

NOVOS DESENVOLVIMENTOS PARA RECICLAGEM DE EMBALAGENS LONGA VIDA

Fernando Luiz Neves

**Tetra Pak
Brasil**

ABSTRACT

This paper describes and discusses new developments for the carton packages used for liquid food as raw material for the papermaking and carton boards processes and also new alternatives recently developed for recycling the reject comprised of polyethylene and aluminum.

Key words: Liquid carton packages, recycling, environment.

RESUMO

Este trabalho descreve e discute as novas tecnologias desenvolvidas para uso de Embalagens longa vida como matéria-prima para os processos de fabricação de papel e cartão e as alternativas tecnológicas recentemente desenvolvidas para uso do rejeito composto de polietileno e alumínio.

Palavras Chaves : Embalagens longa vida, reciclagem, meio ambiente

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a busca do desenvolvimento Sustentável, aliada ao aumento do uso de aparas na produção de embalagens e ao desenvolvimento tecnológico, têm impulsionado a busca por matérias-primas que possam agregar valor aos produtos e ao mesmo tempo atender às exigências ambientais e sociais.

O uso de embalagens longa vida pós-consumo como matéria-prima vem sendo explorada por diversos setores da indústria papeleira. No Brasil, o maior volume é consumido para produção de embalagens secundárias (caixa de papelão), seguido pela produção de tubetes. A taxa de reciclagem das embalagens longa vida no Brasil foi de 20 % em 2003, mostrando uma rápida evolução, já que antes de 1997 estas embalagens não eram utilizadas para a produção de papel.

O valor pago pela indústria de papel pela embalagem também tem evoluído ao longo do tempo, já que em 1997 este valor era de R\$40,00 a ton. e hoje encontra-se na faixa de R\$170,00 a R\$250,00 a ton.

PROCESSOS DE RECICLAGEM

Desagregação

O processo de desagregação das embalagens longa vida pode ser feito em diversos tipos de processos. As primeiras plantas implantadas utilizaram-se de desagregação em “drum pulper”, onde as embalagens são alimentadas continuamente e a polpa também é extraída de forma contínua. Neste tipo de sistema o polietileno e o alumínio saem ao final do sistema. Este sistema, porém, necessita de uma grande área para instalação e o valor de investimento do sistema é superior ao hidrapulper.



Baixa Consistência



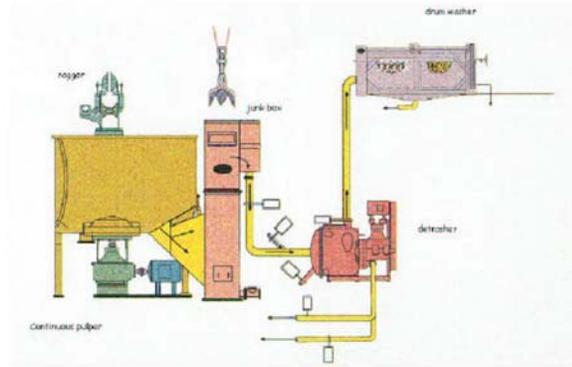
Alta Consistência

Figura 1 - Desagregação de embalagens longa vida em baixa e alta consistência

No Brasil, a maioria das empresas fabricantes de papel reciclado fazem a desagregação em hidrapulper a baixa, média ou alta consistência o que facilitou a realização de testes nestes sistemas. Atualmente há diversas empresas utilizando embalagens cartonadas longa vida como matéria-prima para o processo de fabricação de papel.

NEVES(1999), estudou as propriedades de embalagens longa desagregados em pulper de alta e baixa consistência e concluiu que para os mesmos valores de grau Shopper Riegler, a desagregação em alta consistência favorecem a resistência ao alongamento enquanto que desagregação a baixas consistências favorecem a resistência ao rasgo, já a resistência à tração e ao arrebentamento praticamente apresentam os mesmos valores para ambos os sistemas. A figura 1 mostra sistemas de desagregação em pulper batelada para alta e baixa consistência.

