

## **Beneficiamento dos resíduos da Palmeira-real da Austrália através da análise da produção de palmito**

Liziane da Luz Seben (UFRGS) [liziprod@producao.ufrgs.br](mailto:liziprod@producao.ufrgs.br)  
Lúcia Torres Vidales (UFRGS) [luciatvidales@gmail.com](mailto:luciatvidales@gmail.com)  
Istefani Carísio de Paula (UFRGS) [istefani@producao.ufrgs.br](mailto:istefani@producao.ufrgs.br)  
Samanta Guimarães Viana (UFRGS) [saamygv@gmail.com](mailto:saamygv@gmail.com)

### **Resumo**

Contemplando os aspectos econômicos e ambientais da sustentabilidade, a valorização de resíduos vegetais provenientes de outros processos produtivos mostra-se como um meio de gerar ganhos econômicos para empresas geradoras destes materiais e também ganhos para o meio ambiente. Entretanto, para desenvolver o processo de valorização de um resíduo é necessário explorar o processo de geração do mesmo. O objetivo deste artigo é analisar o processo produtivo de unidade industrial beneficiadora de palmito em conserva para determinação das variáveis que influenciam as operações de valorização de seus resíduos. Para a análise do cenário foi escolhida uma empresa beneficiadora de palmito e seu processo produtivo foi mapeado. A partir da análise dos resíduos da palmeira e de referências literárias acerca de métodos de extração, foram realizados ensaios para verificar a qualidade da fibra gerada a partir dos resíduos, quando submetidos a processos extrativos em condições distintas. Esses testes foram a base para a definição de variáveis controláveis que podem influenciar não somente o comportamento de polpas resultantes, mas também todo o cenário de processamento de materiais residuais em produtos de alto valor agregado. A partir dos resultados, foi possível propor modificações nos processos a fim de se verificar a influência das variáveis controláveis sobre as variáveis de resposta.

**Palavras chave:** Palmeira-real da Austrália (*archontophoenix alexandrae*), Palmito, Valorização de resíduos, Resíduos vegetais, Processos de extração de celulose.

## **Waste processing of King Alexander Palm through the analysis of palmetto production**

### **Abstract**

Regarding the economic and environmental aspects of sustainability, the recovery of vegetal waste coming from distinct production processes arises as a means for generating economic gains to the firms that produce these materials, as well as environmental benefits. This study presents a scenario that involves the process of pulp extraction correlated with the production of canned palm hearts, with the addition of waste recovery. For the proposed scenario, the production process of a company of canned palm hearts was mapped. From the generated waste, and taking into account references about extraction methods from the literature, essays were carried out in order to verify the fiber's quality while submitted to extractive processes under different conditions. These tests were the basis for the definition of controllable variables that can influence not only the behavior of resulting pulps, but also the whole scenario of processing residual materials into high aggregate value products. From the results, it was possible to propose changes in the processes, so that the influence of the controllable variables over the response variables can be verified.

**Key-words:** King Alexander Palm (*archontophoenix alexandrae*), Palmetto, Wastes valuation, Vegetable wastes, Pulp extraction processes

## 1 Introdução

O agronegócio no Brasil é uma atividade relevante para a economia, pois o país conta com grande diversidade de espécies vegetais e vasta extensão territorial (CASTRO e GUEDES, 2010). O Brasil tem 388 milhões de hectares de terras férteis, propícias à agricultura, dos quais 90 milhões ainda não foram explorados (MAPA, 2010). Na região Sul, predominam os produtos agrícolas soja, arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar, mandioca, representando mais que 80% do volume produzido de fontes vegetais (IBGE, 2008). Entretanto, nessa região, o cultivo de Palmeira Real da Austrália (*Archontophoenix alexandrae*) para produção de palmito em conserva é um mercado recente que vem ganhando espaço, principalmente no estado de Santa Catarina (SC) (RODRIGUES e DURIGAN, 2007). A exploração econômica do palmito é recente, pois até o início da década de 1990 a atividade era predominantemente extrativa e pouco organizada. Contudo, a partir desse período, o agronegócio do palmito passou a ser uma atividade relevante e de alto potencial em termos produtivos e econômicos.

A partir da década de 1990, a produção agroecológica e outras culturas alternativas com valor agregado diferenciado acabaram se tornando um atrativo devido ao aumento de lucratividade. Cabe ser mencionada a formação de cooperativas, que sempre acabam fortalecendo o setor agrícola conduzido por pequenos produtores (TEIXEIRA et al., 2009). Para atender a demanda nacional, o setor de plantação de palmeiras apresentou aumento do cultivo de espécies nativas e exóticas, sendo regulado por normas ambientais e de controle de qualidade. O cultivo de Palmeira Real da Austrália como alternativa para extração de palmito favoreceu a economia de diversas regiões, como norte e sul do país. Uma vez que este tipo de lavoura se adapta melhor ao clima tropical ou subtropical, as lavouras são preferidas por agricultores menos capitalizados, em amplitude maior de localidades do Centro-Sul do país.

Devido ao incentivo produtivo, atualmente a economia do palmito é relevante em caráter nacional, apesar de o valor monetário ser inferior às principais commodities do agronegócio (soja, milho, café), mas superiores a diversas frutas, como abacate, figo e pêra (SIDRA, 2006). Seu cultivo está difundido nos estados de Santa Catarina (SC), Paraná (PR), Rio de Janeiro (RJ) e Espírito Santo (ES), nos municípios de região litorânea ou serrana, onde ocorrem temperaturas mais baixas, gerando renda e crescimento para estas regiões. O estado de SC é o maior produtor de Palmeira Real da Austrália, com uma área plantada de 1500 ha, ainda que 12% desta área sejam de palmito de pupunha (RODRIGUES e DURIGAN, 2007).

