

REAPROVEITAMENTO DE EMBALAGENS TIPO “BLISTER” COMPOSTAS POR PVC E ALUMÍNIO

Alex Terela Pinheiro de Castro, Edvaldo Luis Rossini, Leonardo Gondin de Andrade e Silva
Instituto de Pesquisa Energética e Nuclear – IPEN – CTR - Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – CEP
05508-000 – Cidade Universitária - São Paulo – SP – atcastro@ipen.br

Ana Magda Piva

Instituto de Tecnologia Mauá – São Caetano do Sul - SP

Gleisa Pitareli

Escola SENAI Mario Amato – São Bernardo do Campo – SP

Hélio Wiebeck

Escola Politécnica da USP – São Paulo - SP

RESUMO

A principal idéia é separar os materiais, unidos fisicamente: o PVC e o Alumínio, componentes da embalagem tipo BLISTER, através de um processo de corrosão. Em seguida, estudar as características dos produtos obtidos e a otimização do processo de separação de forma economicamente viável. Os resultados deste trabalho poderão trazer grandes benefícios ao meio ambiente, diminuindo o volume de embalagens jogadas em aterros, e ainda ajudar a aumentar a renda dos programas de coleta seletiva. O material recolhido é uma sobra da produção, tendo então um formato muito irregular e difícil de manusear, com isto, o material foi moído previamente para facilitar a precisão das experiências por meio, principalmente da pesagem. Após a moagem o passo seguinte seria realmente realizar a dissolução do alumínio. Pesquisas realizadas indicam o uso de duas bases diferentes: o hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio. Fatores relevantes à escolha destas bases foram a disponibilidade no mercado sem restrições à sua aquisição, possuírem um manuseio simples e um preço atraente. Toda a experiência foi conduzida para que houvesse 100% de dissolução do alumínio, sendo o tempo que a reação levou para completar o fator de comparação entre os parâmetros. Durante as experiências foram observados também alguns efeitos não quantitativos assim como a ação sobre o PVC e a facilidade de processamento. Após a realização de oito experimentos envolvendo três parâmetros distintos como a concentração, tipo de base e agitação, concluiu-se que usando o hidróxido de sódio com nas concentrações de 1 e 2 M levou-se menos tempo, mostrando uma tendência a ser esta a mais eficiente. Porém quando a observação da qualidade é fator determinante, a escolha foi para o hidróxido de potássio que não interferiu nas características do PVC. Com o uso do hidróxido de potássio a degradação variou de branda a nula, sendo a relação 2 M com agitação a qual não apresentou degradação e a 1 M sem agitação a maior degradação com a opacidade do PVC devido ao tempo excessivo de exposição.

Palavras-chave: Blister, PVC, reciclagem

INTRODUÇÃO

Cerca de 30% do resíduo sólido urbano é composto por embalagens descartadas, constituindo-se na porção mais visível do lixo municipal. O lixo se acumula onde é abandonado, pois os processos existentes (reutilização, reciclagem, incineração e degradação natural ou degradação forçada) não dão demanda ao fluxo de material a disposição. No Brasil, 76% do lixo gerado é disposto a céu-aberto, sem qualquer controle dos efluentes e das condições em que o processo de degradação natural do material ocorrerá. Esta situação não é muito diferente de outros países da América Latina e demais países em desenvolvimento no mundo(1).

Menos de 5% das empresas que projetam suas embalagens no Brasil estabelecem a preservação da natureza como premissa inevitável. Existe a consciência, mas não a providência. Entretanto, as empresas brasileiras que exportam seus produtos, já estão se deparando com a questão ambiental, pois certos países da Europa, com legislação mais rígida em relação à brasileira, exigem algum tipo de certificado de que os produtos, e por extensão que as suas embalagens não agridam o meio ambiente. Mesmo no Brasil, há uma tendência de adoção de leis mais rigorosas, além das já existentes e extremamente permissivas quanto ao aspecto ambiental da embalagem (2).

A redução de material é uma conseqüência econômica. É uma preocupação constante da indústria a redução da espessura da parede da embalagem ou de sua massa, com a manutenção ou melhoria das características de desempenho nos ambientes de distribuição social ou distribuição física. Quanto mais leve for a embalagem, mais barata ela tenderá a ser isoladamente, dependendo do custo da tecnologia empregada. Para as embalagens tornarem-se mais leves, muitas vezes, utilizam-se materiais combinados. Pode-se reduzir até 96% do peso ou 97% do volume das embalagens nesta substituição de um único tipo de material por combinações multicamadas (3).

Aí surge o segundo grande problema ambiental, muito pouco preocupante para a indústria. Materiais combinados são mais difíceis de reciclar, quando dispostos no ambiente demoram mais para degradar e quando incinerados tem maior probabilidade de liberar gases tóxicos. Raramente tem-se um estudo completo das conseqüências da disposição destes materiais no ambiente, como é o caso das atuais embalagens usadas em medicamentos, o BLISTER (4)

Quantas embalagens de remédio são consumidas atualmente e mais, o que é feito com estas embalagens?

Perguntas como estas e uma análise do tipo de material empregado na sua confecção motivaram a realização deste trabalho, começando pelo material. Como todos no ramo de reciclagem, nos deparamos com uma dificuldade enorme de encontrar bons materiais disponíveis (matéria-prima) para venda, tanto na indústria como na coleta seletiva. A indústria, devido a enorme concorrência e processos de otimização, reaproveita ao máximo o seu material em “não conformidade”, retornando-o ao processo. Não sobrando desta forma, material adequado à venda aos recicladores, mas sim a borra de processo e material contaminado, que exige um retrabalho maior. Na coleta seletiva, a sucata de PVC (poli cloreto de vinila) existe em quantidades muito inferiores ao de materiais como PE (polietileno) e PP (polipropileno) e mais recentemente o PET (poli tereftalato de etileno)), em forma de garrafas, sendo neste último, na maioria dos pontos de coleta,

até encarado como contaminante. Quando são separados, este processo não é feito da maneira correta, deixando grandes quantidades de contaminantes que não permitem um aproveitamento perfeito. Então o que fazer?

A experiência no mercado de sucatas faz com que se consiga alguns materiais interessantes, mas o volume nunca é suficiente. Então surgiu a idéia de aproveitar um material que é jogado no lixo, que não tem nenhum valor comercial aparente, e que é constituído de materiais nobres como PVC “cristal” ou “âmbar” (devido a sua transparência ou cor) e Alumínio. Esta mistura de materiais é conhecida no mercado como embalagem tipo BLISTER.

