

Solventes para extração do líquido da castanha de caju (LCC) e compatibilidade ambiental

José Everardo Xavier de Matos

jexmatos@unifor.br

Fernando José Araújo da Silva

fjas@unifor.br

Priscila Batista Vieira

priscilaagrande@yahoo.com.br

Resumo

O LCC é um importante subproduto da indústria de beneficiamento de caju. A prática industrial vigente para extração impõe riscos ao meio ambiente e à saúde do trabalhador. No presente estudo foram investigados solventes alternativos (isopropanol, etanol anidro e hidratado) ao hexano, normalmente empregado. A substituição do hexano tem fundamento nos princípios da química verde (*green chemistry*). Há ainda vantagens sob a ótica da saúde ambiental do trabalhador e em contexto de gestão ambiental. A troca de solvente poderá incorporar valor à cultura técnica e competitividade ambiental. A investigação experimental para substituição do hexano por um solvente com maior compatibilidade ambiental mostrou que os teores médios de recuperação de LCC cresceram com o Índice Polarização (IP) e com o Calor de Vaporização (CVP) dos solventes investigados. Os resultados favoreceram ao uso do etanol (anidro ou hidratado), que foi ratificado pelo melhor índice de extração em função do número de ciclos de extração. Apesar das vantagens do etanol, destacou-se que são necessárias modificações na planta de extração, com exigência de novo perfil tecnológico. O etanol possui menor toxicidade e flammabilidade, maior biodegradabilidade, e disponibilidade quase que imediata no mercado e baixo custo. É, portanto, um solvente de maior compatibilidade ambiental, comparado ao hexano.

Palavras-chave: LCC. Extração com solventes. Compatibilidade ambiental

Abstract

CNLS is an important by-product of cashew nut processing industry. The industrial practices of extraction impose risks to the environment and to the human health. In the present study alternative solvents were investigated (isopropanol, ethanol and ethanol 96%) to hexane, usually employee. Hexane replacement has foundation in the principles of the “green chemistry”. There are also advantages for workers environmental health and in context of environmental management. Solvent substitution may incorporate value to the technical culture and give a greater environmental competitiveness. The experimental investigation for substitution of hexane by a solvent with larger environmental compatibility showed that the mean CNLS recovery increased with the Polarization Index (PI) of the solvents. The same occurred with regard to Vapor Heating. Results favored the use of ethanol (pure or at 96%). Also, the best extraction index as a function of the number of extraction cycles was reached the ethanol. In spite of the advantages of the alternative solvent modifications in the extraction plant are necessary, and demand a new technological profile. As a final remark ethanol possesses lower toxicity and flammability, higher biodegradation rate, and it is easy to be bought at a low cost compared to hexane. It is also a solvent with better environmental compatibility, compared to hexane.

Keywords: CNSL. Solvent extraction. Environmental compatibility

1 Introdução

O cajueiro é uma planta nativa do Brasil. Pode ser encontrada em regiões tropicais e sub-tropicais, com destaque para o litoral do Nordeste brasileiro. Há diferentes espécies de cajueiros. Porém, a de maior importância e mais comumente encontrada é a *Anacardium occidentale*. O caju, pseudo-fruto do cajueiro, pode ser apreciado *in natura*, na forma de doce, suco ou cajuína. Entretanto, é a amêndoa que possui maior significado comercial, com destacada produção em países como Índia, Brasil e Nigéria (SOARES, 1986; AZAM-ALI e JUDGE, 2001).

O modelo de produção e o grau de mecanização do beneficiamento da castanha de caju são diferentes entre os países produtores. A castanha de caju é beneficiada industrialmente para a retirada da amêndoa que é comestível. A casca da castanha de caju é muito dura, com uma espessura entre 1 e 2 mm, sendo uma das principais fontes naturais de compostos fenólicos.

