1
Introdução

O PVC não é um material como os outros. É o único polímero de grande consumo que não é 100% originário do petróleo. O PVC contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo).

A partir do sal marinho, pelo processo de eletrólise, obtém-se o cloro, soda cáustica e hidrogênio. Assim se dá a obtenção do cloro, que representa 57% da resina de PVC produzida.

O petróleo, que representa apenas 43% dessa resina, passa por um caminho um pouco mais longo. O primeiro passo é uma destilação do óleo cru, obtendo-se aí a nafta leve. Essa, passa então pelo processo de craqueamento catalítico (quebra de moléculas grandes em moléculas menores com a ação de catalisadores para aceleração do processo), gerando-se o eteno. Tanto o cloro como o eteno estão na fase gasosa e eles reagem produzindo o DCE (dicloro etano), conforme a reação mostrada na equação da figura 1.

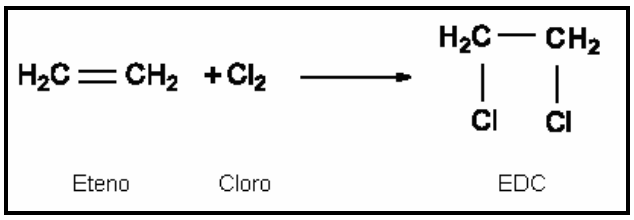

Figura 1 – Rota de obtenção do DCE por cloração direta

A partir do DCE, obtém-se o MVC (mono cloreto de vinila, unidade básica do polímero), Fig.2. As moléculas de MVC são submetidas ao processo de polimerização, ou seja, elas se ligam formando uma molécula muito maior, conhecida como cloreto de vinila, que é um pó muito fino, de cor branca, e totalmente inerte. A Figura 3 mostra uma representação esquemática da molécula do PVC [1].

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

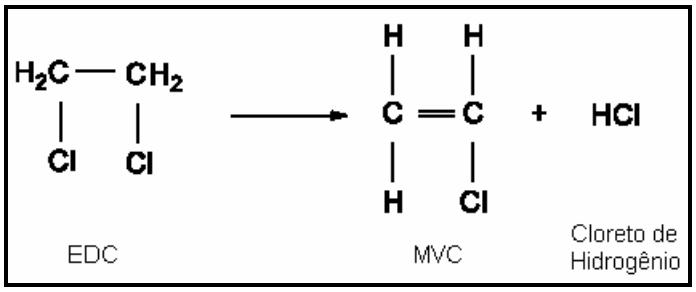

Figura 2 – Obtenção do MVC a partir do EDC

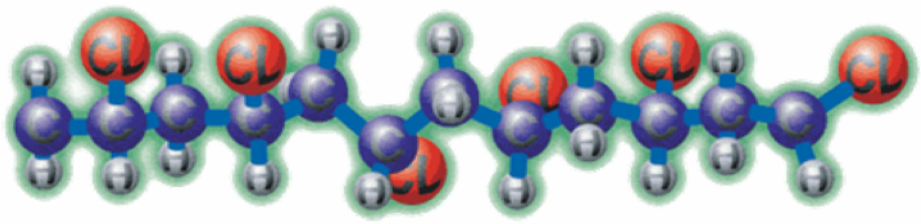

Figura 3 - Estrutura química do PVC

A Figura 4 ilustra de forma esquemática a rota de obtenção do PVC [2].

A grande versatilidade do PVC é atribuída principalmente à possibilidade e à capacidade de incorporação de aditivos antes de sua transformação no produto final. O grande teor de cloro presente na estrutura molecular do PVC lhe confere alta polaridade, o que aumenta sua afinidade e permite sua mistura com uma grande gama de aditivos. Através da escolha e da dosagem adequadas dos componentes da formulação, podem-se obter materiais poliméricos feitos sob medida para aplicações específicas. Dessa maneira, o PVC pode ter suas características alteradas dentro de um amplo espectro de propriedades, variando desde rígido ao extremamente flexível, tornando-o muito versátil dentre os polímeros termoplásticos.