A principal idéia é separar os materiais, unidos fisicamente: o PVC e o Alumínio, pelo processo de corrosão, a corrosão eletroquímica do alumínio. Em seguida, estudar as características dos produtos obtidos e a otimização do processo de separação de forma economicamente viável(5,6).

Os resultados deste trabalho poderão trazer grandes benefícios ao meio ambiente, diminuindo o volume de embalagens jogadas em aterros, e ainda ajudar a aumentar a renda dos programas de coleta seletiva, pois se pode oferecer pequenas quantias para o trabalho de separação dos blisters do lixo coletado.

Outra fonte de matéria-prima para este projeto são as indústrias que fabricam embalagens farmacêuticas, além dos próprios laboratórios e/ou indústrias farmacêuticas. Estes dois segmentos, não utilizam nenhuma forma de reaproveitamento dos resíduos gerados, tanto na fabricação como no processo de embalagem dos produtos. Estes resíduos são rebarbas de corte e acabamento (“*refillings*”). O volume desta “produção” de resíduos é inteiramente descartado hoje em aterros sanitários, sendo responsável por mais uma fatia da estatística de desperdício de materiais nobres em nosso País.

Portanto, afinados à necessidade de preservação do meio ambiente, reaproveitamento de material de forma economicamente viável e, por fim, visualizando o retorno social possível como fonte de renda à comunidade carente e a empresários, demos seguimento a esta pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O princípio deste projeto circulou em torno de uma idéia e o conceito teórico sobre a interação de compostos químicos, pelos princípios da corrosão, porém, somente com a realização de experimentos houve a certeza que o caminho estava certo.

O início do experimento se deu na coleta do material a ser separado, (BLISTERS). Observou-se que o recolhimento em lixões, que seria a idéia inicial do projeto, não seria possível dado o tempo e localização disponível dos pesquisadores. A saída foi o contato com as indústrias que poderiam ter este resíduo resultante de seu processo produtivo. Pelas embalagens recolhidas aleatoriamente de consumo, identificou-se facilmente estes fabricantes, incluindo aí um fato relevante que é o uso pela indústria de balas e confeitos deste tipo de embalagem. Alguns confeitos antes embalados e tradicionalmente em papel, são agora envolvidos em embalagens tipo BLISTER, reforçando ainda mais a idéia que a coleta seletiva deste material se tornará viável.

Algumas indústrias se mostraram um tanto quanto “desconfiadas” da seriedade do projeto e não se propuseram ajudar no fornecimento da amostra. Conversas informais mostraram que como a indústria farmacêutica é cercada de muitos segredos, visitas fora do seu contexto não são a princípio bem aceitas. Mas como nem todas são iguais, a MALAVASI, indústria farmacêutica situada em Diadema – SP, forneceu o material necessário para o início dos ensaios, bem como, se pôs a disposição para maiores esclarecimentos sobre o processo, também se mostrou interessada no acompanhamento do projeto. O material como foi descrito na introdução é descartado o que não gerou nenhum custo no seu fornecimento. O material foi acondicionado em sacos plásticos de polietileno e retirados sem nenhum transtorno, porém algumas pessoas que não tinham o devido conhecimento da situação mostraram-se preocupadas com possíveis contaminações patogênicas, o que em hipótese nenhuma seria possível de ocorrer. O material recolhido é uma sobra da produção, rebarbas e próprias embalagens com defeito, tendo então um formato muito irregular (Figura 1) e difícil de manusear com isto teve-se a opção de moer o material previamente ao seu uso para facilitar a precisão das experiências, principalmente da pesagem.



Figura 1 – Material recolhido como sobra da produção

O moinho disponível foi da marca SEIBT, modelo MGVS 4 com duas facas rotativas, e duas de espera, peneira de 8 mm e motor de 4 HP (Figura 2). A impressão inicial de que o moinho teria dificuldade em moer o material em função da presença do alumínio se confirmou, a produção que era estimada em pelo menos 40 Kg/hora pelo porte do moinho, foi de apenas 6 Kg/hora.



Figura 2 – Moinho marca SEIBT usado na experiência

O caso foi resolvido com uma nova reafiação das facas com pequena alteração do ângulo de corte e um ajuste de folga centesimal, que levou um pouco mais de duas horas para ser realizado,

com isto o moinho aumentou de rendimento em quase 600% chegando a 35 kg/hora mostrando ser um resultado satisfatório para o produto. A moagem ocorreu de modo tranqüilo sem nenhum percalço confirmando a necessidade do ajuste realizado.

Após a moagem o passo seguinte seria realmente realizar a dissolução do alumínio. Pesquisas feitas apontaram para duas bases distintas: O hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio. Outros agentes com ácido clorídrico ou ácido nítrico também realizam esta dissolução, mas podem comprometer a qualidade do PVC, o que não é interessante já que o PVC com aproximadamente 86 % do peso total é a matéria-prima resultante de maior interesse neste projeto(7,8).

Outro fator relevante à escolha destas bases se deu pela disponibilidade no mercado sem restrições à sua aquisição, possuírem um manuseio simples e um preço atraente.

O alumínio é trivalente em seus compostos, os íons de alumínio (Al^{3+}) formam sais incolores com ânions incolores, com isso a expectativa era obter-se a formação de hidróxido de alumínio ocorrendo precipitação, exatamente na contramão do sistema de metalurgia, com uma grande liberação de energia. A reação esperada é a seguinte, como nas equações (1) e (2) abaixo:(9).



O precipitado dissolve-se em excesso do reagente, formando íons tetrahydroxialuminato mantendo-se suspenso:



Como a intenção do projeto é conseguir uma otimização do processo para conseguir atingir uma escala industrial, facilitou-se ao máximo fatores como concentração, volume, entre outros. Com isso utilizou-se em todos os experimentos o volume de 1 litro de solução em água comum da rede de distribuição, ao invés de água destilada ou desmineralizada, de forma a facilitar a ampliação à escala industrial. Foi realizado um planejamento experimental tipo 2^3 , limitando em oito os experimentos a serem realizados utilizando-se como parâmetros as duas bases, hidróxido de sódio e hidróxido de potássio com qualidade PA (para análise), suas concentrações de 1 e 2 Molar, e com ou sem agitação da solução. Toda a experiência foi conduzida para que houvesse 100% de dissolução do alumínio, sendo o tempo que a reação levou para se concretizar o fator de comparação entre os parâmetros. No decorrer da experiência foram observados também alguns efeitos não quantitativos como ação sobre o PVC e facilidade de processamento que serão discutidos posteriormente.