No RS, a atividade extrativista foi iniciada devido à semelhança do clima desse estado com o de SC. Na região do Vale do Rio Pardo, a produção de palmito em conserva tornou-se uma alternativa para o desenvolvimento da região por meio da formação de cooperativa de produtores de Palmeira Real da Austrália (RODRIGUES e DURIGAN, 2007). O produto gerado atende o mercado próximo da região, auxiliando diversas famílias a aumentar suas rendas. Entretanto, o processo de palmito em conserva gera um montante de resíduos que atualmente é depositado no local de colheita, a fim de ser incorporado com matéria-orgânica. Ainda que essa seja a prática na empresa beneficiadora estudada neste trabalho, outros trabalhos vêm sendo realizados para propor o reaproveitamento de tais resíduos. Entre os trabalhos desenvolvidos para a valorização dos resíduos estão: a aplicação das bainhas medianas da palmeira para produção de enzimas hidrolíticas por fungos do gênero *Polyporus* (ISRAEL, 2005), empregadas tanto em indústrias de alimentos e bebidas quanto indústrias têxteis e de produtos de limpeza. Há também a aplicação dos resíduos para a obtenção de substratos no cultivo de fungos das espécies *Pycnoporus sanguineus* (BORDERES, 2006) e *Lentinula edodes* (TONINI, 2004), com finalidade alimentícia, de biorremediação ou para

tratamento de efluentes. Todavia, nenhum desses trabalhos aborda o processo de extração de celulose como alternativa para a valorização dos resíduos.

Alguns subprodutos da agroindústria historicamente já se transformaram em produto com elevado valor agregado, abrindo caminho para a exploração auto-sustentável e ecológica, como casca de coco para geração de fibras (SANTIAGO e SALVAM, 2007; ROCHA et al., 2010). A partir do processo de beneficiamento do arroz, tem-se como resíduo a casca, que possui alto poder calorífico e custo praticamente nulo, logo, vem sendo usada como biomassa usada nas caldeiras para geração de calor e de vapor. Os resíduos do arroz são apropriados para reações de combustão, pirólise e gaseificação (LEITÃO et al., 2010).

Estudos têm sido realizados pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) em parceria com uma empresa de pequeno porte, privada, cuja atividade é a produção de palmito em conserva. Os trabalhos citam o aproveitamento dos resíduos gerados na extração de palmito de plantas nativas e exóticas a partir da formação de diferentes subprodutos. Uma das pesquisas indicou a possibilidade de obtenção de inulina a partir das bainhas da Palmeira Real da Austrália. O procedimento proposto na referida pesquisa de produção de inulina, em 2008 deu origem a uma patente. A inulina é um nutriente funcional, composto por frutose, e considerado uma fibra alimentar solúvel (PI 0606063-3, 2008).

Mesmo após a produção da inulina, processo que se encontra em desenvolvimento tecnológico, considerando que ela está presente em meio líquido ácido e necessita tratamento de purificação, ainda resta material vegetal como subproduto dessa reação. Esse subproduto tem potencial para gerar polpa celulósica, pois contém fibras. Assim, surge a seguinte questão: seria possível a realizar a valorização do resíduo da extração de inulina para produção de celulose, empregando as mesmas operações do processo da inulina e processo de extração alcalina? Desta forma, as bainhas da Palmeira Real da Austrália, que são os resíduos do beneficiamento do palmito, poderiam gerar pelo menos dois produtos de valor agregado: em primeiro plano, a inulina, e, em segundo, a polpa de celulose. Para responder essa questão faz-se necessário identificar as propriedades vegetais da bainha da Palmeira Real da Austrália e compreender as operações de produção de inulina desse resíduo. A compreensão do processo de produção de inulina passa a ser importante, visto que o seu resíduo se configura como matéria-prima para obtenção de celulose.

Partindo-se da premissa de valorização dos resíduos, o objetivo deste trabalho é analisar o processo produtivo de unidade industrial beneficiadora de palmito em conserva para determinação das variáveis que influenciam as operações de valorização de seus resíduos. Entende-se como limitação deste trabalho sua aplicação ao estudo de um único processo. Justifica-se tal decisão pelo fato de se tratar de um estudo exploratório sobre a obtenção de celulose de resíduos e de o gestor da empresa ter especial interesse no estudo de aproveitamento do resíduo tanto para obtenção de inulina quanto para obtenção de celulose.

## 2 Referencial teórico

A mata Atlântica abriga nove gêneros e trinta e nove espécies de palmeiras. O gênero *Euterpe*, família *Palmae*, constitui a palmeira mais explorada para a produção de palmito no Brasil. Na atividade extrativista do palmito no país, predominam as espécies nativas conhecidas como Palmeira Juçara (*Euterpe edulis Mart.*) e a Palmeira Açaí (*Euterpe oleraceae Mart.*), que são plantas perenes e de grande porte pertencentes à Mata Atlântica ou Floresta Amazônica (BOVI, 1998).

O produto da palmeira Juçara apresenta boa qualidade, entretanto, desde a década de 70, vem aumentando o interesse em outras espécies além da Juçara (*Euterpe edulis Mart.*) e

do Açai (*Euterpe oleracea*) como uma alternativa para a produção de palmito em conserva. Plantas da família *Palmae* do gênero *Archontophoenix spp.* vêm ganhando destaque como alternativa à extração de espécies nativas. Este gênero engloba as espécies de palmeiras originárias do leste da Austrália, que no Brasil são comumente chamadas de Palmeira Real da Austrália (BOVI et al., 2003).