A composição média das embalagens longa vida apresenta 75% de papel, 20 % de polietileno de baixa densidade e 5% de alumínio. A maioria das fábricas que utilizam a embalagem longa vida no Brasil usam processos em batelada, onde a cada carga, após a polpa ser bombeada para tanques de máquina, o polietileno juntamente com o alumínio são descarregados por uma saída lateral de 12 a 16 polegadas. Teste em hidrapulper contínuo foram feitos no Brasil mesclando-se até 20% de embalagens longa vida com papelão OCC, sendo que a retirada do polietileno com alumínio foi assimilada pelo sistema instalado. A Figura 2 mostra o esquema de um sistema de pulper contínuo semelhante ao testado industrialmente.



Sistema de Desagregação Contínua

Figura 2- Sistemas de Desagregação de Embalagens longa vida

ABREU(2002) Trabalhou com desagregação a média consistência em fábrica de papel no Canadá e obteve tempos de desagregação da ordem de 15 minutos. A média dos tempos de desagregação de embalagens em instalações existentes no Brasil e América Latina, sendo a maioria instalações de baixa consistência (4% a 6 % de consistência) foi também de 15 minutos, sendo ainda necessário mais 15 minutos para o bombeamento da polpa e limpeza do rejeito ainda no hidrapulper. A etapa de limpeza é feita inserindo mais água no equipamento após o bombeamento da polpa com o objetivo de extrair o máximo de material fibroso do rejeito. Algumas instalações, porém não possuem unidade de espessamento da polpa após o hidrapulper, sendo esta enviada diretamente para depuração e refino o que impossibilita esta operação acarretando grandes perdas de fibra junto com o rejeito. A solução mais simples é usar peneiras Side Hill para drenar a água e espessar a polpa recuperada. A Figura 3 mostra uma peneira Side Hill fabricada de madeira que tem sido largamente utilizada por pequenas empresas com custo bastante reduzido e com excelentes resultados.



Figura 3 - Sistema de Descarga do rejeito e Peneira Side Hill

Após vários ciclos de limpeza do rejeito com drenagem da água o polietileno com alumínio é então descarregado através de uma saída lateral no hidrapulper. Em geral o diâmetro desta tubulação fica entre 12 e 16 polegadas. A Figura 3 mostra o sistema de extração do rejeito com válvula de 12 polegadas. Com este sistema, um hidrapulper de baixa consistência pode desagregar uma batelada a cada 30 minutos efetuando entre 3 e 5 ciclos de limpeza após o bombeamento da polpa nos 15 minutos finais. Com este processo a quantidade de fibra agregada no rejeito é entre 5% e 7% . Considerando que a embalagem longa vida possui 75% de papel, esta perda representa cerca de 2% de perda de material fibroso. A figura 4 mostra o processo durante os ciclos de limpeza do rejeito e o aspecto do material no final do processo.



Figura 4 - Polietileno & Alumínio após operação de extração de fibras. Pequena perda de fibras.

Outro fator importante no processo de desagregação de embalagens longa vida é o tipo de rotor utilizando, já que devem ser evitados rotores com cortes. O objetivo é retirar o rejeito ainda no hidrapulper. Rotores com cortes promovem a redução do plástico com alumínio que acabam por passar pela furação da peneira do pulper. Os diâmetros de peneiras verificados em testes e operações em bateladas variam de 4mm a 12mm.



Figura 5 - Rotores sem cortes usados em sistemas em baixa, média e alta consistência para desagregação de Embalagens Longa Vida.

Propriedades do Papel

O fato de ser a primeira reciclagem, traz um grande benefício ao se utilizar embalagens longa vida no processo de fabricação de produtos como caixas de papelão, tubetes ou outros produtos que necessitem que se mantenha as características do papel o mais próximo possível da celulose. As fibras das embalagens estão mais preservadas e com melhor interação entre elas. A figura 6 mostra o efeito da reciclagem ao longo dos ciclos fazendo com que as o material fibroso perca suas propriedades iniciais.