Antes dos testes quantitativos, foi realizado um experimento preliminar qualitativo da reação sem preocupação com o tempo ou parâmetros como temperatura. Este teste serviu exclusivamente para certificar-se da eficácia do planejamento experimental.

Ensaio Preliminares

A experiência foi realizada no laboratório do CTR (Centro de Tecnologia das Radiações) no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares). Usaremos a nomenclatura em numerais romanos para identificar cada uma das experiências do planejamento experimental:

Tabela 1 – Distribuição do Experimentos

Nº	Base	Concentração	Agitação
I	NaOH	1 Molar	SIM
II	NaOH	1 Molar	NÃO
III	NaOH	2 Molar	SIM
IV	NaOH	2 Molar	NÃO
V	KOH	1 Molar	SIM
VI	KOH	1 Molar	NÃO
VII	KOH	2 Molar	SIM
VIII	KOH	2 Molar	NÃO

Onde:

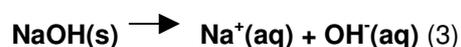
- NaOH – (+)
- KOH – (-)
- 1 Molar – (+)
- 2 Molar – (-)
- Agitação SIM – (+)
- Agitação NÃO – (-)

Experiência I

NaOH – 1 Molar – Com Agitação

- Massa Molar NaOH = 40 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro
- 1 Molar (Mol/Litro) = $\frac{40gNaOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído (este valor foi escolhido, pois pela proporção entre PVC e Alumínio tem-se 20 gramas de alumínio nesta amostra, facilitando cálculos e discussões posteriores.)

De início foram pesados 40 gramas de NaOH (hidróxido de sódio) em um vidro de relógio e adicionados a 1000 ml de água em um béquer de 2000 ml, a seguir esta solução foi agitada para total dissociação do hidróxido.

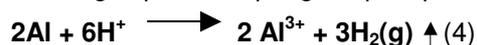


Após a observação da total dissociação do hidróxido foram colocados os 146 gramas da mistura PVC/Alumínio, a temperatura inicial desta experiência foi de 20 C°.



Figura 3 – Foto do início da reação

Pela observação e medição da temperatura teve-se um tempo para o início da reação (Figura 3) de aproximadamente 4 minutos e após 6 minutos observou-se uma pequena formação de gases. A equação a seguir permite uma discussão sobre o gás liberado, sendo que a análise química deste gás não foi realizada neste projeto ficando apenas o teste positivo de combustão para comprovar que o enclausuramento do gás pode ser perigoso pela presença de H₂(g).



A dissolução do alumínio chegou ao fim após 35 minutos a uma temperatura de 65°C gerando uma solução de cor cinza escura mostrada na Figura 4. Observa-se ainda a sedimentação do PVC no fundo do béquer.



Figura 4 – Foto da solução após a total dissolução do Alumínio.

A curva de temperatura x tempo desta reação (Figura 5) bem como a sua equação de ajuste nos permite observar que o pico de temperatura ocorreu aos 34 minutos e a 68°C, estes dados são importantes para que haja, em escala industrial um aproveitamento da energia liberada da reação. Após o final da reação o material foi completamente despejado em uma peneira malha 14 (Figura 6) sobre um béquer de 4000 ml para a lavagem do PVC com água corrente comum. A parte em solução foi armazenada para a observação de precipitações. A precipitação ocorrida foi insignificante o que já era esperado, pelo fato demonstrado na reação (2) em excesso de reagente descrita anteriormente.

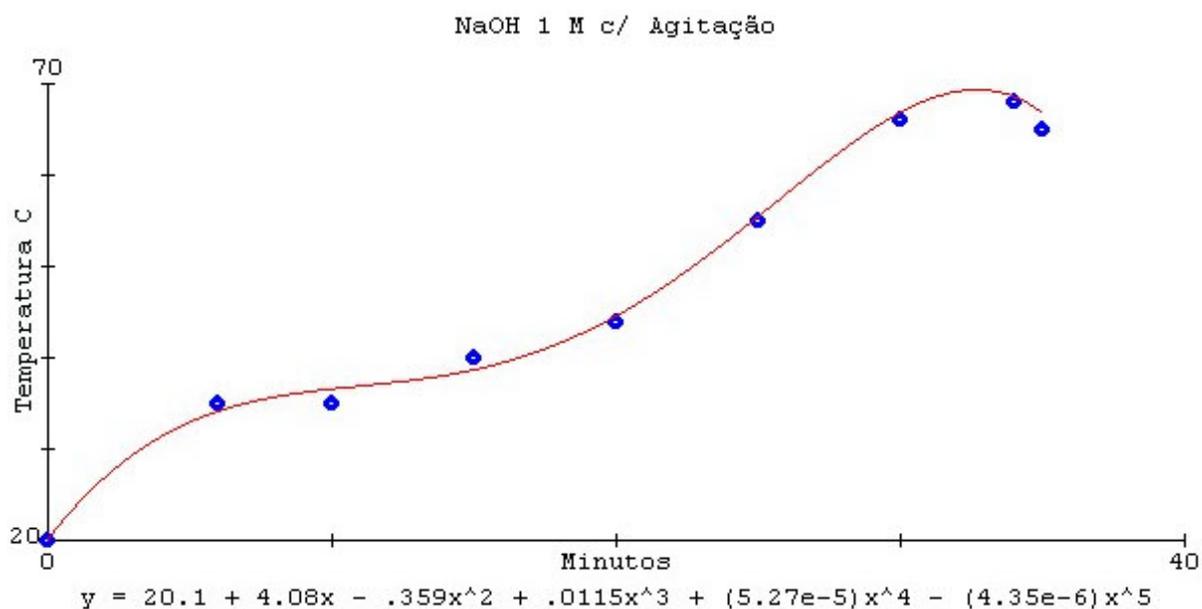


Figura 5 – Curva de Temperatura x Tempo



Figura 6 – Peneira malha 14 com PVC.

O PVC resultante do experimento foi novamente lavado em água corrente deixado para escorrer, um equipamento de centrifugação pode ser útil nesta fase, já que é comumente encontrado em sistemas industriais de lavagem de reciclados. Não se notou características de degradação evidentes ou preocupantes. Após uma espera, a amostra foi recolhida em saco plástico e devidamente identificada.