## 2.1 Palmeira Real da Austrália (*Archontophoenix alexandrae*)

A Palmeira Real da Austrália (*Archontophoenix alexandrae*) representa uma importante alternativa agroecológica para diversificação vegetal e geração de fonte de renda para sistemas produtivos em diversas regiões do país, pois gera palmito de boa qualidade em curto prazo (SANTOS et al., 2003; RODRIGUEZ JÚNIOR, 2005). Seu rápido crescimento, a resistência a diversas doenças, a adaptação a diversos tipos de solos e a qualidade do palmito gerado impulsionaram a expansão dessa cultura (UZZO et al., 2004; RODRIGUEZ JÚNIOR, 2005). No cultivo da Palmeira Real da Austrália, a extração do palmito inicia-se a partir de dois anos após o plantio, desde que seja realizado em regiões aptas e com adubação adequada (BOVI et al., 2001), enquanto que as espécies tradicionais levam de oito a doze anos para formar o palmito (UZZO et al., 2004). Entretanto, a alta produtividade da Palmeira Real da Austrália conduz à geração de grande quantidade de resíduo vegetal do processamento, pois o processo extrativo do palmito exige o corte da planta, já que apenas uma pequena parte interna do caule é utilizada para comercialização (BORDERES, 2006). Assim, a valorização do resíduo gerado apresenta-se como uma alternativa atraente para gerar desenvolvimento nos negócios do setor alinhado com conceitos de sustentabilidade, como princípios de não geração de resíduos (PAULI, 1996; McDONOUGH e BRAUNGART, 2002).

A parte do caule da Palmeira Real da Austrália que fornece o palmito é constituída por três camadas (bainhas): externa, mediana e o miolo do palmito, conforme Figura 1. A camada externa que envolve o palmito é fibrosa e tem por função proteger as folhas que estão em formação, mas não são utilizadas na industrialização do palmito. Representa de 25 a 35% do seu peso seco, dependendo da espécie de palmito. A segunda camada de cor mais clara e que apresenta de 25 a 30%, é a bainha mediana ou semifibrosa. Esta camada é usada para proteger o palmito no transporte até a industrialização e, também, não é utilizada, sendo descartada no início do beneficiamento. Por fim, encontra-se o miolo, que contém baixo teor de fibras. Esta parte é que produz o palmito em conserva (LIMA e MARCONDES, 2005).

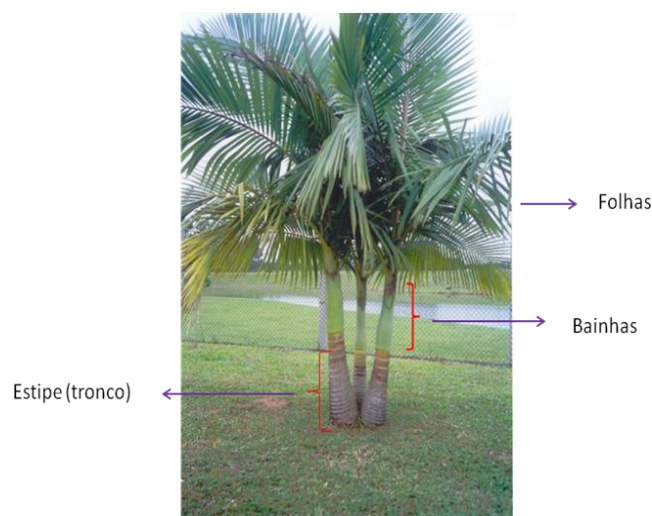


Figura 1 – Componentes da Palmeira Real da Austrália

O palmito pode ser definido como o produto comestível, de formato cilíndrico, macio e tenro, extraído da extremidade superior do estipe e bainhas foliares de certas palmeiras



(BOVI, 1998). A retirada do palmito das áreas de cultivo se dá pelo corte total da palmeira (ISRAEL, 2005). As duas primeiras camadas têm potencial para servir de fonte para celulose, por serem fibrosas.

## 2.2 Resíduos

Os resíduos de matérias vegetais podem ser considerados uma fonte abundante e renovável de produtos naturais. A biomassa característica das plantas é essencialmente composta por lignina, hemicelulose e celulose (RAJARATHNAM et al., 1992). Na área industrial de preparação do palmito em conserva, chega o palmito revestido das bainhas. A prática usual para os resíduos é a deposição no local de colheita, a fim de serem incorporados com matéria-orgânica; porém, como se trata de um material rico em fibras, sua degradação é lenta, tornando-se um passivo ambiental. Como potenciais alternativas de valorização das partes não reaproveitáveis das palmáceas cultivadas para a produção de palmito se incluem o reaproveitamento para extração de açúcares e celulose.

## 2.3 Processos alcalinos de extração de celulose

Os processos de extração de celulose em meio alcalino são os mais flexíveis para o tratamento de diferentes matérias-primas, desde madeiras, como eucalipto e pinus, até resíduos vegetais lignocelulósicos (EPA, 1995 e SIXTA, 2006). Os dois processos comumente utilizados nas indústrias são o soda e o kraft, sendo que o kraft difere do anterior pelo uso de sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) no licor de cozimento (solução aquosa que contém os reagentes que atuam no polpeamento, isto é, na deslignificação), atuando como agente deslignificante. Entretanto, a adição de  $\text{Na}_2\text{S}$  no licor provoca a liberação de compostos reduzidos de enxofre na atmosfera, promovendo problemas odoríferos (D'ALMEIDA, 1988). Como alternativa ao uso de compostos de enxofre, é proposto o uso de aditivos de processo que auxiliem na etapa de deslignificação, os quais são consumidos no processo de polpeamento, sem risco de toxicidade e geração de efluentes indesejáveis (SOUZA et al., 2008).