NEVES&NEVES (2001), trabalharam com reciclagem de cartões duplex em laboratório e obtiveram bons resultados nas características de cartões ao inserir na composição material fibroso proveniente de embalagens longa vida. O resultado obtido foi a manutenção das propriedades do cartão mesmo após cinco ciclos. Neste experimento foi utilizada celulose virgem na capa do cartão e embalagens longa vida para o verso sendo que a cada reciclo o cartão obtido era desagregado e passava a compor o verso de um novo. Neste trabalho, eles concluem que existe uma relação entre o corte dos traqueídeos (fibra longa) durante o reciclo e as propriedades de resistência ao rasgo e arrebatamento, além disso, concluem que o uso de material fibroso de embalagens longa vida elevaram as resistências a dobras duplas, índices de tração, arrebatamento e rasgo.

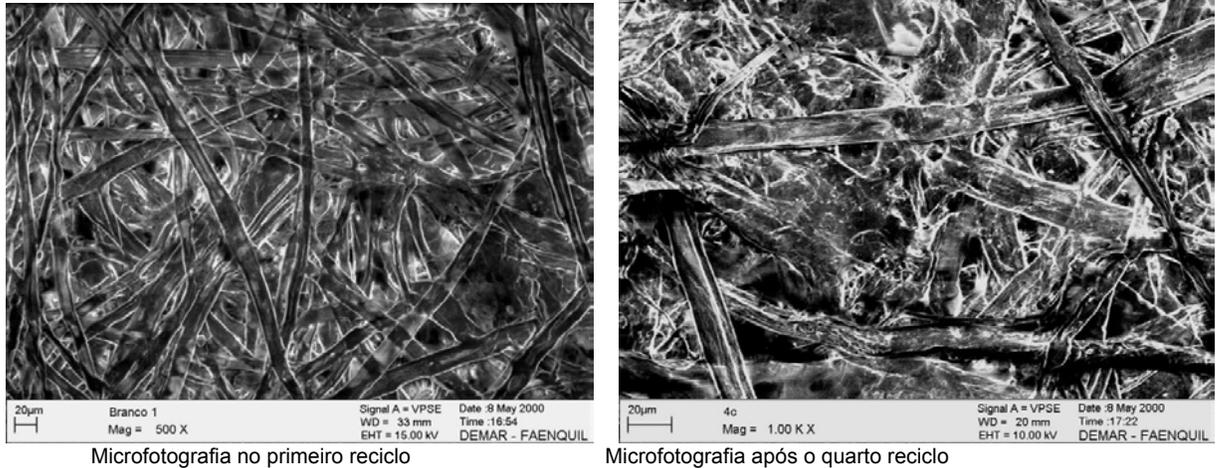


Figura 6 - Microfoto referente ao primeiro reciclo e após quatro reciclos de cartões duplex usando fibras de embalagens longa vida na composição do verso.

Descarga e Deságüe do Rejeito

Ao término da batelada, o plástico com alumínio é então descarregado e enfardado como mostram as Figura 7 e 8. Esta operação para grandes produções deve ser feita em peneira rotativa cilíndrica com o objetivo de drenar a água que retorna para o processo de desagregação (água branca) ou no caso de pequenas produções pode-se implementar uma área com drenagem onde o material é descarregado e imediatamente prensado.



Figura 7 - Sistemas para descarga do rejeito

Há diversos tipos de peneiras rotativas disponíveis no mercado, porém muitas empresas optam por construir seus próprios equipamentos ou a implementação de uma área de drenagem e enfardamento. A figura 7 mostra peneiras rotativas de mercado, fabricação própria e o projeto de área externa com drenagem onde o polietileno & alumínio são desaguados e enfardados. Após o enfardamento, a umidade média do material é em torno de 50% a 60 % .



Figura 8 – Polietileno & Alumínio Enfardado

Processamento do Rejeito Contendo Polietileno & Alumínio

O rejeito da desagregação das embalagens longa vida contém polietileno, alumínio e algum residual de material fibroso e podem ser reciclados usando-se três tecnologias distintas. A primeira delas é a extrusão do polietileno com alumínio que formará um composto peletizado. Este material é matéria-prima para indústrias de transformação de plásticos podendo ser usados nos processos de injeção, rotomoldagem ou sopro. Dependendo da aplicação a que se destina, o material pode ser usado puro ou misturado com outros plásticos como polietileno de alta densidade ou polipropileno. A segunda tecnologia é o uso do plástico com alumínio com residuais de fibra no processo de termoformação de placas e telhas e o mais recente desenvolvimento é a separação do alumínio metálico em reator a plasma térmico, gerando dois produtos de alto valor agregado: o alumínio metálico com alta pureza e parafina.