O conteúdo líquido da casca é um subproduto industrial denominado líquido da castanha de caju (LCC). O LCC é conhecido internacionalmente como *Cashew Nut Shell Liquid (CNSL)*. Trata-se de uma mistura de compostos fenólicos com cadeia alquílica de 15 carbonos na posição meta à hidroxila do anel aromático. Esta cadeia lateral pode ter até 3 insaturações (Figura 1). O LCC é viscoso, vesicante e caústico (WASSERMAN e DAWSON, 1948; SANTAELLA, 1996; EDOAG, FADIPE e EDOGA, 2006).

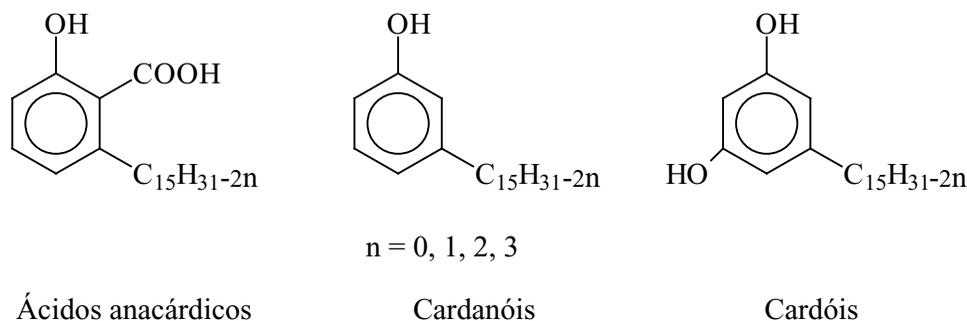


Figura 1: Composição química dos principais componentes fenólicos do LCC.
Fonte: GEDAM e SAMPATHKUMARAN (1986).

A extração do LCC pode ser feita a frio, por processo mecânico, através de prensagem. Outra técnica é extraí-lo, como ocorre na quase totalidade da indústria brasileira, por imersão em banho quente do próprio LCC a 185-190°C (MONTEIRO Jr., 1992; RODRIGUES et al., 2006). Neste processo pode-se obter cerca de 50% do líquido. A extração a quente produz um LCC diferente do extraído a frio. Durante o aquecimento o ácido anacárdico sofre descarboxilação e é convertido em cardanol. O líquido extraído a quente é chamado de “LCC técnico”. A composição dos componentes fenólicos no LCC, natural e técnico, foi estudada por diversas técnicas, cujo sumário é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Composição dos componentes fenólicos do LCC.

<i>Componentes fenólicos</i>	<i>Tipo de LCC (%)</i>	
	<i>Natural</i>	<i>Técnico</i>
Ácido anacárdico	71,0 – 82,0	1,1 – 1,8
Cardanol	1,2 - 9,2	60,0 – 68,0
Cardol	13,8 - 20,1	15,0 – 18,1
2-metil cardol	1,6 - 3,9	1,0 – 3,3
Outros	0 – 2,0	0 -7,4

Fonte: adaptado de GEDAM e SAMPATHKUMARAN (1986), KUMAR et al. (2002).

O conteúdo de LCC na castanha crua varia entre 15 e 25%. É uma matéria-prima industrial importante, com grande versatilidade. Há mais de 200 patentes para sua aplicação industrial, como na fabricação de resinas fenólicas, pó de fricção para indústria automotiva, linhas para pesca, biocidas, usos na indústria farmacêutica, para armazenamento do biodiesel e como bioaditivo (MENON et al., 1985; GEDAM e SAMPATHKUMARAN, 1986; SANTOS e MAGALHÃES, 1999; PARAMSHIVAPPA et al., 2001; CARDOLITE, 2002; SILVA et al., 2006).

Apesar das potencialidades de uso, em geral o LCC brasileiro não agrega valor à cadeia produtiva do caju. A maior parte do LCC é exportada na forma de subproduto industrial (i.e. como LCC técnico). Em escala menos representativa é exportado na forma de resina fenólica. Uma vez que o consumo interno é baixo, o nível de processamento de LCC para fabricação de produtos industriais mais atraentes também é pequeno.