As principais operações de extração de celulose em relação ao processo alcalino envolvem a preparação do licor de cozimento, que é enviado ao digestor onde está o material a ser polpeado, aquecimento do digestor e posterior liberação de gases. O material que deixa o digestor é lavado, e o licor resultante é reaproveitado para futuros licores de cozimento e queima de material rico em lignina nas caldeiras de geração de vapor (SMOOK, 1982; SOUZA et al., 2008). Os reagentes e as condições de processo são determinadas com o objetivo de remover a lignina sem a degradação excessiva das fibras de celulose, já que determinam o rendimento e qualidade da polpa.

Estudos realizados com cavacos de madeira de eucalipto indicam que o uso de aditivos como a antraquinona (AQ) no licor de cozimento mostra-se como uma alternativa favorável para aumentar rendimento, favorecendo a deslignificação e preservando a celulose, uma vez que a carga alcalina pode ser reduzida (SILVA JÚNIOR, 1997; JERÔNIMO, 1997; BASSA e SACON, 2002; SANTOS E SANSÍGOLO, 2002). Nos cozimentos, autores empregaram temperaturas de cozimento de 170°C para um tempo de cozimento que pode variar de 45 a 120 minutos ((SILVA JÚNIOR, 1997; SANTOS SANSÍGOLO, 2002; KHRISTOVA et al., 2004; VASCONCELOS, 2005; KHIARI et al., 2009). A relação licor/material utilizada para madeira é de 4:1 ou 5:1; contudo, para materiais mais volumosos com densidade menor, esta relação pode ser alterada para valores maiores (D'ALMEIDA, 1988).

O processo alcalino de extração de celulose foi testado para vários resíduos com o intuito de caracterização da polpa e aplicabilidade da mesma. Entre os resíduos utilizados se incluem raque da Tamareira (KHRISTOVA et al., 2004; KHIARI et al., 2009), palha de arroz

(RODRÍGUES et al., 2010), palha de trigo (DENIZ et al., 2003), bagaço de cana de açúcar (KHRISTOVA et al., 2005). Os estudos apontam diferenças na qualidade da polpa de acordo com as condições de processo, que envolvem concentração de carga alcalina, uso de aditivos e tempo de polpeamento na temperatura estipulada para o polpeamento.

### 3 Método

Este artigo faz parte de uma pesquisa de natureza aplicada, envolvendo procedimentos experimentais para a obtenção de celulose a partir de resíduos. A pesquisa aplicada visa à geração de conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos (GIL, 2008). A etapa da pesquisa que consiste no escopo deste artigo teve como problema: seria possível realizar a valorização do resíduo da extração de inulina para produção de celulose empregando as mesmas operações e variáveis do processo de extração da inulina? A investigação deste problema foi abordada de forma qualitativa, tendo como fontes de evidência: entrevistas, observação, levantamento de informações documentais e da literatura.

Para a operacionalização deste trabalho foram necessárias as seguintes etapas: *i*) definição, por conveniência, da empresa-alvo do estudo, beneficiadora de materiais vegetais; *ii*) identificação do resíduo vegetal relacionado com a atividade fim da empresa definida, que beneficia o palmito da Palmeira Real da Austrália; *iii*) levantamento de informações na literatura a respeito da Palmeira Real da Austrália (*Archontophoenix alexandrae*) e dos resíduos da atividade de fabricação de palmito em conserva descartados; *iv*) levantamento dos referenciais teóricos sobre extração de celulose a partir de madeira e outras fontes. As variáveis de processo foram identificadas como referência para a proposição de método extrativo voltado para resíduos; *v*) conhecimento do processo de fabricação de palmito em conserva da empresa, a fim de identificar o potencial de valorização dos resíduos gerados e o destino dado para estes pela empresa. O mapeamento foi realizado através da coleta de dados com o proprietário do negócio através de entrevistas, por ele ter visão global do processo, visitas orientadas e observação do processo no local; *vi*) nesta etapa, foi consultada a patente de extração de inulina PI 0606063-3 A, do ano de 2008. Do resíduo da bainha da palmeira é extraída, por hidrólise ácida, a inulina que do licor, restando o material vegetal da bainha. As operações do processo de extração da inulina foram mapeadas e serviram de cenário para extração de celulose do material vegetal resultante da obtenção de inulina; *vii*) realização de testes preliminares de extração de celulose a partir do material vegetal do processo de obtenção de inulina, além do material vegetal destinado a resíduo no beneficiamento do palmito. Os materiais vegetais foram tratados com hidróxido de sódio (NaOH), segundo concentrações indicadas na etapa (*iv*), e submetidas à extração nas instalações do processo de beneficiamento do palmito; *viii*) as amostras obtidas pelo polpeamento da etapa (*vii*) foram submetidas a análise da coloração e do teor de deslignificação ou lignina residual na polpa, a partir da análise do número kappa (ABNT, 2005); e *ix*) análises finais, após realização dos testes preliminares em campo foi possível identificar diferenças nas características da polpa obtida. Estes resultados serviram de fonte para futuro delineamento experimental, que não faz parte do escopo deste artigo.