Dentre os principais aditivos que podem ser incorporados ao PVC, destacam-se: plastificantes, estabilizantes, antiestáticos, lubrificantes, pigmentos, espumantes e modificadores de impacto. Dentre os aditivos citados, sem dúvida aqueles que representam maior importância na indústria do PVC, são os plastificantes.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

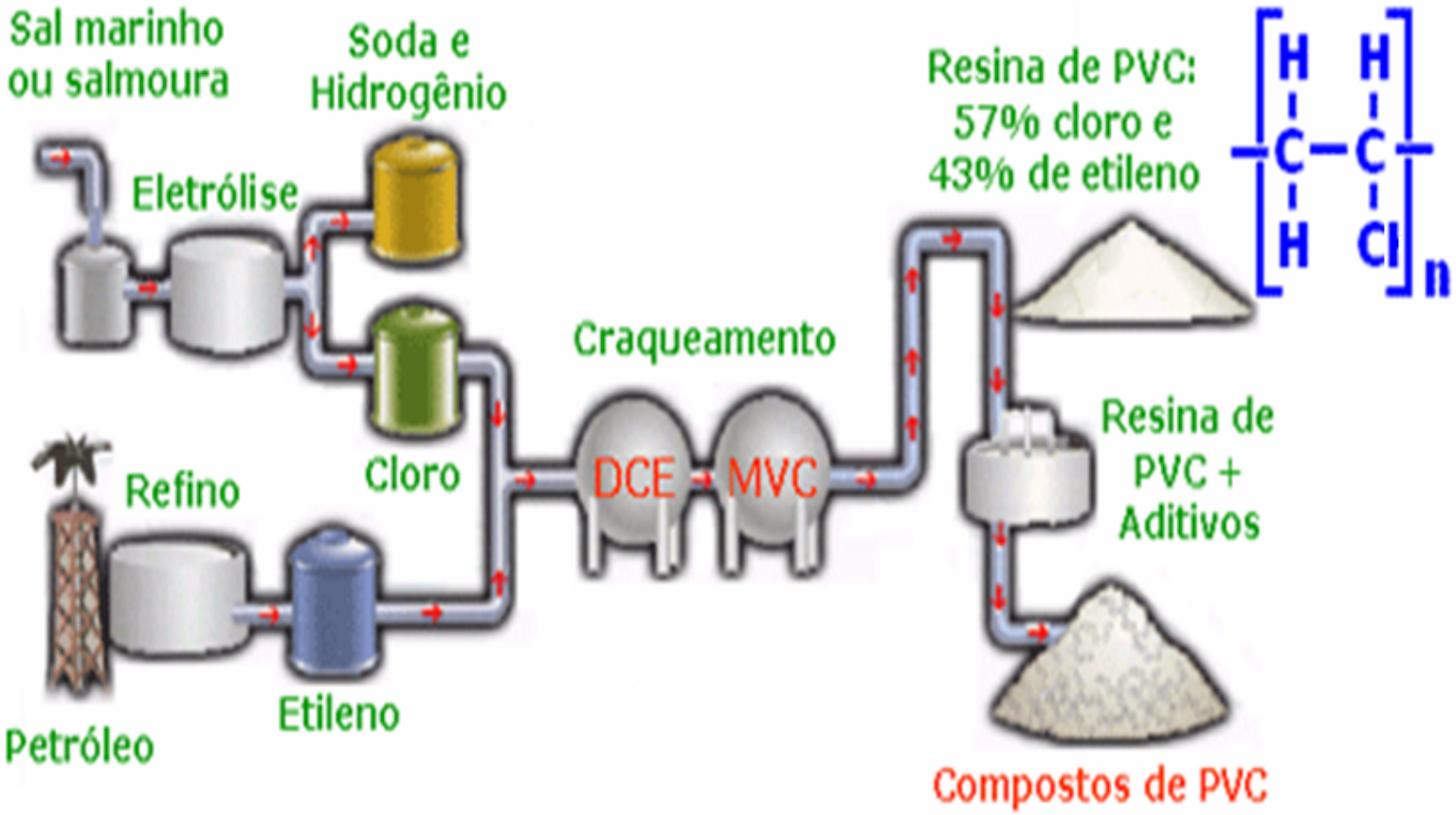

Figura 4 - Fluxograma de fabricação do PVC

O uso de plastificantes permite a adequação do PVC aos mais variados processos de moldagem. Assim sendo, o PVC pode ser injetado, extrudado, calandrado ou espalmado, dependendo da formulação utilizada. As diversas formulações de PVC apresentam um conjunto de propriedades e características muito boas, tais como [3]:

- Baixa densidade, o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistência à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- Resistência à maioria dos reagentes químicos;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- Resistência a choques;
- Impermeável a gases e líquidos;
- Resistência às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- Durabilidade: sua vida útil em construções é superior a 50 anos;
- Não propaga chamas, e é auto-extinguível;
- Reciclável;
- Fabricado com baixo consumo de energia.

A Tabela 1 lista as principais propriedades do PVC.

Dentre as inúmeras aplicações do PVC e de suas formulações, nos diversos setores do mercado, podem – se citar as seguintes:

- Embalagens: o uso como material de embalagem é devido ao seu excelente comportamento na formação de filme e ao fato de exibir baixo coeficiente de permeação para certos gases, o que evita ou reduz o contato do ar ou umidade com o produto que está sendo protegido. As aplicações