provenientes das caldeiras, que eram dotadas de chaminés com filtros para fumaça expelida.

## **Consumo de água e geração de efluente líquido**

A indústria tinha com produtos principais 16.800 L/dia de leite de coco, 5 t/dia de coco ralado, 212,5 L/dia de água de coco, e como sub-produtos 1.000 kg/dia de óleo para fabricação de sabão e 250 kg/dia de ração animal, para um processamento de 50 toneladas de coco por dia.

O consumo médio de água observado foi 17 m<sup>3</sup>/h (4,72 L/s), e como a indústria trabalhava 24 h/dia, significa um consumo diário de 408 m<sup>3</sup>/dia, o que resultava em 8,16 m<sup>3</sup> de água por tonelada de coco processado.

A geração média de efluente industrial aferida foi de 10,2 m<sup>3</sup>/h (2,83 L/s), que corresponde a 4,9 m<sup>3</sup> de efluente líquido por tonelada de coco processado.

## **Levantamento do fluxograma do tratamento de efluentes líquidos**

Os esgotos sanitários são coletados separadamente dos resíduos líquidos industriais e descartados diretamente na rede pública coletora de esgotos, em um ponto separado do esgoto industrial. Ou seja, a indústria tinha dois pontos de descarte de esgotos, um sanitário e um industrial.

Os resíduos líquidos industriais, desde o armazenamento, cozimento, corte, despulpamento, raspagem, processamento, secagem, esterilização e demais etapas do processo, assim como também as águas de limpeza de equipamentos e instalações (que carregam os resíduos sólidos caídos no chão), eram coletados por meio de canaletas no piso, interligadas por tubulações de PVC (sistema de drenagem da indústria), que os conduziam ao sistema de tratamento. Esses resíduos são líquidos com sólidos em suspensão, ricos em óleos e gorduras.



Como a indústria em questão localizava-se dentro do perímetro urbano, cuja cidade dispõe de rede pública de coleta de esgotos e a concessionária local aceita receber os efluentes industriais desde que o mesmo atenda os padrões de lançamento estabelecidos (Decreto/AL 6.200/85), verificou-se que para atender a legislação em vigor seria necessário a remoção de sólidos sedimentáveis, óleos e graxas. Para tanto foi projetado um sistema de tratamento composto por um tanque de equalização, peneiramento, prensa e caixa de gordura, como mostrado esquematicamente na Figura 3.

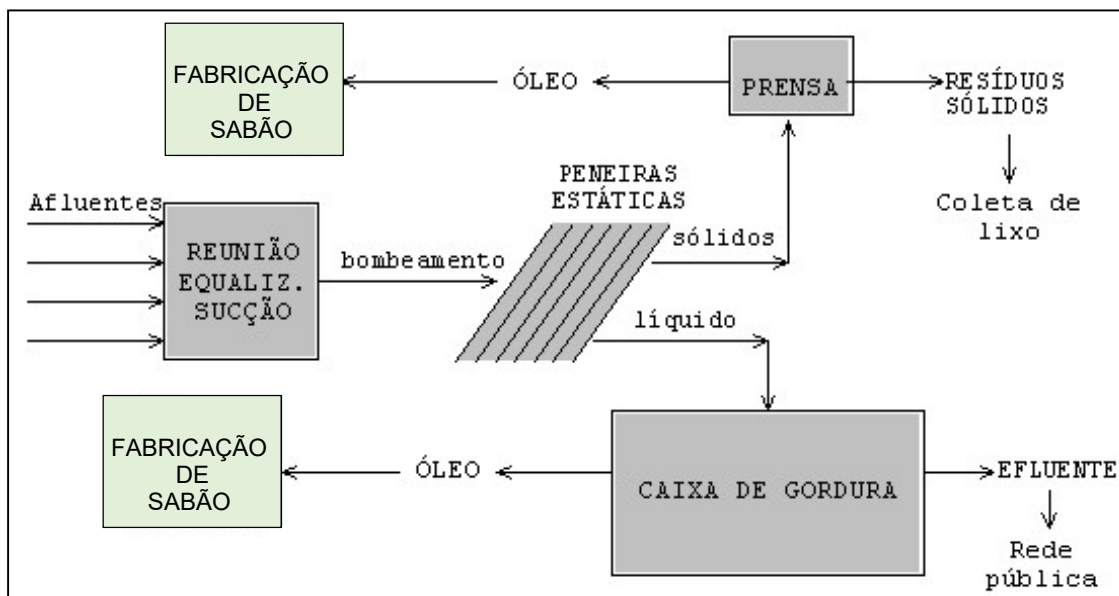


Figura 3: Fluxograma do sistema de tratamento de resíduos líquidos.