### 4 Resultados e discussão

A empresa escolhida para a realização deste estudo foi definida por conveniência, visto haver disposição do proprietário em relação à busca de alternativas para seu negócio com ênfase na sustentabilidade. A empresa já é detentora de patente de extração de inulina a partir de resíduo da bainha (PI 0606063-3, 2008) e a celulose surgiu como nova oportunidade de negócio. A empresa tem seu negócio voltado ao beneficiamento de palmito para produção de conservas, por isso conta com uma Cooperativa formada por 170 famílias no RS responsáveis por 60 ha de cultivo de Palmeira Real da Austrália para fornecer matéria-prima

para a comercialização. A empresa alvo localiza-se no município de Vale do Sol, região do Vale do Rio Pardo. Nas localidades de Candelária, Vale do Sol, Santa Cruz do Sul, Montenegro, Osório, Maquiné, Praia do Pinhal e Torres estão as áreas destinadas para plantação de palmeira. Na unidade industrial a área é de 4 ha de terras destinadas às instalações. A empresa funciona de segunda a sexta-feira, 7h15–11h30 e 13h–17h30. Seu quadro funcional é composto por dez encarregados de produção e três sócios que administram o negócio e auxiliam eventualmente a mão-de-obra.

A matéria-prima que chega à empresa é composta apenas das bainhas, sendo que as folhas e o estipe da planta permanecem no campo, onde a palmeira é cultivada (estes resíduos não foram considerados no escopo deste estudo). As bainhas são armazenadas em galpão até que sejam descascadas para obtenção do palmito. Nessa etapa foi confirmada a possibilidade de valorização de resíduos (bainhas), uma vez observado o alto volume de resíduo gerado proveniente do descascamento. Os resíduos são ricos em fibras, como comentado na literatura. Além disso, 95% do peso do material que chega à empresa beneficiadora de palmito são destinados como resíduos.

Na etapa de estudo de processos de extração de celulose, foram identificados os processos comumente utilizados nas indústrias, indicando que processos alcalinos são os mais flexíveis às distintas fontes vegetais. A Tabela 1 mostra as condições trazidas na literatura pesquisada.

Parâmetros	Condições	Autores
Álcali ativo (como NaOH), %	15-29*	
Relação licor/madeira, Litros/kg	4 a 5	D'Almeida, 1988; Silva Júnior, 1997; Santos e Sansígolo, 2002; Khristova et al, 2004; Vasconcelos, 2005 e Khiari et al., 2009
Temperatura máxima, °C	170	
Tempo de cozimento, minutos	45 a 120	
Carga de antraquinona, %	0,05 a 1*	Bassa e Sacon, 2002; Santos e Sansígolo, 2002; Khristova et al, 2004; Khiari et al., 2009 e Rodrigues et al., 2010.

\* Relação massa seca

Tabela 1 – Condições de cozimento para a curva de cozimento

O estudo foi realizado acompanhando a produção de palmito em conserva nas condições atuais que envolvem: transporte das bainhas da Palmeira Real da Austrália vindas do interior do RS, descascamento e corte do palmito com geração de resíduos, lavagem e envase do palmito, tratamento térmico do material, rotulagem e estocagem para posterior venda. Para mapeamento do processo foi feito através de três visitas ao local, no período de junho a novembro de 2010. O processo observado é composto por 12 etapas, que não serão descritas no presente trabalho, além do descarte do resíduo.

A valorização do resíduo, dentro do processo de fabricação de palmito em conserva, proposta nesta pesquisa, contemplou dois possíveis cenários: apenas a extração de celulose, diretamente do resíduo (cenário 1-Figura 2), e a geração de inulina e posterior extração de celulose (cenário 2-Figura 3). Para a construção do cenário 2, após produção de inulina, foi necessário inserir etapas de neutralização e secagem, visto que o resíduo é submetido à hidrólise ácida e, portanto, precisa ser seco e neutralizado antes da adição do álcali para a extração da celulose.

Uma vez propostos os cenários de valorização, foi analisada a capacidade de processamento de polpa, considerando a produção de resíduos conforme a produção de palmito em conserva.

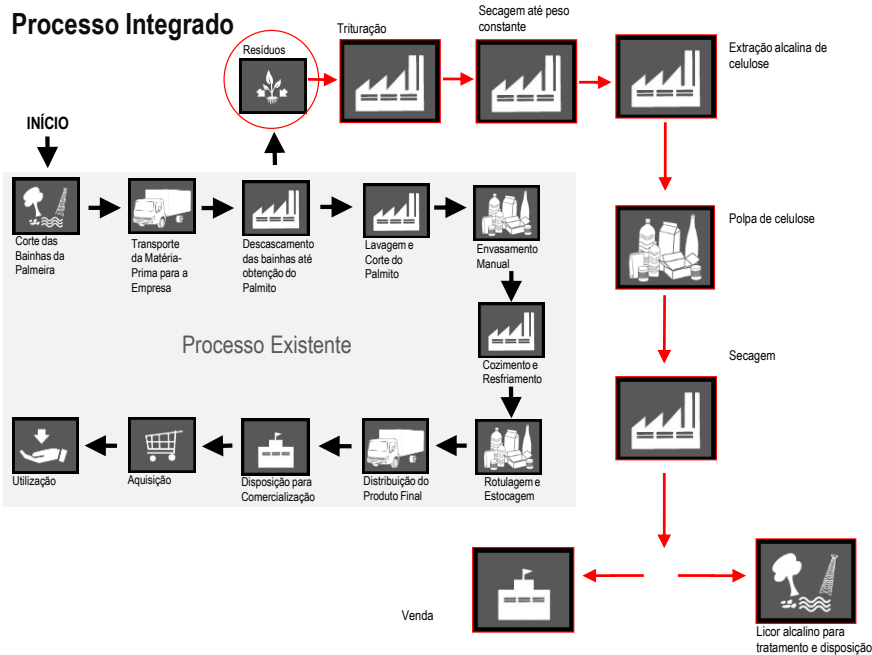


Figura 2 – Processo integrado de valorização do resíduo por extração alcalina (cenário 1)