do PVC nesse setor são muito variadas, pois as embalagens de PVC podem ser rígidas ou flexíveis e transparentes ou opacas, variando desde bolsas de sangue e *blisters* para a indústria farmacêutica, até grandes silos de estocagem, passando por materiais de higiene e limpeza e frascos para cosméticos, como se pode observar na Figura 5.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

Figura 5 - Embalagens de PVC

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

Tabela 1 Propriedades do PVC [4]

Descrição	Símbolo	Valor	SI Unidades	Unidades Inglesas
Densidade	*P*	*1,3 – 1,58*	*g/cm^3*	*lbm/in^3*
Modulo de Elasticidade	*E*	*2,41 – 4,14*	*GPa*	*10^6 psi*
Limite de Escoamento	σ_y	*40,7 – 44,8*	*MPa*	*Ksi*
Limite de resistência	*TS*	*40,7 – 51,7*	*MPa*	*Ksi*
Alongamento percentual	*% EL*	*40 – 80*	*----*	*----*
Dificuldade a fratura	*KIc*	*2,0 – 4,0*	*MPa√ m*	*Ksi √in*
Coeficiente de expansão térmica	A_1	*90 – 180*	*ºC*	*----*
Condutividade Térmica	*K*	*0,15 – 0,21*	*W / m - K*	*Btu / ft . h ^{o}F*
Calor Específico	*E*	*1050 – 1460*	*J/ Kg - K*	*10 -2 Btu / lb ^{o}F*
Resistividade Elétrica	ρ_e	*> 1E +14*	*Ω - m*	*Ω- feet*
Custo	*$ 1K*	*1,40 – 2,80*	*$ US / Kg*	

- No segmento de calçados: o PVC surge como excelente opção para a confecção de solados e outros componentes, expandidos ou compactos, com os quais podem ser produzidas tanto sandálias inteiramente moldadas em uma única etapa, quanto calçados mais sofisticados, onde acabamentos elaborados como transparência ou brilho podem ser dosados mediante a correta formulação do material, Figura 6.

Figura 6 - Calçados manufaturados de PVC

- Em aplicações médicas: tubos e sacolas para sangue e diálise, cateteres, válvulas, aventais e botas, dentre outras aplicações Figura 7.