Termo- Prensagem

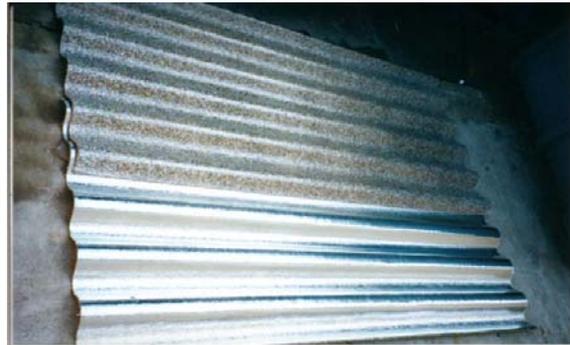
O processo de Termo-prensagem consiste em triturar o polietileno & Alumínio e alimentar a uma prensa aquecida a 180 °C para a confecção de placas. Este processo requer uma pré-seleção do material para a retirada de contaminantes pesados como metais que passam pelo hidrapulper e são eliminados com o rejeito. A maioria das empresas que trabalham com termo-prensagem no Brasil são de pequeno porte e com produção entre 60 e 300 ton. seca/mês de material processado e efetuam esta operação de pré-seleção manualmente antes da operação de trituração. Inicialmente é feita uma pré-secagem ao ar do material que posteriormente é alimentado ao triturador com peneiras de ¾ a 2 polegadas. O material é então alimentado à prensa aquecida e após 15 a 20 minutos é retirado e resfriado.

A operação de resfriamento pode ser feita em um molde no formato de telha, obtendo desta forma a telha reciclada. CERQUEIRA(2003) comparou as resistências e conforto térmico das telhas recicladas a partir de embalagens longa vida com as similares de fibrocimento e mostra que as telhas de fibrocimento apresentam valores para resistência à flexão da ordem de 4×10^3 N/m enquanto que as recicladas de polietileno & Alumínio apresentam valores da ordem de $7,63 \times 10^6$ N/m. A absorção de água das telhas recicladas apresentou valores de 6,5% enquanto que as de fibrocimento apresentaram valores de 37 %. Devido à presença do alumínio, ocorre o efeito de reflexão dos raios infravermelho, o que resulta em melhor conforto térmico. Além disso, as telhas podem ser revestidas com alumínio ou

outros materiais que além de deixar com aspecto metalizado, também contribui para melhor conforto térmico.



Prensa Aquecida



Telhas produzidas com Polietileno & Alumínio

Figura 9 – Processo de Fabricação da Placa/ Telha

Outros produtos fabricados a partir das placas de Polietileno & Alumínio são móveis, divisórias e partes de cadeiras para escritório como mostra a figura 10.



Figura 10 - Produtos fabricados a partir do Polietileno & Alumínio.

Extrusão do compósito de polietileno & Alumínio

Outra forma de reciclar o rejeito do processo da desagregação de embalagens longa vida é a peletização do material para ser usado nos processos de injeção, rotomoldagem ou sopro. Neste processo todo material fibroso é extraído para que se possa trabalhar em extrusoras convencionais, além disso, contaminantes metálicos, ainda que em pequena quantidade podem causar danos aos equipamentos do processo além de gerar imperfeições nos produtos finais.

A extrusão do polietileno & alumínio com residual de fibras é possível, porém o mercado para este tipo de produto não está totalmente desenvolvido, além disso, os parâmetros de operação devem ser adequados, além de ser necessário o uso de anti-chamas para evitar a combustão do papel na saída do cabeçote de extrusoras de fio. Já extrusoras com corte na cabeça não apresentam este problema devido ao resfriamento imediato imerso em água. No Brasil, a grande maioria dos recicladores de plásticos utilizam extrusoras de fio em seus processos, desta forma o desenvolvimento da tecnologia de peletização foi adequada a esta realidade.