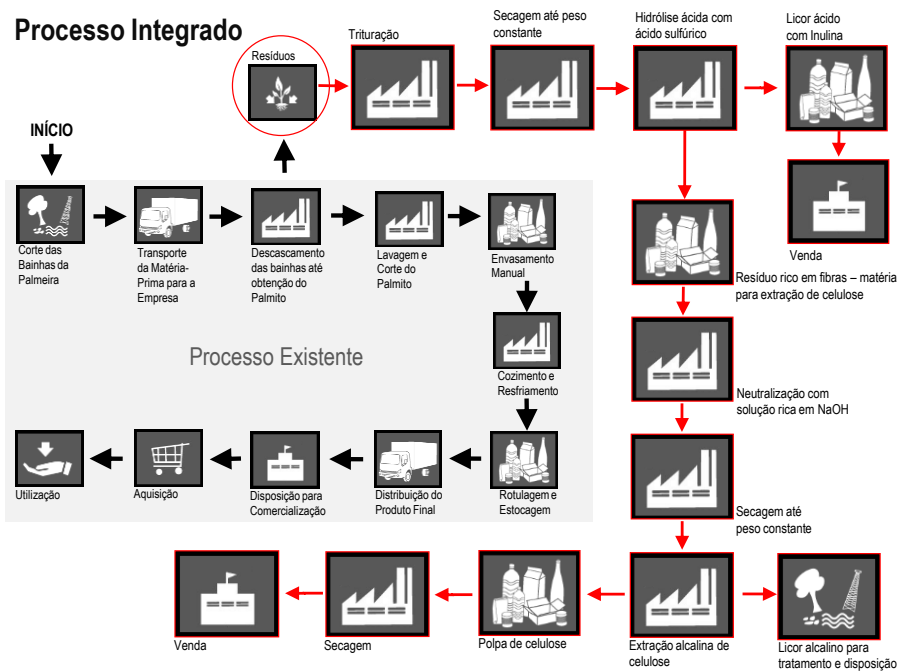


Figura 3 – Processo integrado de valorização do resíduo com hidrólise ácida e extração alcalina (cenário 2)

Na Cooperativa há 60 ha de cultivo de Palmeira Real da Austrália, sendo que em cada hectare são plantadas em média 15000 palmeiras. Foi informado que anualmente são cortadas 5000 palmeiras por hectare. Assim, 300000 plantas por ano são cortadas para gerar as bainhas que servirão para a retirada do palmito. O corte é feito em plantas de aproximadamente 3 metros ou mais, sendo que o caule e bainhas e folhas pesam aproximadamente 20 kg. Entretanto, apenas as bainhas são transportadas e chegam à unidade fabril, e a partir da massa destas, pode se calcular a quantidade de material destinado a resíduo. Através de serviço terceirizado realizado no laboratório de Central Analítica da Universidade de Santa Cruz (UNISC) foram realizados ensaios para determinação de umidade das bainhas da Palmeira



Real da Austrália, as quais foram coletadas em novembro de 2010 nos arredores da empresa alvo deste estudo.

As bainhas foram trituradas no local de coleta e enviadas no mesmo dia ao laboratório. Cada amostra foi composta por três bainhas de palmeiras distintas, as quais foram trituradas e misturadas para formar uma amostra representativa. A média de três repetições de cada amostra indicou o teor de umidade. Foram determinadas as umidades de três amostras, sendo que a amostra um (1) apresentou umidade de 82,08g/100g, a amostra dois (2) indicou 82,90g/100g e amostra três (3) por sua vez indicou 79,93g/100g. A média dos três valores de umidade indicou um valor de umidade de 81,60 g/100g. A partir dos valores de umidade, foi possível determinar a quantidade de palmito extraído e resíduo gerado por planta. Para as bainhas da palmeira que apresentam a umidade de 81,60g/ 100g o peso é de 5Kg, e destas são extraídos 0,5Kg de palmito. Assim, calculam-se 0,828Kg de resíduo livre de umidade. Conforme dados para resíduo livre de umidade, a quantidade total gerada anualmente pelas 300000 palmeiras é de cerca de 248400 kg.

Amostras de resíduos foram submetidas ao processo de hidrólise ácida conforme condições descritas na Patente (PI 0606063-3, 2008), e a testes de extração alcalina dentro das condições de processo visualizadas nas instalações da fábrica de palmito em conserva e com incremento da etapa de secagem. O processo de extração proposto deveria atender às restrições impostas pelas instalações, que apresentavam limitações quanto ao uso de altas temperaturas, controle de emissões atmosféricas e tratamento de efluentes, já que o processo de fabricação de palmito em conserva por si só não gera efluentes e emissões que precisem de tratamento. O primeiro processo (1) foi o de hidrólise ácida, o qual manteve as condições apresentadas na patente. Os processos (2) e (3) contemplaram apenas extração alcalina ou extração alcalina seguida de hidrólise respectivamente. Nestes dois últimos foram utilizadas a concentração de carga alcalina definida de acordo com o levantamento bibliográfico mostrado na Tabela 2, porém não foram usados aditivos de processo. A relação licor/material ficou em 10:1, pois o material é volumoso e precisa ser totalmente recoberto com solução. Todos os experimentos foram realizados à temperatura máxima admitida nos equipamentos de 127°C e pressão de 1,5atm. Na Tabela são mostradas as condições experimentais dos três testes.