Contraditoriamente, o LCC brasileiro atende a um mercado internacional cuja demanda e preço são instáveis. Em cenário mais favorável o valor médio do LCC pode chegar a US\$ 300/tonelada. Na forma de cardanol hidrogenado e resina

(resíduo) o valor médio alcança US\$ 1.500 e US\$ 500/tonelada, respectivamente. Na forma de cardanol alquilado o valor médio atinge até US\$ 2.500/tonelada.

O principal exportador do LCC brasileiro é o estado do Ceará, responsável por cerca de 90%. A Tabela 2 mostra um histórico recente da exportação brasileira e preço do LCC. Nota-se que os coeficientes de variação (CVs) da massa LCC exportada gira em torno de 40%, enquanto para o preço de mercado o CV é de 25%. Também, em princípio não há uma correlação entre preço e volume exportado, ratificando certa aleatoriedade no mercado.

Tabela 2: LCC exportado entre 2001 e 2006 (Ceará e Brasil) e preço médio

Ano	Massa exportada (Kg)		Valor US\$/Kg
	Ceará	Brasil	
2001	19.508.083	-	0,25
2002	11.644.011	12.341.151	0,17
2003	14.809.548	18.147.840	0,15
2004	20.174.665	23.696.135	0,17
2005	34.176.817	35.986.847	0,15
2006	17.811.530	19.393.350	0,25
Valor médio	19.687.442	21.913.065	0,19
Coeficiente de variação (%)	39,5	40,4	24,9

Fonte: SINDICAJU (2007).

É evidente que as indústrias não podem armazenar LCC como se fosse uma “commodity”. Estas não possuem capacidade, nem interesse em fazê-lo, em razão de incertezas associadas à recuperação do capital a ser investido para tanto. Assim, o baixo grau de aproveitamento industrial no país conjugado com um mercado consumidor externo pouco confiável faz com que o LCC apresente riscos ambientais, pois este tem que ser disposto e armazenado em algum lugar.

É sabido que compostos fenólicos podem inibir a ação microbiana na degradação deste tipo de resíduo líquido, tornando-o tóxico e recalcitrante (SANTAELLA et al. 2002). Por outro lado, ressalta-se que a mentalidade conservadora do empresariado do setor contribui para tal inércia, no que concerne à proteção ambiental.

Um aspecto que ratifica a declaração acima é o fato de que a purificação do LCC permanece inalterada há mais de meio século. O hexano comercial ainda é o solvente mais empregado na purificação de LCC (GEDAM e SAMPATHKUMARAN, 1986; MONTEIRO Jr., 1992). É uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos e naftênicos leves obtidos por destilação de frações do petróleo, com faixa de destilação compreendida entre 62 e 74° C. O hexano é preferido por vantagens de balanço energético, com implicações diretas sobre custos industriais.

Por outro lado, sob temperaturas superiores ao ponto de fulgor (-18° C) o líquido libera vapores que podem formar com o ar uma mistura inflamável, impondo risco à segurança humana e ao meio ambiente. Além disto, o hexano é classificado como um produto tóxico e nocivo. A freqüente exposição humana aos vapores do hexano pode causar irritação do trato respiratório, sonolência ou vertigens. O hexano tem também efeito sobre o sistema nervoso central por alterar a mielina. O efeito tóxico do hexano está relacionado principalmente com seu metabólito 2,5-hexanodiona, produzido através da oxidação do hexano pelas enzimas hepáticas (LUQUE DE CASTYRO e GARCIA-AYUSO, 1998).

Há uma abordagem relevante sobre o emprego do hexano no que diz respeito às normas de saúde no ambiente de trabalho. Destaca-se a NR-9 (Norma Reguladora) que trata de Programas de “Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)” que é um processo que envolve empregadores e empregados (MTBe, 2007). O PPRA intenta preservar a saúde e a integridade dos trabalhadores através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes, ou que possam vir a existir no ambiente de trabalho. Considera também a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. O programa integra um conjunto amplo de iniciativas para preservação da saúde e integridade dos trabalhadores, articulando-se com as demais NRs, em especial com o Programa de “Controle Médico de Saúde Ocupacional” (PCMSO).

