

Policloreto de Vinilo

O **policloreto de vinilo** (também conhecido como **cloreto de vinilo** ou **policloreto de vinil**; nome IUPAC policloroeteno) mais conhecido pelo acrônimo **PVC** (da sua designação em inglês *Polyvinyl chloride*) é um dos polímeros sintéticos de plástico mais produzidos no mundo, com uma vasta possibilidade de aplicações, principalmente na construção civil, moda e medicina.

O PVC é categorizado em **rígido** e **flexível (plastificado)**. O PVC rígido, não modificado, é mais forte e duro, enquanto que o PVC plastificado possui um comportamento mais elástico.

Histórico

Descoberta

O monômero cloreto de vinila (MVC) foi descoberto por Justus von Liebig em 1835, através da reação do dicloreto de etileno com hidróxido de potássio em solução alcoólica, sendo esse fato publicado por um de seus alunos Victor Regnault, que pensava ter obtido o PVC através da exposição do MVC à luz solar, quando na verdade tinha obtido o policloreto de vinilideno.^[3] Entretanto, o primeiro registro de polimerização foi em 1872 quando Eugen Baumann, através da indução do monômero por luz, relatou o surgimento de uma substância sólida branca, cujas características coincidiam com a do PVC.

Indústria

Em 1912, Fritz Klatte descobriu um método para obtenção do PVC através da reação do acetileno com o cloreto de hidrogênio, para uso comercial da empresa na qual trabalhava, a Griesheim-Elektron. Entretanto, haviam muitas dificuldades, principalmente em relação à fragilidade do PVC quando exposto à luz e ao calor. Além disso, o PVC é termicamente instável e degrada na mesma temperatura necessária para seu processamento.

Depois da Primeira Guerra Mundial, o interesse comercial pelo PVC diminuiu. Além disso, após a compra da Griesheim-Elektron pela IG Farben, optou-se por encerrar o desenvolvimento acerca do material. Apesar do projeto de Klatte ter sido interrompido, os cientistas da empresa continuaram trabalhando em fibras de PVC pós cloradas, obtendo sucesso em 1928, quando a IG Farben se tornou a primeira empresa a conseguir fabricar fibras de PVC. Mesmo assim, apesar do PVC clorado parecer promissor, futuramente se mostrou incapaz de competir com outras fibras em desenvolvimento, como Poliamida.

Embora o fracasso com o PVC clorado, a IG Farben iniciou a produção em escala total do PVC em 1937, quando descobriram o processo de co-polimerização do PVC, diminuindo sua temperatura de fusão e permitindo a fabricação de materiais que permaneciam macios e flexíveis.

Em 1926, Waldo Semon, pesquisador da B. F. Goodrich, descobriu uma forma de tornar o PVC flexível, elástico, inerte e resistente à corrosão ao misturá-lo com substâncias hoje conhecidas como plastificantes. A Goodrich Corporation iniciou sua produção de PVC em escala comercial em 1930.

A produção do PVC no Brasil começou em 1954, através de uma associação entre a B. F. Goodrich e a Indústrias Químicas Matarazzo, cuja planta foi comprada e modernizada pela Braskem.

Propriedades

Estrutura

A microestrutura do PVC é principalmente atática, mas existe uma pequena quantidade de porções sindiotáticas na cadeia, permitindo uma baixa fração de cristalinidade (cerca de 5%). A maior parte da cadeia é linear, mas há possibilidade de ramificações de cadeia curta. Os monômeros são principalmente arranjados na forma *Head-To-Tail*, havendo alternância entre cloretos e centros de carbono.

A temperatura de transição vítrea varia de acordo com o método de polimerização, mas geralmente se encontra entre 60 e 80°C.

Mecânica

Seu módulo de elasticidade é superior ao polietileno e o polipropileno, por exemplo, conferindo maior rigidez. A massa molecular tem grande influência nas propriedades mecânicas do PVC.

Térmica

O PVC contém, em peso, 57% de cloro e 43% de eteno, o que o torna um material pouco inflamável, aspecto relevante para a aplicação em construção civil.

Química

A presença de cloro na estrutura do PVC também faz com que ele seja mais polar em relação à outros polímeros, podendo ser pintado sem a necessidade de um tratamento superficial prévio. Além disso, essa polaridade permite misturá-lo facilmente com diversos aditivos.

Aditivos

O PVC é um polímero extremamente versátil devido à sua alta capacidade de incorporação de aditivos. Através da escolha de uma ampla gama de substâncias químicas, é possível obter um produto final com as características necessárias para a aplicação.

Plastificantes

Os plastificantes são considerados solventes não voláteis, que atuam amolecendo o material através da separação das cadeias poliméricas, permitindo maior flexibilidade. O resultado é um polímero mais macio, com maior extensibilidade, menor viscosidade do derretimento e menor temperatura de transição vítrea.

Um dos plastificantes mais utilizados são os ftalatos, com 90% do mercado sendo destinado para o PVC.^[11] Os ftalatos mais comuns são aqueles obtidos a partir de álcoois de cadeia ramificada, desde o isopentanol até o isononanol.

Estabilizantes

A exposição do PVC ao calor ou à radiação UV ou gama pode causar a liberação de HCl e na formação de ligações cruzadas na cadeia, resultando na degradação do mesmo, com mudança na coloração do material para amarelo ou marrom escuro.

Um dos mais utilizados são os estabilizantes térmicos, que atuam capturando e estabilizando os íons cloreto formados, impedindo a propagação da reação e a consequente autocatálise do processo de degradação.^[3]

Lubrificantes

Os lubrificantes atuam facilitando o processamento dos polímeros, reduzindo a barreira ao movimento relativo das partículas (lubrificantes internos) ou entre a massa polimérica fundida e seu entorno (lubrificantes externos).