Experimento	Massa seca (g)	Concentração reagente	Relação licor: material	Tempo na temperatura definida (min)
(1) Hidrólise ácida	100	3% v/v de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10:1	30
(2) Extração alcalina	50	20% m/m de NaOH	10:1	60
(3) Extração alcalina pós- hidrólise ácida	50	20% m/m de NaOH	10:1	60

Tabela 2 – Condições experimentais para testes de hidrólise ácida e de extração alcalina dos resíduos gerados no beneficiamento do palmito extraído da Palmeira Real da Austrália

Todas as polpas obtidas foram levadas a uma estufa Biomatic na temperatura de 68°C para secagem e permaneceram 24 horas até atingir peso constante. A reação de hidrólise ácida apresentou rendimento de 54%, e a extração alcalina de 50% depois da etapa de secagem, sendo que o processamento do material nas duas etapas teve rendimento de 27%. Assim, para o montante de 248400kg, tem-se 134136kg de material residual restante, já que o produto de interesse descrito na patente é a inulina, que ainda não possui produtores em nível nacional.

Este subproduto da hidrólise ácida foi então neutralizado com solução de NaOH até pH neutro, a seguir foi destinado à extração alcalina, a qual apresentou rendimento de 50%, gerando 67068 kg de polpa de celulose. Se o montante de 248400 kg de resíduos gerados na etapa de descascamento até obtenção de palmito fosse submetido diretamente ao processo de extração alcalina, considerando o rendimento de 50%, a geração de polpa é de 124200Kg. De posse destes dois resultados, verificam-se os rendimentos em polpa de 27 ou 50%, no entanto,

mesmo com rendimento inferior de polpa, ao se aplicar a reação de hidrólise ácida é possível a obtenção de inulina.

Na etapa seguinte aos testes, as polpas foram analisadas em laboratório terceirizado a fim de se comparar o teor de deslignificação apresentado pelas mesmas, medido pelo número kappa (ABNT, 2005). O laboratório contatado está em empresa gaúcha produtora de polpa de celulose por processo ácido. Os resultados de número kappa conforme amostras feitas a partir das condições mostradas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, indicou número kappa de 50,45 para amostra um (1), kappa de 55,45 para a amostra dois (2) e kappa de 28,15 para a amostra três (3).

Com base nas diferenças observadas para as polpas obtidas nos três testes realizados, e com o intuito de obtenção de polpa de celulose para fins comerciais, é provável que testes com diferentes condições de processamento indiquem resultados distintos para qualidade da polpa segundo o teor de deslignificação. Segundo a norma NBR 302:2005 da ABNT o número kappa indica o teor de lignina residual ou capacidade de branqueamento da pasta celulósica, logo quanto menor for o valor do número kappa obtido, mais facilitada é a etapa de branqueamento da polpa, pois esta já sofreu maior deslignificação. O número kappa para polpa não branqueável está entre  $58 \pm 2$ , enquanto para polpa branqueável fica entre  $28 \pm 2$  (VASCONCELOS, 2005). Assim, polpas submetidas à hidrólise ácida antes da extração alcalina, são mais adequadas para se obter polpas branqueáveis para fabricação de diversos tipos e papéis, inclusive aos de fins sanitários.

Entre as condições propostas para as variáveis do processo de extração, apenas a variável temperatura ficou limitada em  $127^{\circ}\text{C}$ , por ser a temperatura máxima de operação na autoclave disponível no local. Para compensar tal limitação, o tempo de polpeamento (cozimento) foi maximizado. As concentrações de NaOH e tempo de cozimento poderiam estar no seu limite superior, entretanto, por serem testes experimentais, valores médios foram utilizados. Assim, é proposto que a partir de experimentos com condições distintas das variáveis controláveis, como concentração de carga alcalina, concentração de aditivo de processo (que não foi contemplada neste estudo) e tempo através de um de projeto de experimentos seja possível obter polpas com qualidade distintas.

## 5 Considerações finais

A valorização de resíduos gerados em um processo produtivo apresenta-se como um meio eficaz de proporcionar o desenvolvimento do mesmo e ainda beneficiar o meio ambiente. Estudos indicam que, de acordo com as propriedades dos resíduos, estes podem gerar produtos de alto valor agregado. Frente a isso, o objetivo deste trabalho foi analisar o processo produtivo de unidade industrial beneficiadora de palmito em conserva para determinação das variáveis que influenciam as operações de valorização de seus resíduos.

Neste estudo uma empresa beneficiadora de material vegetal foi selecionada a fim de desenvolver seus negócios com a inserção da valorização dos resíduos vegetais gerados no processo vigente na unidade. A proposição de cenários integrando o processo vigente e os processos de valorização de resíduos foram mostrados após mapeamento da empresa. O estudo em campo indicou que resíduos podem ser valorizados por diferentes caminhos processuais, gerando produtos com propriedades distintas. Além disso, foram levantadas limitações nas instalações industriais que afetam no processo, que deverão ser submetidas a estudos visando realizar melhorias e aumentar a eficiência nas operações.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo fornecimento de bolsa de pesquisa e à empresa que permitiu a realização deste estudo.