Experiência II

NaOH – 1 Molar – Sem Agitação

- Massa Molar NaOH = 40 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro
- 1 Molar (Mol/Litro) = $\frac{40gNaOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído.

A partir desta experiência fatos comuns aos relatados anteriormente serão apenas citados para evitar repetições. Deste modo, a preparação inicial é idêntica a da experiência I (veja pág. 6), exceto no item temperatura inicial que neste caso foi de 30°C.

Tendo decorrido 4 minutos houve uma formação de gás mais severa do que a ocorrida na experiência anterior, e um aumento de temperatura mais rápido como demonstrado na curva mostrada na Figura 7.

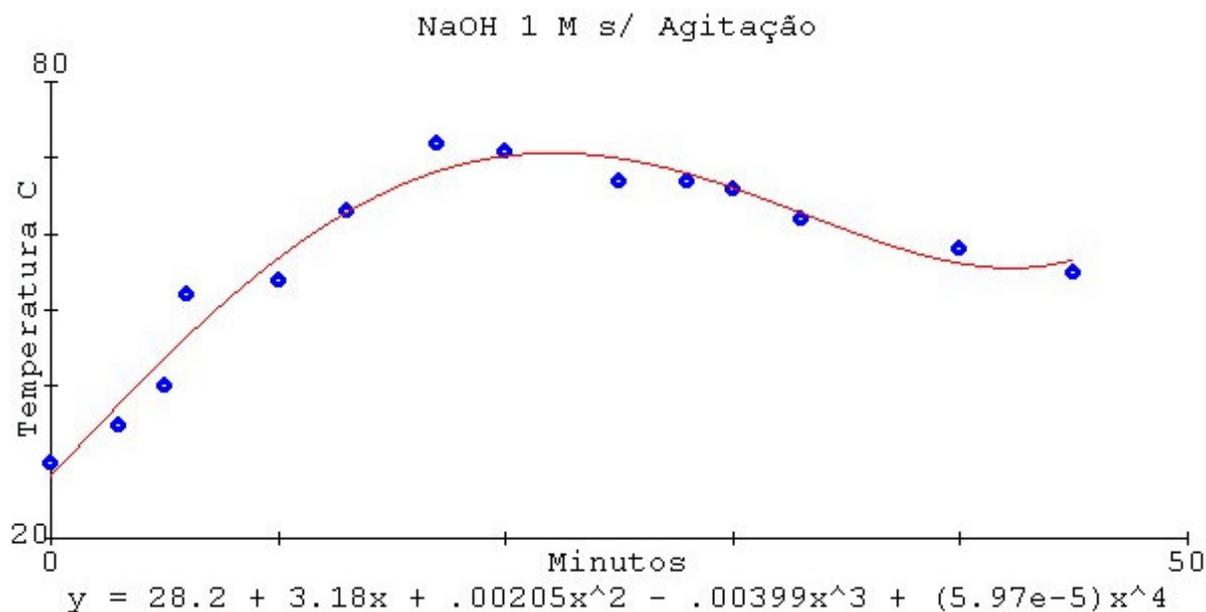


Figura 7 – Curva de Temperatura x Tempo

Uma grande diferença foi observada entre as duas experiências relatadas, foi o perfil de temperatura, que passou mais tempo em temperatura elevada na experiência sem agitação, porém, apesar de inicialmente existir uma expectativa de que este experimento seria mais eficiente (em termos de velocidade), relacionado ao ganho de temperatura da solução, isto não se comprovou. Devido a não homogeneização criada pela agitação, grandes quantidades de material ainda com alumínio encontravam-se sobrenadantes na solução, portanto não reagiam com a solução. Com isso, o tempo final desta experiência foi de significativos 45 minutos. O processo a seguir, de retirada e lavagem, seguem os mesmos procedimentos anteriores. O material lavado apresentou um leve amarelecimento, o qual não compromete sua utilização apesar de evidenciar que cuidados com degradação devem ser tomados.

Experiência III

NaOH – 2 Molar – Com Agitação

- Massa Molar NaOH = 40 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro

- 2 Molar (Mol/Litro) = $\frac{80gNaOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído

Após os preparativos iniciais idênticos aos experimentos anteriores, a experiência III se iniciou a uma temperatura de 28°C, com uma formação de gases em apenas 1 minuto, neste instante a temperatura chegou a 36°C insinuando uma reação exotérmica muito rápida (Figura 8). Em apenas 7 minutos a temperatura se elevou a 85°C e com 11 minutos a reação terminou a 72°C. Houve uma grande liberação de gases o que obrigou a transferência das instalações para uma capela de fluxo laminar para filtragem dos gases.