O processo de peletização do Polietileno & Alumínio consiste de quatro etapas: Decantação de impurezas pesadas, Extração de residual de fibras, Secagem por centrifugação e Extrusão, sendo a etapa de extrusão dividida em aglutinação e a extrusão propriamente dita. A figura 11 mostra os

processos de separação de impurezas pesadas. como ferro, pedras e areia que podem eventualmente estar presentes no material. O processo de decantação consiste em sistemas de tanques que retêm os materiais mais densos e força a flotação do polietileno & alumínio através do fluxo ascendente de água. Desta forma, o material é retirado dos tanques por uma roda de tiragem e alimentados ao sistema de desagregação que pode ser contínuo ou em batelada. Os equipamentos para a extração de fibras foram desenvolvidos especificamente para este tipo de operação.



Tanques de Decantação de rejeitos pesados



Desagregador em Batelada para Extração de fibras do rejeito

Figura 11 - Decantação e Extração de fibras.

O sistema em batelada consiste em ciclos de 3 a 5 minutos onde o material é centrifugado ao mesmo tempo em que a água é injetada. O fluxo contínuo de água durante a batelada faz com que a polpa de papel se desprenda do material e atravesse a peneira deixando retido o polietileno & Alumínio. No sistema contínuo o material é injetado tangencialmente ao lavador e a água distribuída em diversos pontos do equipamento. O rotor efetua o processo de centrifugação e transporte do material que possui uma carcaça perfurada por onde são drenados a água com polpa de papel que seguem para o processo de deságüe ou para a fábrica de papel.

PROPRIEDADES	VALOR	UNIDADES	MÉTODO ASTM
Temp. inicial de degradação térmica	245	°C	E-1641
Temp. inicial de degradação termooxidativa	229	°C	E-1641
Temperatura de fusão	109	°C	D-3418
Temperatura de Cristalização	92	°C	D-3418
Calor de Fusão	154,7	J/g	D-3418
Calor de Cristalização	154,9	J/g	D-3418
Fração Cristalina	53	%	D-3418
Tensão na Ruptura	10,97	MPa	D-638
Deformação na Ruptura	38,86	%	D-638
Módulo Elástico	177,6	MPa	D-638
Resistência ao Impacto Izod	302	MPa	D-256
Condutividade Elétrica	$1,11 \times 10^{-8}$	S/cm	D-257
Índice de Fluidiez	3,87	g/10min	D-1238
Massa Específica	0,90	g/cm ³	D-1505

FONTE : Felisberti & Lopes (1999)

TABELA 1 – Propriedades do compósito peletizado de Polietileno & alumínio proveniente de reciclagem de embalagens longa vida.

O Processo de extrusão do polietileno ocorre entre 180 e 220 °C e as principais propriedades do compósito são mostradas na tabela 1.

Uma vez peletizado, o material pode ser usado para produção de diversos produtos como por exemplo vassouras, coletores, materiais de escritório, etc. como mostra a figura 12.



Figura 12 - Materiais fabricados a partir do Polietileno & Alumínio .

Plasma Térmico

A terceira tecnologia desenvolvida para a reciclagem do rejeito de embalagens longa vida é o plasma térmico. Este processo consiste em um reator com uma tocha de plasma acionada eletricamente que ioniza a atmosfera no interior do reator podendo chegar a 15.000 °C. Ao alimentar o polietileno & Alumínio ao reator, mantendo a temperatura de processo em torno de 650 a 700°C, ocorre a fusão do alumínio que é retirado líquido e alimentado a uma lingoteira, enquanto que o polietileno sofre quebra das ligações carbono-carbono e carbono-hidrogênio gerando a degradação do polímero e formando uma mistura de hidrocarbonetos gasosos que passarão pelo processo de condensação dando origem à parafina.