As ações do PPRA são executadas no âmbito de cada setor das empresas. A abrangência e profundidade dependem das características dos riscos e das necessidades de controle. Os riscos ambientais do PPRA consideram elementos ou substâncias presentes nos diversos ambientes humanos, que se observados acima dos limites de tolerância podem causar danos à saúde das pessoas. Os agentes de risco são classificados em 5 grupos. No caso da indústria de beneficiamento de castanha de caju e, especificamente em relação à extração e purificação de LCC, destacam-se o Grupo II que trata de riscos

químicos, com tópico relativo a solventes, e o Grupo VI que trata de riscos de acidentes, com tópico relativo a incêndios e explosões.

Além do tema saúde do trabalhador, há que se invocar também a demanda por melhoria de performance ambiental das indústrias de castanha de caju. Isto traz um diferencial de competitividade, conforme salienta texto fundamental de BARNEY (1991). Permite ainda uma melhor comunicação, não apenas com o mercado, mas com o consumidor enquanto indivíduo, dando maior consistência à imagem ambiental da empresa (HENSON e HOOKER, 2001).

SILVA, SILVA e MANFRINATO (2005) atentam que há estreita ligação entre a gestão da tecnologia e a do meio ambiente nas empresas. Pequenas ações podem resultar em mudanças significativas no perfil de qualidade ambiental das empresas, notadamente no setor industrial. Neste contexto, cabe observar o crescimento da filosofia da química verde (YADAV e JADHAV, 2003).

LENARDÃO et al. (2003) enfatizam que a idéia da química verde é ética e politicamente poderosa. A partir disto enfatiza-se que processos químicos que geram problemas ambientais podem ser substituídos por alternativas menos poluentes ou mesmo não-poluentes.

A química verde (*green chemistry*) pode ser definida como o desenho, desenvolvimento, e implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Tal conceito tem estrita ligação com o de tecnologia limpa, associa o desenvolvimento da química às exigências de sustentabilidade. Há doze princípios que precisam ser perseguidos quando se pretende implementar a química verde, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1: Princípios da química verde (*green chemistry*).

Princípio	Comentário
Prevenção	Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou “limpá-lo” após sua geração
Economia de átomos	Buscar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final
Síntese de produtos menos perigosos	Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente
Desenho de produtos seguros	Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos
Solventes e auxiliares mais seguros	O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas
Busca pela eficiência de energia	A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes
Uso de fontes renováveis de matéria-prima	Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não-renováveis
Evitar a formação de derivados	A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas exigem reagentes adicionais e podem gerar resíduos
Catálise	Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos
Desenho para a degradação	Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente
Análise em tempo real para a prevenção da poluição	Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas
Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes	As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios

Fonte: LENARDÃO et al. (2003).

As considerações até aqui empreendidas sugerem a desejável substituição do hexano por outro solvente, menos danoso ao ser humano e menos impactante ao meio ambiente. Já no século passado CAPLAN (1949) sugeriu o uso do metanol,

etanol e isopropanol como possíveis solventes para o LCC, alternativos ao hexano. No entanto estes solventes nunca foram utilizados pela indústria na extração do LCC. No caso do metanol é importante lembrar que os riscos para a saúde podem ser equivalentes aos do hexano. Portanto, sob a perspectiva de saúde ambiental, este solvente não é recomendado.

Assim, o presente estudo tenta mostrar a aplicabilidade de solventes alternativos para extração do LCC. Os solventes devem apresentar características menos tóxicas e nocivas ao homem, menos inflamável e explosivo, mas que mantenham as características de extração.

2 Materiais e métodos

Realizou-se um estudo experimental e comparativo do desempenho do hexano com outros solventes ambientalmente mais amigáveis (isopropanol, etanol anidro e etanol 96%), na extração do LCC. A escolha dos solventes propostos como substitutos do hexano foi baseada em critérios como solubilidade do LCC, toxicidade, disponibilidade, custo, facilidade de recuperação, volatilidade, biodegradabilidade e impacto ambiental. A Tabela 3 apresenta uma comparação das propriedades destes solventes.

Tabela 3: Propriedades dos solventes empregados no estudo.

