

## Triagem de resinas para ambientes agressivos

A escolha da resina para ambientes agressivos é baseada em ensaios de laboratório ou na experiência adquirida em casos reais. O desempenho dos laminados em ambientes agressivos depende de muitos fatores e é impossível de ser quantificado sem recurso a experiências. Mas isso não nos impede de fazer uma triagem qualitativa para escolher a melhor resina para algumas aplicações.

A seguir mostramos algumas regras úteis para escolher as resinas para ambientes agressivos. Para simplificar, os ambientes foram divididos em três grupos. Os ambientes reais podem ser aproximados pela combinação desses três grupos.

**Grupo 1 – Altas temperaturas.** O efeito da temperatura será avaliado na ausência de água, isto é, em ambientes secos. O grupo 1 considera apenas o efeito da temperatura e ignora outras influências do ambiente, como absorção de água, ataque químico, etc. Temos nesse caso duas situações.

- Se a aplicação for estrutural, a temperatura de trabalho deve ser menor que o Tg da resina.
- Se a aplicação não for estrutural, a resina deve ser escolhida baseada na resistência ao envelhecimento térmico.

As melhores resinas para resistir altas temperaturas são os poliésteres bisfenólicos e os vinilésteres novolac, que têm altos Tg's (aplicações estruturais) e altas resistências ao envelhecimento térmico (aplicações não estruturais). É claro que essa regra vale apenas se o ambiente não atacar a resina.

**Grupo 2 - Solventes.** Os solventes penetram na resina e incham os laminados. Se o inchaço for muito grande o laminado pode trincar. As resinas de baixa polaridade, como as bisfenólicas, as tereftálicas e as isoftálicas, têm baixa absorção de solventes polares, como o etanol, o metanol e a água. É por isso que as resinas bisfenólicas são ótimas para ambientes aquosos em altas temperaturas e as tereftálicas de alta reatividade são as melhores para combustíveis líquidos que contenham metanol ou etanol.

As resinas viniléster de alta reatividade resistem bem aos solventes não-polares, como o benzeno, o estireno, etc, mas absorvem quantidades excessivas de solventes polares. Mas isso vale só para as resinas viniléster de alta reatividade, como as novolac. As viniléster de uso geral, de bisfenol A, têm baixa reatividade e má resistência a solventes polares e não-polares.

A temperatura tem efeito dramático na absorção de solventes. Nenhuma resina deve ser usada em contato com solventes em temperaturas acima de seu Tg.

**Grupo 3 - Ambientes aquosos.** As soluções aquosas representam a grande maioria dos ambientes que trabalham em contato com os compósitos. Os ambientes aquosos podem ser divididos em neutros, ácidos, alcalinos e oxidantes.

**3.1 – Ambientes aquosos neutros.** Nesses ambientes o inimigo é a água, que tem moléculas pequenas e penetra com facilidade nos laminados. A água que penetra pode causar bolhas osmóticas e queda nas propriedades mecânicas dos laminados. As resinas para ambientes aquosos neutros podem ser avaliadas pela absorção de água. A água é um solvente polar e para ela vale o que dissemos no item anterior sobre solventes. As resinas bisfenólicas absorvem menos água que as viniléster e por isso têm melhor desempenho que elas em ambientes aquosos submetidos a altas temperaturas.

**3.2 – Ambientes aquosos ácidos.** Os ambientes ácidos não causam danos graves às resinas. As resinas tereftálicas e isoftálicas podem ser usadas para armazenar soluções ácidas diluídas e em baixas temperaturas. Porém, para ambientes ácidos as resinas viniléster são as melhores, seguidas das bisfenólicas e das tereftálicas.

**3.3 – Ambientes aquosos alcalinos.** As resinas bisfenólicas são melhores que as viniléster em ambientes alcalinos. As clorêndicas, isoftálicas e tereftálicas não devem ser usadas em ambientes alcalinos.

**3.4 – Ambientes aquosos oxidantes.** As resinas bisfenólicas são melhores que as viniléster em ambientes aquosos oxidantes, como as soluções de dióxido de cloro, de cloro, de água oxigenada, de ozônio, etc. As resinas hlogenadas também são muito boas para ambientes oxidantes. Afinal, a hlogenação pode ser interpretada como uma pré-oxidação. É por isso que as viniléster novolac bromadas, bem como as poliéster clorêndicas, são muito usadas em ambientes oxidantes.

As diferenças citadas acima ficam mais evidentes em altas temperaturas. Por exemplo, dado que as resinas bisfenólicas são melhores que as viniléster em ambientes alcalinos na temperatura ambiente, elas se destacam ainda mais quando o ambiente for simultaneamente alcalino e quente. É por isso que as bisfenólicas são muito usadas nos ambientes alcalinos e quentes, típicos das indústrias de cloro-soda e de branqueamento de celulose.

Em outras palavras, se a aplicação combinar ambientes oxidantes, pH alto e altas temperaturas (o que ocorre com frequência no branqueamento de celulose) a vantagem das bisfenólicas sobre as VER fica ainda mais acentuada.

**A tabela que segue lista as resinas em ordem de desempenho.**

<b>Ambientes secos e altas temperaturas</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Poliéster bisfenólico ou viniléster novolac</li><li>2. Tereftálica de alta reatividade</li><li>3. Viniléster de bisfenol A</li></ol>
<b>Solventes polares</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Tereftálica de alta reatividade</li><li>2. Viniléster novolac</li></ol>
<b>Solventes não polares</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Viniléster novolac</li><li>2. Tereftálica de alta reatividade</li></ol>



### Cooperativismo em Materiais Compósitos

<b>Soluções aquosas e altas temperaturas</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Bisfenólicas</li><li>2. Viniléster híbrida</li><li>3. Tereftálicas de alta reatividade</li></ol>
<b>Soluções aquosas ácidas</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Viniléster de bisfenol A ou viniléster híbrida</li><li>2. Bisfenólicas</li><li>3. Isoftálicas e tereftálicas</li></ol>
<b>Soluções aquosas alcalinas</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Bisfenólicas</li><li>2. Viniléster híbrida</li><li>3. Viniléster de bisfenol A</li></ol>
<b>Soluções aquosas oxidantes</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Bisfenólicas</li><li>2. Viniléster novolac</li><li>3. Viniléster de bisfenol A</li></ol>
<b>Ácido crômico</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Clorêndia – Het ácido</li><li>2. Bisfenólicas</li><li>3. Viniléstrer novolac</li></ol>

Antonio Carvalho  
Janeiro de 2006

- Literatura de Eng. Antonio Carvalho