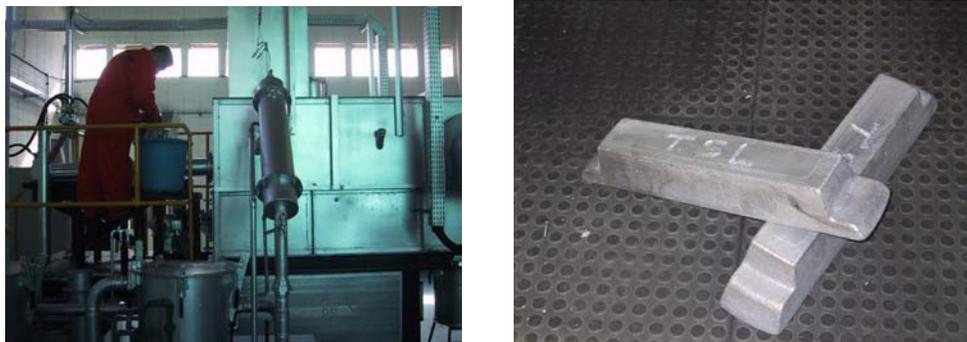


Figura 13 – Planta de Plasma piloto e lingotes de alumínio obtidos

O desenvolvimento da tecnologia de Plasma teve início nos anos 50 ,mas apenas a partir dos anos 60 iniciou-se estudos para uso da tecnologia industrialmente. Szente (1995) comenta que os plasmas térmicos são usados industrialmente pelo fato de ser possível de se atingir altas

temperaturas, alta densidade energética dos plasmas e possibilidade do uso de diferentes tipos de gases dependendo da necessidade. Os plasmas térmicos podem ser gerados por 3 maneiras: a) usando laser, b) descargas de alta frequência ou c) arcos voltaicos, sendo que apenas o último tem importância do ponto de vista do uso industrial. Szente (1995) comenta que a atmosfera de plasma é criada pelo processo de colisão entre elétrons principalmente do arco voltaico, e as moléculas ou outras partículas do gás usado no processo. Os elétrons são acelerados por um campo elétrico (estabelecido entre dois eletrodos) adquirindo energia cinética que será parcialmente transferida na colisão para as partículas do gás, aumentando sua temperatura. O gás na saída da tocha é chamado de jato de plasma.

Em sistemas convencionais de fusão do alumínio é necessário o uso de sal (NaCl, KCl) para evitar a oxidação excessiva do alumínio pelo oxigênio. Szente (1995) comenta que a quantidade de sal adicionada pode chegar a 15% do material a ser processado, sendo que após o processamento este sal deve ser descartado, representando também um problema do ponto de vista ambiental. No sistema a plasma térmico, não há risco de oxidação já que o processo de aquecimento do sistema não ocorre por combustão, mas sim por ionização do meio o que permite trabalhar com gás inerte no processo evitando o uso de oxigênio e consequentemente, evita-se a oxidação e perda de qualidade do alumínio. Outro ponto positivo deste processo é a altíssima taxa de transferência térmica da tocha de plasma devido ao alto gradiente de temperatura entre a tocha de plasma e a atmosfera interna do reator. A pureza do alumínio obtida em planta piloto foi de 98,5 %. A parafina obtida pode ser usada como matéria-prima na indústria química podendo ser usada para fabricação, por exemplo, de cosméticos, lubrificantes ou ainda pode ser usada como combustível devido ao alto poder calorífico. Estudos preliminares estão sendo realizados para verificar a viabilidade técnica de se usar esta parafina na produção do eteno que é a matéria-prima na fabricação do polietileno.

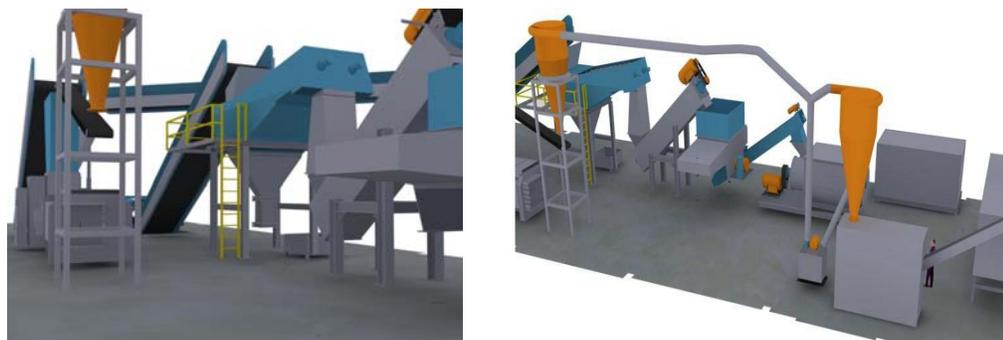


Figura 14 – Projeto de planta de limpeza do polietileno & alumínio e Plasma Térmico Industrial