## Referências

- ABNT NBR ISO 302. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Pasta celulósica - Determinação do número kappa**, 2005.
- BASSA, A.; SACON, V. M. Polpação kraft convencional e modificada para madeiras de *Eucalyptus grandis* e híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*). In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 35., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 2002.
- BORDERES, J. **Produção de *Pycnoporus sanguineus* em resíduos do processamento da palmeira-real-da-austrália**. 2006. 9p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.
- BOVI, M. L. A. Cultivo da palmeira real australiana visando à produção de palmito. Campinas, SP. **Instituto Agrônomo de Campinas – Boletim Técnico**, Campinas, SP, n. 172, abr. 1998.
- BOVI, M. L. A. et al. Adequate timing for heartof-palm harvesting in King palm. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.135-139, jun. 2001.
- BOVI, M. L. A. et al. Características físicas e produção de palmito de palmeira real australiana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43, 2003. Recife. **Anais...** Brasília: SOB, 2003, 4p. (CD-ROM).
- CASTRO, M. C. D.; GUEDES, C. A. M. Inovações implementadas pela Embrapa para a promoção do desenvolvimento sustentável do agronegócio e do novo ambiente rural. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 6., 2010, Niterói. **Anais...** Niterói: [s.n.], 2010.
- D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2.ed. São Paulo: SENAI; IPT, 1988. v.1.
- DENIZ, I.; KIRCI, H.; ATES, S. Optimisation of wheat straw *Triticum drum* kraft pulping. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v.19, p.237-243, 2004.
- ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (EPA). **Profile of the pulp and paper industry**: relatório. Disponível em: <<http://www.cluin.org/download/toolkit/pulppasn.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2010.
- FERMINO, M. H. et al. Aproveitamento dos resíduos da produção de conversa de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira**, Porto Alegre, v.28, p.282-286, 2010.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Porto Alegre, RS). Reinaldo Simões Gonçalves. **Processo de produção por hidrólise ácida a partir da planta de palmeira de inulina e substrato para plantas**. BR n. PI 0606063-3A, 27 dez. 2006, 19 ago. 2008.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal 2008: culturas temporárias e permanentes 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2008/tab2.pdf>>. Acesso em: dez. 2010.
- ISRAEL, C.M. **Utilização do resíduo do processamento do palmito para a produção de enzimas hidrolíticas por fungos do gênero *Polyporus***. 2005. 136p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.
- JERÔNIMO, L. H. **Adição de antraquinona na polpação alcalina e sua influência na branqueabilidade de celulose de *Eucalyptus saligna* Smith**. 1997. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Área de Tecnologia de Produtos Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.
- KHIARI, R. et al. Chemical composition and pulping of date palm rachis and *Posidonia oceanica* – a comparison with other wood and non-wood fibre sources. **Bioresource Technology**, [s.l.], v.101, p.775–780, 2010.
- KHRISTOVA, P. et al. Alkaline pulping with additives of date palm rachis and leaves from Sudan. **Bioresource Technology**, [s.l.], v.96, p.79–85, 2005.
- LEITÃO, V. F. et al. Biomass residues in Brazil: availability and potential uses. **Waste Biomass Valor**, [s.l.], v.1, p.65-76, 2010.
- MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M.. DESIGN CHEMISTRY (MBDC). **Remaking the way we make things: cradle to cradle**. New York: North Point Press, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Projeções do agronegócio: Brasil 2009/2010 a 2019/2020**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-2020.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-2020.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2011.

PAULI, G. **Emissão zero: a busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer à sociedade**. Tradução José W. M. Kaehler, Maria T. R. Rodriguez. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

RAJARATHNAM, S.; SHASHIREKA, M. N.; BANO, Z. Biopotentialites of the basidiomycetes. **Advances in Applied Microbiology**, [s.l.], v.37, p.223-361, 1992.

RAMOS, M. G.; HECK, T. C. Cultivo da Palmeira Real da Austrália para produção de palmito. **Boletim didático**, Florianópolis, n.40. Florianópolis, 2001.

ROCHA, F. B. de A. et al. Gestão de resíduos como ferramenta aplicada ao beneficiamento do coco verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: ABEPRO, 2010.

RODRIGUES, A. S.; DURIGAN, M. E. **O agronegócio do palmito no Brasil**. Londrina: IAPAR, 2007. p.133.

RODRÍGUEZ, A. et al. Feasibility of rice straw as a raw material for the production of soda cellulose pulp. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v.18, p.1084-1091, 2010.

RODRIGUES JÚNIOR, O. **PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: Viabilidade econômica em propriedades localizadas no sudeste do estado de Minas Gerais**. 2005. 103p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Contábeis) - Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), Vitória, 2005.

ROSA, M. F. et al. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. **Documentos**, Fortaleza, p.1677-1915, maio 2002.

SANTIAGO, B. H.; SELVAM, P.V.P. **Tratamento superficial da fibra do coco: estudo de caso baseado numa alternativa econômica para fabricação de materiais compósitos**. Natal: Grupo de Pesquisa em Engenharia de Custos e Processos, Universidade Federal do Rio Norte, 2008.

SANTOS, Á. F. et al. Ocorrência de curvularia senegalensis em pupunheira e palmeira. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.2, p.204, mar./abr. 2003.

SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Deslignificação e resistências de polpas obtidas pelos processos Kraft, Kraft-AQ, Soda-AQ e soda de madeira de Eucalyptus grandis, In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INVESTIGAÇÃO EM CELULOSE E PAPEL, 3., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n], 2002.

SILVA JÚNIOR, F. G. **Polpação kraft do eucalipto com adição de antraquinona, polissulfetos e surfactante**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA (SIDRA). **Produtos da extração vegetal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=3&z=t&o=11&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1>>. Acesso em: nov. 2010.

SIXTA, H. **Handbook of pulp**, v.1. Lenzing: Wiley-VCH, 2006.

SMOOK, G.A. **Handbook for pulp and paper technologists**. Atlanta, TAPPI. 1982, 395p.

SOUZA, A. H. C. B. et al. **Guia técnico ambiental da indústria de papel e celulose**. São Paulo: CETESB, 2008.

TEIXEIRA, S. et al. Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, jan./mar. 2009.

TONINI, R.C.G. **Utilização da bainha mediana de palmito (*Euterpe edulis* Mart. Arecaceae) como substrato para cultivo de *Lentinula edodes* (Beck.) Pegler**. 2004. 125p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

UZZO, R. P. et al. Coeficiente de caminhamento entre caracteres vegetativos e de produção de palmito da palmeira-real australiana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.136-142, 2004.

VASCONCELOS, F. S. R. **Avaliação do processo SuperBatch™ de polpação de Pinus taeda**. 2005. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais com opção em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.