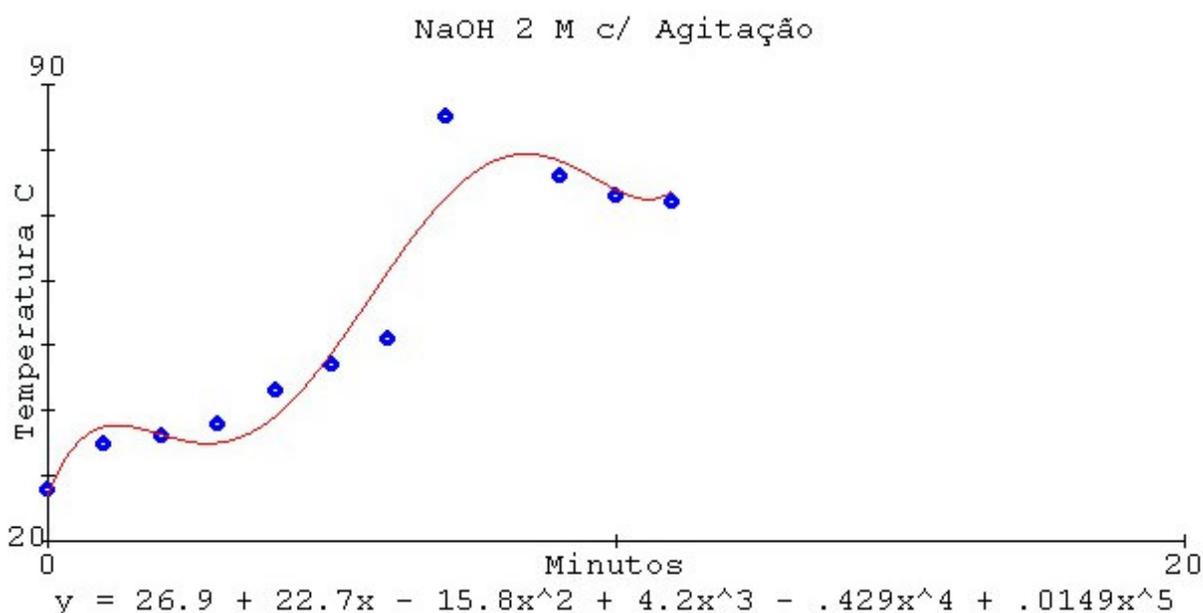


Figura 8 – Curva de Temperatura x Tempo

Apesar da reação ocorrer muito rapidamente, o PVC apresentou um amarelecimento acentuado indicando uma pequena degradação, a qual pode ser corrigida em uma aditivação posterior. Este resultado tem que ser mais bem avaliado, dependendo exclusivamente do uso final do produto.

Experiência IV

NaOH – 2 Molar – Sem Agitação

- Massa Molar NaOH = 40 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro
- 2 Molar (Mol/Litro) = $\frac{80gNaOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído

Novamente os primeiros procedimentos são idênticos aos anteriores, a temperatura inicial foi de 25°C, neste experimento houve uma grande liberação de gases já com 2 minutos de reação (Figura 9), devendo ser realizado em capela de fluxo laminar. A reação ocorreu de forma violenta inicialmente, com um rápido aumento de temperatura como demonstrado na curva mostrada na Figura 10. O experimento foi encerrado em 23 minutos. Novamente a falta de agitação deixou para trás alguns pedaços com alumínio, mas em pequena quantidade que seria facilmente resolvido com agitação com espátula manual.



Figura 9 – Reação NaOH 2 M sem agitação com formação de gases.

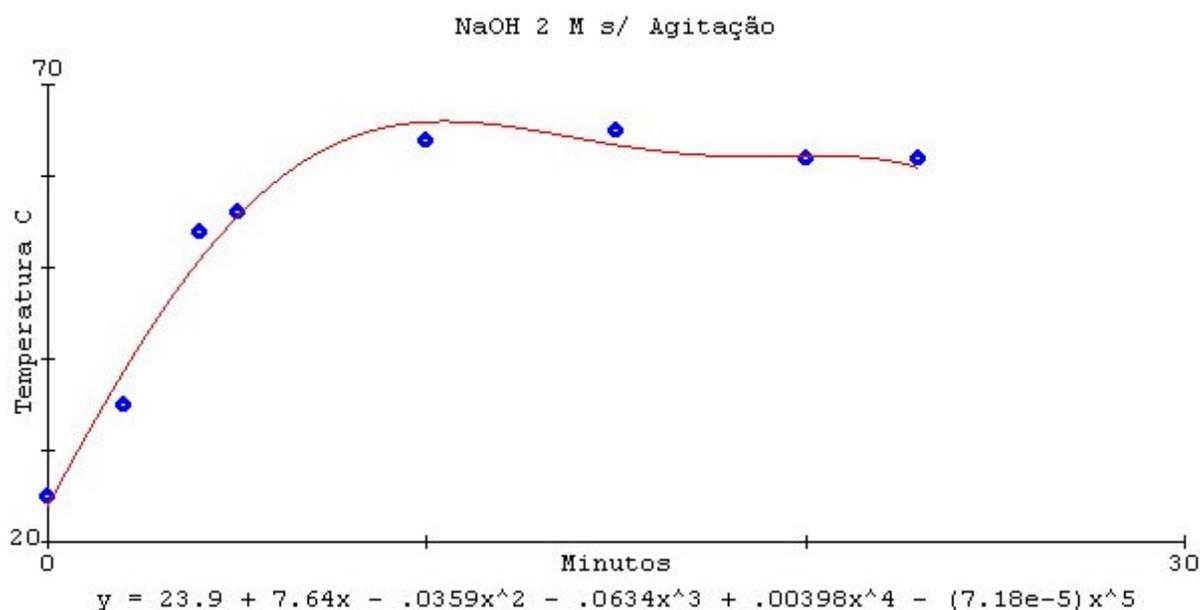


Figura 10 – Curva de Temperatura x Tempo

O PVC após a sua lavagem apresentou a mesma característica de amarelecimento observado anteriormente devendo ser adotado o mesmo critério anterior. Mesmo com uma lavagem com agitação a título de experiência não prevista, o material continuou apresentando amarelecimento indicando degradação.

Experiência V

KOH – 1 Molar – Com Agitação

- Massa Molar NaOH = 56 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro
- 1 Molar (Mol/Litro) = $\frac{56gKOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído.

Como nos outros experimentos foram colocados 56 gramas de KOH (PA) em 1 litro de água da rede de distribuição, a seguir uma leve agitação foi realizada para a completa dissolução do hidróxido de potássio. Expressa pela reação (5):



A temperatura inicial foi de 28°C e com a agitação demorou-se a ter uma elevação de temperatura, pela curva da Figura 11 pode-se observar que esta elevação ocorreu de maneira suave com uma formação de gases apenas com 8 minutos o que ratifica a característica de base mais fraca do que o hidróxido de sódio, uma vez que nas anteriores esta formação ocorria rapidamente. O acompanhamento da reação deu-se de maneira tranqüila, sem nenhum percalço, atingindo seu fim, aos 47 minutos.