<i>Solvente</i>	<i>Ponto de ebulição (°C)</i>	<i>Pressão de vapor a 20°C (mm Hg)</i>	<i>Ponto de fulgor (°C)</i>	<i>Limites de explosão (%)</i>	<i>Temp. de ignição (°C)</i>	<i>Calor de vaporização (kJ/kg)</i>	<i>Índice de polaridade</i>
Hexano	69	132	-21,7	1,2-7,7	225,2	335	0,06
Isopropanol	82	33	12	2,0-12,0	425	664	4,3
Etanol	78	59	14	3,3-24,5	425	838	5,2
Etanol 96%	78	59	17	3,5-15,0	425	855	5,4

Em uma indústria localizada no município de Cascavel, Ceará, cascas de castanha e hexano comercial foram obtidas. O isopropanol, etanol anidro e etanol 96%, grau analítico, foram usados como recebidos, sem purificação. Os procedimentos analíticos foram baseados em LUQUE DE CASTYRO e GARCIA-AYUSO (1998).

Inicialmente as cascas de castanha de caju foram moídas e classificadas em peneiras Tyler de 4 e 8 mesh, com tamanho de partículas na faixa 2,37 a 4,70 mm. As cascas foram, em seguida, mantidas em estufa a 80° C por 4 horas.

Amostras de 50,0 g de cascas sofreram extração em separador SOXHLET, com volume de solvente sifonado de 150 mL. Para cada solvente foram realizados cinco experimentos correspondente a 1, 2, 3, 4 e 5 ciclos de extração. Após cada experimento, as cascas foram mantidas novamente em estufa a 80° C por 4 horas e pesadas em seguida. O índice percentual de extração foi determinado com base na diferença de peso em relação às amostras iniciais. O LCC foi recuperado por evaporação do solvente em evaporador rotativo sob pressão reduzida.

3 Resultados e discussão

A Tabela 4 mostra, para cada solvente, o percentual de LCC contido nas cascas, em função do número de extrações realizadas em cada amostra. Os dados da tabela sugerem que o etanol anidro ou hidratado se apresenta como solvente com potencial para extração do LCC levada em conta a eficácia do processo. A maior capacidade específica de extração do etanol 96%, em comparação aos demais solventes condiz, com o caráter polar dos componentes fenólicos constituintes do LCC: o cardanol, o cardol e o 2-metil-cardol (TOSCHI et al., 1993).

Tabela 4: Teores de LCC nas cascas de castanha de caju, recuperados com os solventes do estudo.

Solvente	Número de extrações e percentuais de LCC recuperado				
	1	2	3	4	5
Hexano	14,14 %	15,89%	16,29%	17,04%	18,84%
Isopropanol	15,01%	17,12%	17,91%	19,12%	20,12%
Etanol	17,48%	18,49%	20,54%	20,87%	21,20%
Etanol 96%	18,09%	19,33%	20,42%	21,25%	22,19%

As Figuras 2 e 3 mostram que os teores médios de LCC recuperados das cascas de castanha cresceram com o valor do Índice Polarização (IP) e do Calor de Vaporização (CVP). As figuras são bem semelhantes e fortalecem o potencial de utilização do etanol (anidro ou hidratado).

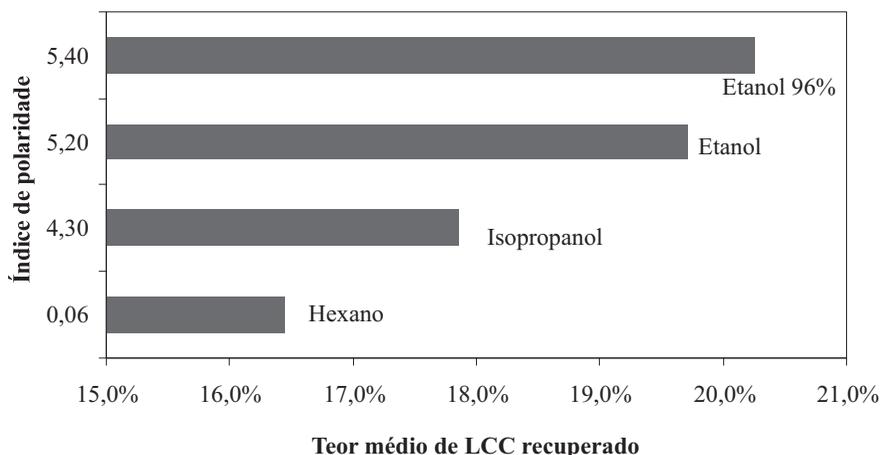


Figura 2: Elevação dos teores médios de LCC recuperado em associação ao crescimento dos valores do IP dos solventes.