Aplicações

O PVC possui uma vasta gama de aplicações devido à possibilidade de reformular a resina com os aditivos e pela capacidade de ser submetido a diversos processos de moldagem e transformação, como injeção, extrusão, calandragem, entre outros.

Construção Civil

As aplicações diretamente ligadas à Construção Civil (tubos e conexões, perfis e fios e cabos principalmente)

Tubos

Os primeiros tubos de PVC foram fabricados na Alemanha em 1934, sendo amplamente utilizados no transporte de água potável, esgotos, produção de alimentos, indústrias cervejeiras e condutores industriais para laboratórios químicos e aplicações de plantas. Hoje, quase metade da produção do PVC é destinada à produção de tubos para aplicações municipais e industriais.

Cabos Elétricos, Eletrodutos e Forros

O PVC é muito utilizado no recobrimento de fios e cabos para isolamento elétrico. O átomo cloro presente em sua estrutura molecular o torna naturalmente resistente à propagação de chamas, fator relevante para fios e cabos elétricos, eletrodutos e forros/revestimentos residenciais.

Essa aplicação exige a modificação do polímero através de plastificantes, conferindo também maior flexibilidade, resistividade elétrica, resistência à abrasão e boa relação custo benefício.

Janelas

Segundo o Instituto Brasileiro do PVC, a janela de PVC, quando comparada a outros tipos, apresenta melhor desempenho econômico, ambiental, isolamento térmico e reduz o consumo energético necessário para refrigerar ou aquecer um ambiente, sendo mais ecoeficiente.

Medicina

Aproximadamente 35% dos equipamentos plásticos utilizados na medicina são de PVC. Entre esses, destaca-se instrumentos utilizados em exames e cirurgias, bolsas de sangue e soro, tubos usados para coleta de sangue, aparelhos de hemodiálise, sondas, entre outros. Esse uso intenso do PVC na área médica se dá principalmente em razão de sua versatilidade e segurança, podendo lidar com medicamentos delicados devido à capacidade de impermeabilidade, proteção contra oxidação, maleabilidade e devido ao fato de ser quimicamente inerte.

Moda

As roupas de PVC se tornaram tendência a partir da década de 60, sendo confeccionadas botas, capas de chuvas, vestidos, entre outras. Era comum ver roupas de PVC em filmes e séries, tornando-se também um objeto de fetiche.

Hoje, o PVC vem cada vez mais atraindo a atenção de estilistas por causa de sua polivalência, podendo ser flexível ou rígido, transparente ou opaco, colorido e resistente. Além disso, é mais barato do que couro, látex e borracha, podendo ser usado para simular esses materiais.

Couro sintético

O PVC pode ser utilizado na manufatura de couro artificial, com aplicações no setor de roupas e acessórios. Com a adição de plastificantes, pode se tornar muito resistente aos diversos climas, sendo usado na fabricação de casacos, sapatos, jaquetas, equipamentos de esqui, entre outros.

Outro uso para o couro sintético à base de PVC está nos assentos de automóveis, com estudos que mostram que a adição do PVC proporciona uma sensação mais fresca e tem maiores tempos de reação em relação às variações da temperatura ambiental, proporcionando maior conforto térmico.

Geomembranas

A geomembrana consiste numa manta de liga plástica e flexível usada para revestimento impermeabilizante, com aplicações no armazenamento de água, tratamento de efluentes, aterros sanitários, reservatórios para criação de peixes, irrigação, mineração, entre outros.

Impacto Ambiental

O **ciclo de vida** do PVC é composto por 3 etapas: a **manufatura**, que envolve a produção do etileno e do gás cloro, obtenção do monômero, polimerização, composição com uso de aditivos e moldagem; o **uso**, podendo o produto ter uma vida útil mais curta no caso de uma embalagem (dias ou semanas) ou mais longa no caso de pisos ou materiais de cobertura (9 a 10 anos) e o **descarte** após sua vida útil, geralmente em incineradores ou aterros sanitários.

Os riscos ambientais estão mais presente na etapa de descarte, com a permanência ao longo prazo de substâncias vinílicas no solo e à liberação de subprodutos da combustão não intencionais quando incinerado ou processado em uma fundição secundária para reciclagem. Na fase de uso, há impactos devido à liberação de substâncias tóxicas no ambiente interno ou externo ou durante sua combustão acidental, especialmente quando usado em grande quantidade, como em membranas de revestimento.

O PVC é obtido a partir de 57% de insumos provenientes do sal marinho ou terrestre (salgema) e 43% de fontes não renováveis (petróleo, gás natural), podendo essas serem substituídas por derivados do petróleo e de álcool vegetal (cana de açúcar, por exemplo). É caracterizado como um material de longo ciclo de vida, ou seja, sua vida útil antes do descarte é grande, com 42% dos produtos durando entre 20 e 100 anos.

Reciclagem

O PVC é 100% reciclável, sendo os processos de reciclagem química mais adequados por permitirem a remoção do cloro, possibilitando a produção de cloreto ao invés do gás cloro.

No Mundo, o processo mais utilizado é a reciclagem mecânica, que consiste na combinação de alguns processos operacionais (moagem, aglomeração, granulação) para o reaproveitamento do resíduo plástico, transformando-o em grânulos que são usados como matéria prima para fabricação de outros produtos.

A reciclagem energética ocorre por meio da compactação dos resíduos e uma posterior incineração, convertendo a energia química liberada em energia calorífica ou elétrica. Os gases gerados são tratados para redução do impacto ambiental e as cinzas são dispostas em aterros.