O tanque de equalização funcionava também como poço de sucção, onde uma bomba submersa recalava os resíduos líquidos a um sistema de peneiramento, composto de duas peneiras estáticas de aço inoxidável onde ficavam retidos os sólidos suspensos. Esses sólidos eram coletados e levados a uma prensa para extração de óleo, para ser comercializado para fabricação de sabão. O resultado da prensagem se constituía no resíduo sólido não aproveitável na indústria. Este, passava por um processo de secagem e era coletado pelo sistema público de coleta de lixo.

Os resíduos líquidos são conduzidos a caixa de gordura. Na caixa de gordura o óleo sobrenadante, que antes era perdido, passou a ser coletado por meio de orifícios dispostos na superfície e encaminhado para o setor de extração de óleo, para ser vendido para fabricação de sabão.

O sub nadante era descartado na rede pública de esgotos, cuja companhia de saneamento local exigia monitoramento mensal dos parâmetros de qualidade do efluente pré-tratado para verificar se os efluentes estavam dentro das exigências legais, cujos resultados mostraram:

Sólidos sedimentáveis: < 1 mL/L

Óleos e graxas: < 20 mL/L

Temperatura: < 40°C

pH: entre 5 e 9.

## CONCLUSÕES

A indústria em estudo (recebendo coco descascado) consome 8,16 m<sup>3</sup>.água/t.coco processado, e gera 4,9 m<sup>3</sup>.efluente/t.coco processado, e consiste em águas de lavagem, óleos e gorduras.

A grande maioria dos resíduos sólidos gerados são os “quengos” de coco, as quais são reaproveitadas como combustível das caldeiras, gerando assim energia para indústria. Isto possibilitou reduzir a demanda de energia e a geração de resíduos sólidos. Os demais resíduos sólidos gerados, são os oriundos do peneiramento, que depois de prensados (para extração de óleo) são coletados juntamente com os demais (embalagem, escritório, etc.), pela companhia de lixo local.

Os resíduos gasosos de maior significância desta indústria eram gerados na caldeira. Este impacto foi minimizado com o uso de filtros nas chaminés antes desses resíduos serem lançados na atmosfera.

A produção de óleo de coco e farelo para ração animal são alternativas de reúso e reaproveitamento dos resíduos mais nobres, gerados na indústria. O sistema de físico de tratamento implantado conseguia enquadrar o efluente dentro dos adrões de descarte na rede pública coletora de esgotos e ainda proporcionou a recuperação de óleo para fabricação de sabão. Esta solução além de gerar renda à indústria, minimiza também a geração de resíduos líquidos (óleo extraído dos sólidos retidos na peneira e na caixa de gordura do sistema de tratamento) e sólidos (torta de coco, proveniente da fabricação do óleo de coco).

## REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, K. K.; CHOUDHARY, P. L. e SHARMA, V. S. **Preparation of coconut milk**. Journal Food Science Technolgy, vol. 28. n° 4, p 255-256, 1991.
- FERREIRA, C. A. S. B. **Reciclagem / reuso de efluentes e resíduos da indústria de processamento do coco**. Relatório PIBIC/CTEC/UFAL. 2005.
- FREMOND, Y.; ZILLER, R. e LAMOTHE, M. N. **El Cocotero**. 1 ed. Barcelona: Editorial Blume. 1969.
- MARTINS, J. S.; AMORIM, E. L. C. de. **Produção de hidrogênio em reator anaeróbio a partir de efluente do processamento de coco**. Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal) ISSN 1983-4071. 25 (1): 17 – 26, jan. – jun. 2016.
- MARTINS, C. R.; JESUS JR., L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010** – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 28 p. il.; color. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517-1329; 164). Disponível em [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2011/doc\\_164.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf)
- DECRETO Nº 6.200, DE 01 DE MARÇO DE 1985. **Estabelece medidas de proteção ambiental na área de implantação do Pólo Cloroquímico de Alagoas e dá outras providências**.
- MATHEW, A. G. **Processing of coconut in India**. Journal of Plantation Crops. 19(2): 183-190. 1991.
- MINISTÉRIO DO INTERIOR. **Contribuição ao desenvolvimento da agroindústria: Coco**. Campinas/ São Paulo: Convênio GEIDA/FCTPTA - Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola/Fundação Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos. vol. XI. 178 p. 1973.
- WOODROOF, J. G. **Coconut: Production, processing, products**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc. 1970.