A quantidade de alumínio que pode ser obtida no processo a plasma térmico é função da quantidade disponível no material na entrada, ou seja, quanto menos agressiva é a limpeza na fábrica de papel, evitando-se a quebra e o arrancamento do filme de alumínio, maiores serão os rendimentos no processo de recuperação do alumínio. Os resultados obtidos em planta piloto estão entre 15 e 20% de alumínio. A quantidade de fibra na entrada do reator também interfere no processo, sendo necessário que se tenha uma planta de extração de fibras antes do reator a plasma para eliminar o residual que não foi extraído na fábrica de papel. A figura 14 mostra o projeto de uma planta para fazer esta purificação e conta com uma unidade para extração de materiais pesados por decantação e equipamentos para extração de residuais de fibras.

CONCLUSÃO

A reciclagem de embalagens longa vida tem se mostrado viável ao longo dos anos, devido ao desenvolvimento de tecnologias aplicáveis e que conseguem agregar valor ao material. A estratégia de se desenvolver de um lado tecnologias que são facilmente aplicáveis à maioria das indústrias de papel,

plásticos e outros segmentos e de outro, implementar tecnologias de ponta tem se mostrado efetiva, já que o grande desafio é crescer em volume reciclado e ao mesmo tempo aumentar o valor agregado nas embalagens pós-consumo para garantir o interesse se seu mercado e conseqüentemente sua coleta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. NEVES, F.L. (1999)“Reciclagem de Embalagens Cartonadas Tetra Pak”. O Papel fev,1999 (p.38-45).
2. FELISBERTI, M.I & LOPES, C.M.A (1999). “Caracterização do Compósito Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)- Alumínio Proveniente de Reciclagem de Embalagem Multicamada Tetra Pak”.Relatório Técnico. Unicamp.
3. NEVES, F.L & NEVES, J.M (2001) “Efeito da Reciclagem nas Características Físico-mecânicas de Cartões Multifolhados, obtidos a partir de Embalagens Longa Vida”. O Papel Outubro,2001 (p.93-102).
4. NEVES,F.L. & ZUBEN, F.J. (2003) “Recycling of Aluminum and Polyethylene from Tetra Pak Carton Packages as Plastic Composite” . GPEC 2003- Global Pastics Environmental Concil –fev, 2003. Detroit- USA (p.371-378). Proceeding Book.
5. CERQUEIRA, M. (2003) “Placas e Telhas produzidas a partir de Polietileno/Alumínio presentes nas embalagens Tetra Pak” , Coletânea de Artigos Técnicos, Tetra Pak.
6. SZENTE, R.N. (1999) “Relatório Final – Tratamento de Resíduos contendo Plástico e Alumínio.” Documento interno, Tetra Pak.
7. SZENTE, R.N. (1995) “Industrial Applications of Thermal Plasmas”. AIAA Conference. Proceedings (Foz do Iguazu). Pg 1441-1445.
8. SZENTE, R.N. et all (1997) “Recovering Aluminum via Plasma Processing.” OTS, nov. pg 52-55.
9. Laudos de Análises – Alcoa (2003)
10. ANTENOR, S.(2004) “De volta à produção”. Revista Pesquisa FAPESP, n. 96,p. 64-69, fevereiro, 2004
11. BIANCHINI et al (2000) – An Improvement on the Modelling of non Transferred Plasma Torches .J.Phys. D: Phys. 33, p.134-140
12. ABREU,M. (2002) “Reciclagem de Embalagens Cartonadas Tetra Pak para Alimentos Líquidos”. O Papel, p. 91-96, Abril, 2002.