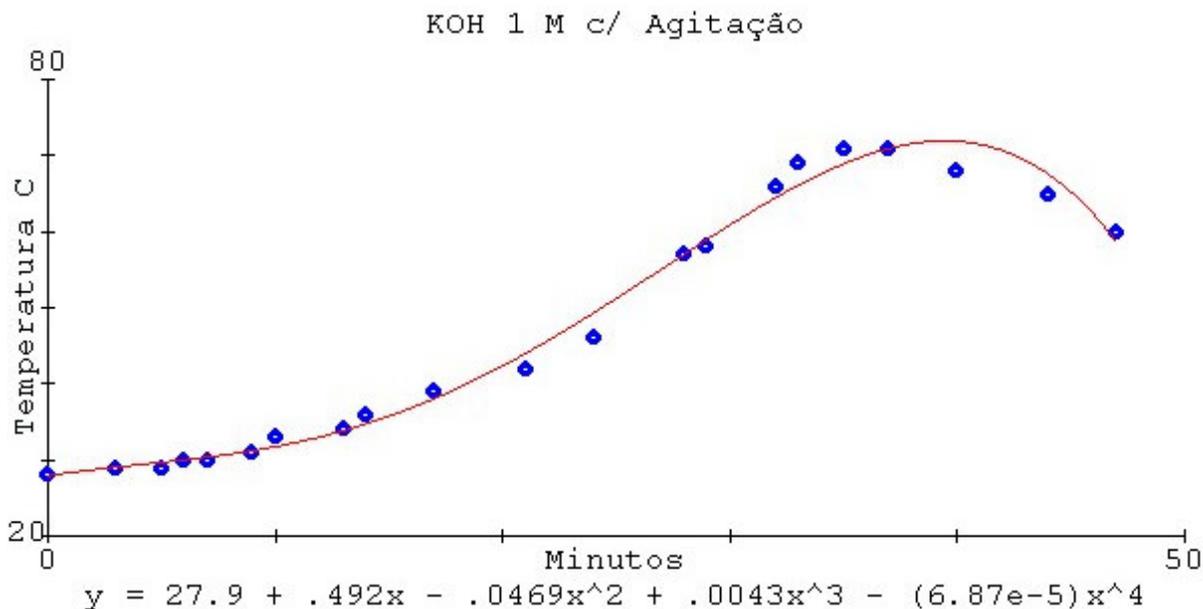


Figura 11 – Curva de Temperatura x Tempo

A grande diferença entre esta experiência e as outras é que nenhum amarelecimento do PVC foi observado, trazendo de início uma grande tendência de uso desta base.

Experiência VI

KOH – 1 Molar – Sem Agitação

- Massa Molar NaOH = 56 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro
- 1 Molar (Mol/Litro) = $\frac{56gKOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído.

O procedimento inicial foi o mesmo da anterior e a experiência foi realizada sem agitação, a temperatura inicial foi de 29°C conforme a curva apresentada na Figura 12, o tempo para aparecimento de gás foi menor que na similar com agitação acontecendo a 6 minutos, bem como foi maior o aumento de temperatura, porém a característica observada nas experiências anteriores de que a falta de agitação ocasiona um maior tempo para que ocorra a total dissolução se confirmou chegando ao fim em 51 minutos do início.

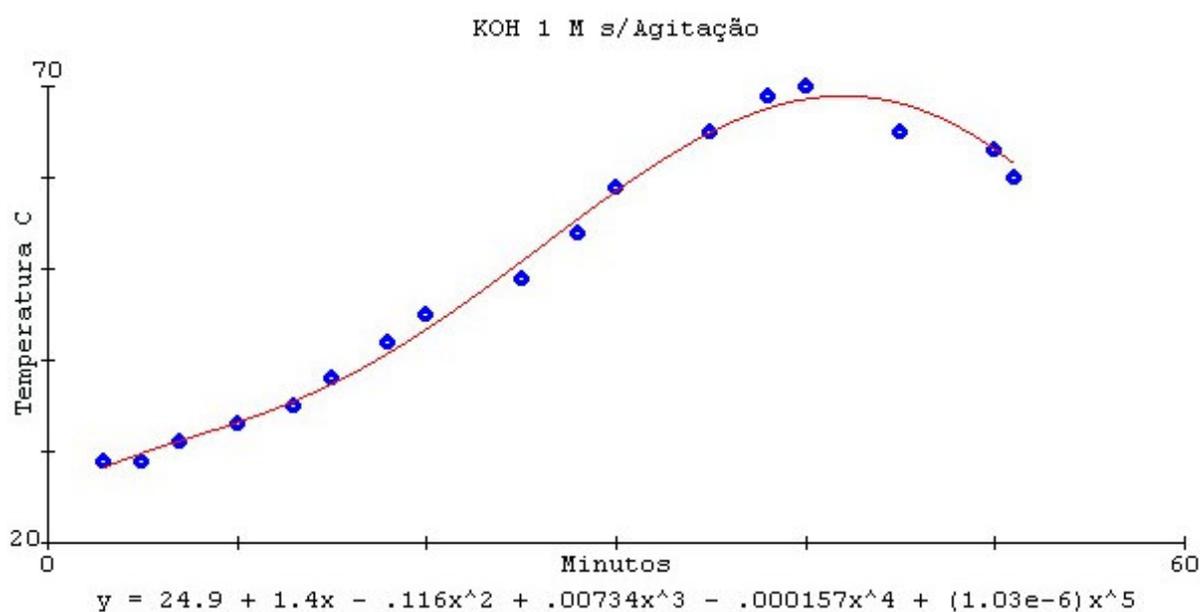


Figura 12 – Curva de Temperatura x Tempo

Uma característica interessante foi observada, houve uma opacidade do PVC, deixando-o com aspecto leitoso, aparentemente uma lavagem com agitação forte pode melhorar esta características, pois ao tato o material se mostrou encoberto por uma capa branca que se dilui em água. Este fenômeno só ocorreu quando a exposição em KOH superou os 50 minutos.

Experiência VII

KOH – 2 Molar – Com Agitação

- Massa Molar NaOH = 56 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro
- 2 Molar (Mol/Litro) = $\frac{112gKOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído.

Nesta penúltima experiência 112 gramas de hidróxido de potássio foi misturado com 1 litro de água da rede e os procedimentos foram exatamente iguais ao das anteriores. A temperatura inicial foi de 24°C e aos 7 minutos começou a formação de gases, a temperatura evoluiu conforme a curva mostrada na Figura 13.