Figura 7 - O PVC nas aplicações médico – hospitalares

- Na área automotriz: produtos tais como tapeçaria, painel de automóvel, proteção anticorrosiva e antivibratória, entre outras aplicações, como apresentado na Figura 8.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

Figura 8 O PVC no automobilismo

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

- Outras aplicações do PVC incluem: cartões de crédito, artigos de livraria, brinquedos, mangueiras e artigos de jardinagem entre outras, Figura 9.

Figura 9 - Diversas aplicações do PVC

- As aplicações diretamente ligadas à construção civil, que englobam tubos, conexões, perfis, fios e cabos, e que estão mostradas na Figura 10, somam aproximadamente 64% da demanda total de PVC no Brasil. Nessas aplicações, o PVC mostra excelente relação custo-benefício, confrontando-se com materiais concorrentes como a madeira, metais e cerâmicas, além de apresentar vantagens

facilmente perceptíveis em quesitos fundamentais como comportamento antichama, resistência ao intemperismo, isolamento térmico e acústico, facilidade de instalação, baixa necessidade de manutenção e excelente acabamento e estética. A presença do átomo de cloro na sua estrutura molecular torna o PVC um polímero naturalmente resistente à propagação de chamas, contribuindo para aplicações nas quais esse item é desejado, tais como fios e cabos elétricos, eletrodutos, forros e revestimentos residenciais. Além disso, as matrizes ricas em cloro (PVC ou CPVC[1], cuja estrutura é apresentada na Figura 10) são privilegiadas para aplicações em meios ambientes ricos em bactérias, tais como dutos enterrados ou imersos em água do mar [5]. Somado a isso, deve-se considerar que o PVC é um material termoplástico que possui excepcional resistência ao ataque químico [6]. Por causa dessas características, o PVC já vem sendo usado em diversas aplicações na área de transporte de fluidos, notadamente água, mas pode ser considerado também uma alternativa para o transporte de outros fluidos.

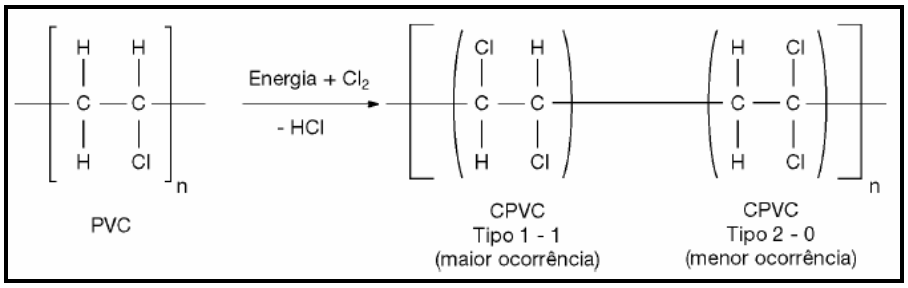

Figura 10 - Formação do CPVC a partir do PVC

1 *CPVC ou policloreto de vinila clorado é o nome dado ás resinas termoplásticas produzidas pela pós- cloração da resina de PVC. A reação é iniciada pela decomposição do cloro diatômico dissolvido em água altamente instável, um átomo de cloro ataca uma cadeia de PVC em um local aleatório e substitui um átomo de hidrogênio na posição do ataque.*

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

Figura 11 - O PVC na construção civil

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0710717/CA

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito que a exposição do PVC a diversos fluidos tem sobre suas propriedades térmicas e sobre sua estrutura macromolecular.

Para tal, serão avaliadas as interações físico-químicas entre o PVC e os fluidos: água, etanol e óleo diesel empregando-se as técnicas de análise termogravimétrica (TGA) e termogravimetria derivativa (DTGA); espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), Calorimetria Diferencial de Varredura DSC e difração de raios-X (DRX).