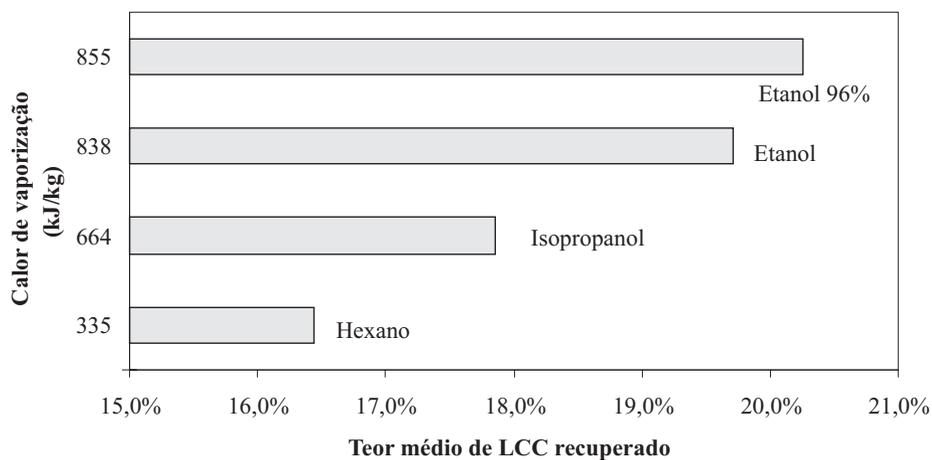


Figura 3: Elevação dos teores médios de LCC recuperado em associação ao crescimento dos valores do CVP dos solventes.

Destaca-se ainda que, de maneira geral o etanol (anidro ou hidratado) apresenta menores toxicidade e flamabilidade, maior biodegradabilidade, e disponibilidade quase que imediata no mercado e baixo custo. No entanto, quando se analisa a demanda de energia para recuperação do solvente (ver Tabela 3), surge uma desvantagem face ao elevado valor de CVP, além de maior ponto de ebulição em relação ao hexano. Mesmo assim, a menor pressão de vapor do etanol sugere menores perdas por evaporação em comparação com o hexano.

A Figura 4 mostra a evolução do índice de extração do LCC em função do número de ciclos de extração com os solventes investigados. O etanol anidro apresentou-se mais eficiente em razão do menor número de ciclos de extração. Em princípio isto sugere maior produtividade e menor tempo de extração, talvez permitindo uma compensação no balanço energético desfavorável no processo. Mesmo assim, seria necessário um estudo mais detalhado do ponto de vista operacional e financeiro. Também, como o etanol é totalmente miscível com a água, o contrário do hexano, são necessárias modificações nos equipamentos presentemente utilizados na extração do LCC. Desta forma, para a substituição do hexano pelo etanol demanda-se um projeto diferenciado com nova planta correspondente para extração do LCC.