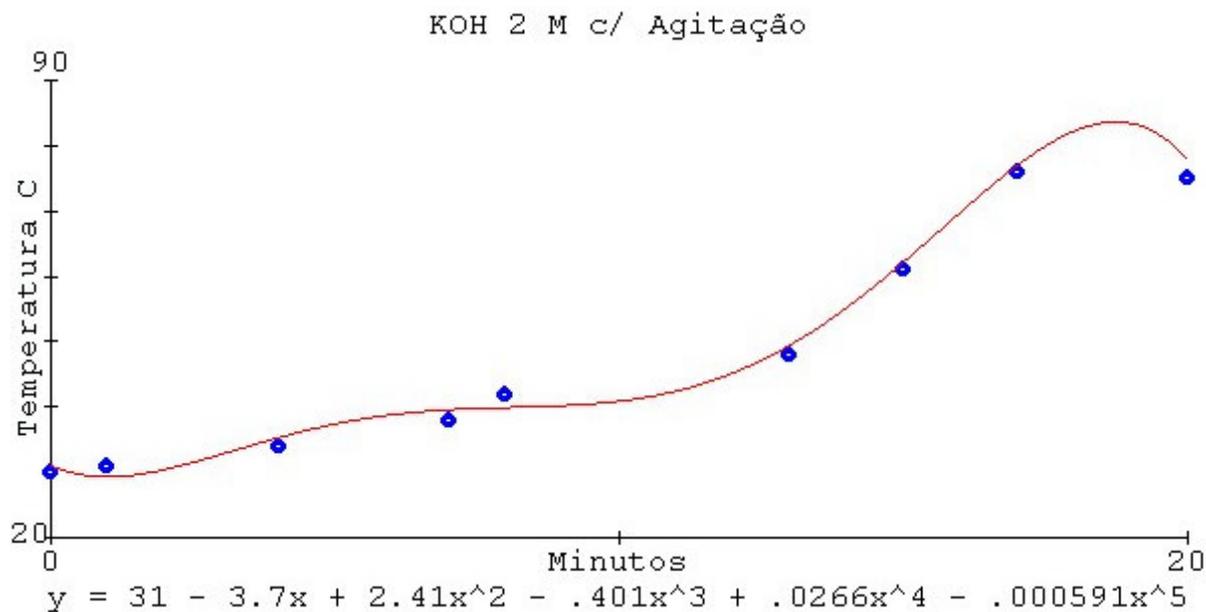


Figura 13 – Curva de Temperatura x Tempo

Houve um pico de temperatura de 75°C aos 26 minutos, e o fim da reação se deu aos 29 minutos e temperatura de 70°C. Também houve liberação de gases o que indica que esta experiência deveria ter sido realizada em uma capela de fluxo laminar. Ao fim o material foi lavado conforme já explicado, e com isso observou-se que o PVC se mostrou exatamente como no início, ou seja, não houve nenhuma degradação ou deformação em suas características, ocorrendo apenas a dissolução do alumínio.

Experiência VIII

KOH – 2 Molar – Com Agitação

- Massa Molar NaOH = 56 gramas/mol
- Volume da solução = 1 litro
- 2 Molar (Mol/Litro) = $\frac{112gKOH}{L}$
- 146 g de BLISTER moído.

Novamente todas as etapas iniciais de pesagem, agitação foram realizadas e o material foi adicionado sem agitação à solução 2 M de hidróxido de potássio. A temperatura inicial foi de 28°C, e muito rapidamente houve formação de gás em apenas 5 minutos. Ao contrário do hidróxido de sódio

a temperatura demorou 15 minutos para começar a aumentar e aos 20 minutos ocorreu a maior temperatura de 72°C conforme está mostrado na Figura 14.

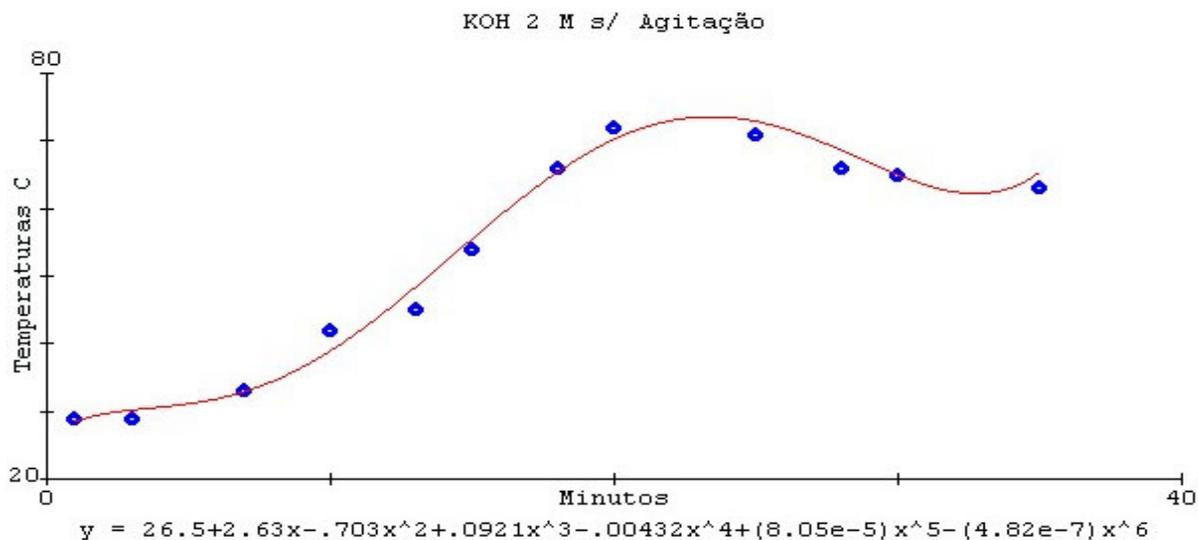


Figura 14 – Curva de Temperatura x Tempo.

O final da reação ocorreu depois de 35 minutos do início com a temperatura atingindo 63°C. Posteriormente o material foi lavado e armazenado conforme procedimento anterior, observando-se uma ligeira mudança no PVC, uma leve opacidade que não trará maiores conseqüência para o uso em produtos com cores fechadas ou escuras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final das experiências todas as amostras foram colocadas lado a lado para observação da degradação ocorrida, foram nove amostras, incluindo uma amostra do material sem alumínio que foi coletada previamente justamente para esta comparação.

Com relação ao tempo de término das reações, aquelas que utilizaram o reagente hidróxido de sódio podem ser consideradas mais eficientes, conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação por tempo das experiências

	Nº	Base	Concentração	Agitação	Minutos
1º	III	NaOH	2 Molar	SIM	11
2º	IV	NaOH	2 Molar	NÃO	23
3º	VII	KOH	2 Molar	SIM	29
4º	VIII	KOH	2 Molar	NÃO	35
5º	I	NaOH	1 Molar	SIM	35
6º	II	NaOH	1 Molar	NÃO	45
7º	VII	KOH	1 Molar	SIM	47
8º	VIII	KOH	1 Molar	NÃO	51

Observa-se na Tabela 2 que, o uso do hidróxido de sódio fez com que as reações levassem menos tempo para se concretizarem em ambas as concentrações de 2 e 1 M, mostrando uma tendência a ser esta a mais eficiente. Porém quando a observação da qualidade entra como um fator determinante, a escolha foi para o hidróxido de potássio que não interferiu nas características do PVC. Todas as experiências realizadas com o hidróxido de sódio apresentaram um certo nível de degradação com as realizadas sem agitação apresentando as maiores interferências, isto deu-se devido ao maior tempo de exposição do PVC à solução. Já com o uso do hidróxido de potássio a degradação variou de branda a nula, sendo a reação 2 M com agitação a que não apresentou degradação e a reação 1 M sem agitação a maior degradação com a opacidade do PVC devido ao tempo excessivo de exposição. No decorrer dos experimentos, algumas experiências foram realizadas fora do planejamento experimental que valem a pena serem descritos.

Um fato importante foi a verificação da capacidade da solução em realizar mais de uma dissolução da carga proposta (146 gramas de BLISTER) sem nenhuma reativação ou renovação da quantidade de hidróxido presente. Ou seja, após a primeira carga removida, filtrada, uma nova carga foi inserida na solução para que fosse dissolvida. O resultado desta experiência mostrou-se satisfatório, pois conseguiu-se tres cargas em uma única pesagem de hidróxido, com o hidróxido de potássio o que melhor se comportou dos dois. Entende-se por melhor uma uniformidade nos tempos de cada dissolução. Ao final da terceira carga a solução mudou de cor, perdendo o tom cinza e adquirindo um tom amarelo, com formação de precipitado de hidróxido de alumínio de acordo com a equação de equilíbrio (Equação 1), demonstrando o fim do excesso de reagente.

Mais um resultado interessante observado nas experiências feitas fora do planejamento experimental foi que o aumento de temperatura da solução diminuiu consideravelmente o tempo de dissolução, mostrando que a recuperação da energia exotérmica para o aquecimento de um banho posterior é viável e pode ser economicamente interessante.

CONCLUSÃO

As análises dos resultados, por meio de um processo matemático de planejamento experimental, mostraram que a utilização do hidróxido de sódio a 2 M com sistema de agitação é o mais viável para o processo de dissolução. Porém, o usuário destas informações tem que levar em conta o uso do seu material, pois a degradação do PVC não impede seu uso, mas, muda as características estéticas de acabamento, sugerindo neste caso o uso do hidróxido de potássio com concentração 2M e agitação. O produto final deverá ser levado em consideração, como exemplo se fosse utilizado para a fabricação de eletrodutos rígidos que são de cor preta, o uso do hidróxido de sódio é mais indicado, pois implica em uma velocidade maior de produção. Já se a idéia é comercializar o produto como matéria-prima, o ideal será utilizar o hidróxido de potássio que não agride o material fazendo com que ele não perca seu valor comercial.

Neste trabalho considerou-se as facilidades que os empresários ou recicladores necessitariam para implantar este sistema em sua indústria ou em seu processo de reciclagem, afinal, ele não teve um cunho totalmente científico, mas também prático.

Na função que hoje a sociedade exige da engenharia, o profissional tem de estar atento as tendências de mercado, de qualidade e sobre tudo de meio ambiente, tentando minimizar o impacto dos atos humanos no nosso meio de vida. E é essa a conclusão do trabalho, deixar a mensagem que temos todos o compromisso de melhorar a vida aproveitando de maneira inteligente materiais antes descartados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Jardim, N.S., Wells, C., Consoni, A.J., Azevedo, R.M.B. Gerenciamento Integrado do lixo municipal. 2ª edição. (Publicação IPT 2622) IPT/CEMPRE, São Paulo. 2000.
2. Embalagens desambientadas”. *Plásticos em Revista*, São Paulo, n. 397, jul. 1995.
3. Dunn, T.J. “Multilayer flexible packaging”. In.: Brody, A.L., Marsh, K.S. *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. 2nd edition. New York. 1997.
4. Pilckhik, *Phamaceutical Technology*, Periódico – Edição Abril 2001 18-28.
5. Gentil, V.. *Corrosão*, 3ª Edição, Ed LTC– 1996.
6. Evans, U.R., *The Corrosion and Oxidation of Metals: Scientific Principles and Pratical Aplications*, Edward Arnold Publishers, London, 1967.
7. Wiebeck,H. e Piva M.A. *Reciclagem Mecânica do PVC – CD –ROM Instituto do PVC* 2001.
8. Nunes, Luciano Rodrigues, *Tecnologia do PVC* São Paulo: ProEditores 2002.
9. Voguel,A. I. , *Química Analítica Qualitativa*, Ed. Mestre Jou, 5ºEd. 1981.

RECYCLING OF “BLISTER” PACKAGES COMPOSED BY PVC AND ALUMINIUM

ABSTRACT

The main idea is to separating the materials, physically united : PVC and the Aluminum, components of the packing type BLISTER, through an erosion process. Soon after, to study the characteristics of the obtained products and the optimization of the separation process of form economically viable. The results of this study can bring great benefits to the environment, reducing the numbers of packing thrown in embankments, and still to help to increase the income of the programs of selective collection. The picked up material is a surplus of the production, having a very irregular and difficult format to handle, so, the material was previously ground to ease the accuracy of the experiments by means of weighing. After the grinding the following step would be really to accomplish the dissolution of the aluminum. Achieving researches point out to two different basis would be for availability in the market: The sodium hydroxide and the potassium hydroxide. An important factor to the choice of these basis felt for the readiness in the market without any restrictions by its acquisition, and by possessing a single handling and an attractive price. All the experience was led so that there were 100% of aluminum dissolution, being the time that the experiments took to complete the comparison factor among the parameters. During the experiments it was also observed effects non

quantitative such as the action on PVC and processing easiness. After the accomplishment of eight experiments involving three different parameters as the concentration, basis type and the mixing, the use of the sodium hydroxide did with that the reactions took less time for it they complete in both concentrations of 2 and 1 M, showing a trend to be that the most efficient. But when the observation of the quality is a determinant factor, the choice was for the potassium hydroxide that didn't interfere in the characteristics of PVC. With the use of the potassium hydroxide the degraded variety from mild to null, being the relationship 2 M with mixing which didn't present degradation and to 1 M without mixing the largest degradation with the lost of clearness of PVC due to the excessive time of the display.

Key-words: Blister, PVC, recycling