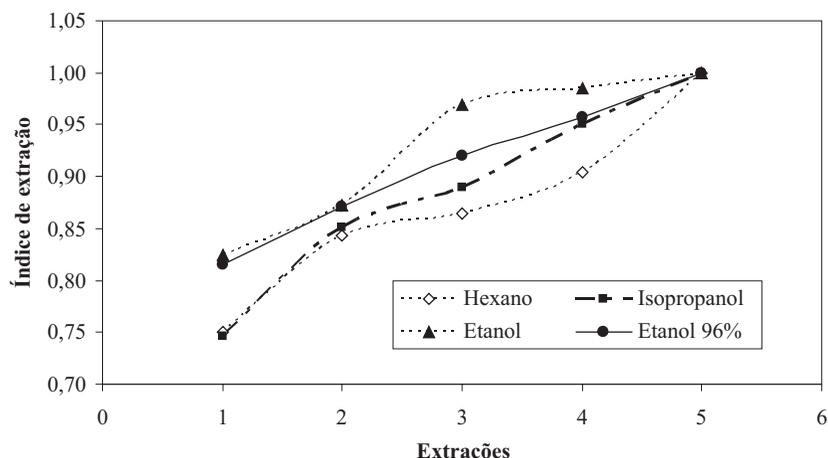


Figura 4: Índice de extração de LCC em função do número de extrações com os solventes do estudo.

4 Conclusão

O estado do Ceará é o principal exportador do LCC do Brasil (cerca de 90%) e o aproveitamento deste sub-produto industrial no país é baixo. Incertezas no mercado internacional tornam a produção pouco atraente do ponto de vista comercial. A associação destes fatores às características de toxicidade e recalcitrância torna o LCC um risco ambiental significativo no contexto geo-ambiental da indústria de beneficiamento de castanha de caju. Também, práticas industriais conservadoras de extração do LCC agregam riscos à saúde do trabalhador.

A busca por novos solventes é imperiosa para a indústria. O hexano comercial ainda é o solvente mais empregado na purificação de LCC, a despeito de ser extremamente inflamável e tóxico. O presente estudo mostrou que o isopropanol e o etanol (anidro e hidratado) são alternativas técnicas viáveis, além de agregar valores qualitativos aos PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional) das indústrias.

Sob a ótica da gestão ambiental, a substituição do solvente pode incorporar novos saberes técnicos, além de produzir potencialmente um diferencial de competitividade. Isto é fortalecido pela filosofia da química verde (*green chemistry*), que se expande em setores industriais modernos.

A investigação experimental para substituição do hexano por um solvente com maior compatibilidade ambiental mostrou que os teores médios de recuperação de LCC cresceram com o Índice Polarização (IP) e com o Calor de Vaporização (CVP) dos solventes investigados. Os resultados favoreceram o uso do etanol (anidro ou hidratado). Resultados do índice de extração de LCC em função do número de ciclos ratificaram a declaração anterior. Novamente o etanol apresentou-se mais eficiente em razão do menor número de ciclos de extração, possivelmente com compensação energética em relação ao hexano. Apesar das vantagens do etanol, destacou-se que são necessárias modificações na planta de extração, com exigência de novo perfil tecnológico.

Por fim, salientou-se que o etanol possui menor toxicidade e inflamabilidade, maior biodegradabilidade, e disponibilidade quase que imediata no mercado e baixo custo. É, portanto, um solvente de maior compatibilidade ambiental comparado ao hexano.

Referências

- AZAM-ALI, S. H.; JUDGE, E. C. *Small-scale cashew nut processing*. Coventry, UK: ITDG Schumacher Centre for Technology and Development Bourton on Dunsmore, 2001. 70 p.
- BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, New York, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretária de Segurança e Saúde no Trabalho. *Norma Reguladora nº 9 – Riscos Ambientais*. Portaria nº 25, de 29.12.94. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 dez. 1994. Disponível em: <<http://www.mtb.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2007.

- CAPLAN, S. *Cashew nut shell liquid and kernel oil separation*. New York: U.S. Patent 2.480.221, 1949.
- CARDOLITE. Test plan for cashew nut shell liquid, CAS No. 8007-24-7. High Production Volume (HPV). Washington: Cardolite, 2002. 10 p. (Chemical Challenge Program)
- EDOGA, M. O.; FADIPE, L.; EDOGA, R. N. Extraction of polyphenols from cashew nut shell. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, Cluj-Napoca, v. 9, n. 1, p. 107-112, 2006.
- EDAM, P. H.; SAMPATHKUMARAN, P. S. Cashew nut shell liquid: extraction, chemistry and applications. *Progress in Organic Coating*, London, v. 14, p. 115-157, 1986.
- HENSON, S.; HOOKER, N. H. Private sector management of food safety: public regulation and the role of private controls. *International Food and Agribusiness Management Review*, London, v. 4, n. 1, p. 7-17, 2001.
- KUMAR, P. P. et al. Process for isolation of cardanol from technical cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, London, v. 50, n. 16, p. 4705-4708, 2002.
- LENARDÃO, E. J. et al. Green chemistry: os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.
- LUQUE DE CASTYRO, M. D.; GARCIA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. *Analytica Chimica Acta*, London, v. 369, n. 1/2, p. 1-10, 1998.
- MENON, A. R. R. et al. Cashew nut shell liquid: its polymeric and other industrial products. *Journal of Scientific Industrial Resources*, London, v. 44, p. 324-338, 1985.
- MONTEIRO JUNIOR, O. A. C. *Aspectos da extração e industrialização do LCC*. 1992. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)-Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 1992.
- PARAMSHIVAPPA, R. et al. Novel method for isolation of major phenolic components from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, London, v. 49, n. 5, p. 2548-2551, 2001.
- RODRIGUES, F. H. A. et al. Antioxidant activity of cashew nut shell liquid (CNSL) derivatives on the thermal oxidation of synthetic *cis*-1,4 polyisoprene. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 265-273, 2006.
- SANTAELLA, S. T. *Avaliação da eficiência da estação de tratamento de esgotos de uma indústria de beneficiamento de castanha de caju*: relatório de pesquisa. DEHA/UFC. Fortaleza: DEHA/UFC, 1996. 89 p.
- SANTAELLA, S. T. et al. Emprego de fungos para o tratamento biológico dos efluentes da indústria de beneficiamento da castanha de caju. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002 Vitória. *Anais...* Vitória: ABES, 2002. Não paginado.
- SANTOS, M. L.; MAGALHÃES, G. C. Utilization of cashew nut shell liquid from *Anacardium occidentale* as starting material for organic synthesis: a novel route to lasiodiplodin from cardols. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 13-20, 1999.
- SILVA, M. C. D. et al. Avaliação do efeito antioxidante do líquido da castanha de caju (LCC) em óleo e biodiesel de mamona. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília, DF. *Anais...* Brasília, DF 2006, v. 1. p. 192-195.
- SILVA, J. C. T.; SILVA, M. S. T.; MANFRINATO, J. W. S. Correlação entre gestão da tecnologia e gestão ambiental nas empresas. *Revista Produção*, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 198-220, 2005.
- SINDICAJU. Exportação de LCC. Disponível em: <<http://www.sindicaju.org.br/site/exportacao.html>>. Acesso em: 30 dez. 2007.
- SOARES, J. B. *O caju: aspectos tecnológicos*. Fortaleza: Ed. do Banco do Nordeste do Brasil, 1986. 256 p.
- TOSCHI, T. G. et al. A study of cashew nut oil composition. *Journal of the American Oil Chemists Society*, Boston, v. 70, n. 10, p. 1017-1020, 1993.
- WASSERMAN, D.; DAWSON, C. R. Cashew nut shell liquid. III: the cardol component of Indian cashew nut shell liquid with reference to the liquid vesicant activity. *Journal of the American Chemical Society*, Boston, v. 70, n. 10, p. 3675-3679, 1948.
- YADAV, G. D.; JADHAV, Y. B. Cascade engineered phase transfer catalysis: a novel concept in green chemistry. *Clean Technologies and Environmental Policy*, New York, v. 6, n. 1, p. 32-42, 2003.

SOBRE OS AUTORES

José Everardo Xavier de Matos

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Doutor pela Universidade de São Paulo - USP. Prof. Titular do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Coordenador do Núcleo de Pesquisas Tecnológicas - NPT da UNIFOR.

Fernando José Araújo da Silva

Engenheiro Civil, Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Mestre em Engenharia, área de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba - UFPb. Professor Adjunto do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza. Doutorando do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará - UFC.

Priscila Batista Vieira

Discente do curso de Engenharia Civil na Universidade de Fortaleza - UNIFOR.