

## 141 - AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO QUÍMICO E CROMAGEM DE PEÇAS DE PC RECICLADO E BLENDA DE PCreciclado/ABS

### **Ana Paula Kurek**<sup>(1)</sup>

Química Industrial e Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e pós-doutoranda no Mestrado em Engenharia de Processos, UNIVILLE.

### **Nathaly Bertella Saldanha**<sup>(2)</sup>

Graduanda em Engenharia Química e Bolsista de iniciação científica (CNPq), UNIVILLE.

### **Mayara Ribeiro Seara**<sup>(3)</sup>

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária e Bolsista de iniciação científica (CNPq), UNIVILLE.

### **Noeli Sellin**<sup>(4)</sup>

Engenheira Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM; Mestre e Doutora em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Professora dos Departamentos de Engenharia Química e Engenharia Ambiental e Sanitária e Mestrado em Engenharia de Processos, UNIVILLE.

**Endereço**<sup>(4)</sup>: R. Paulo Malschitzki, 10, Zona Industrial Norte, CEP 89219 710, Joinville/SC, Brasil; Tel: (47) 3461 9209; E-mail: nsellin@yahoo.com.br

## **RESUMO**

Visando ampliar a utilização de materiais reciclados, neste trabalho, foi avaliada a substituição do polímero acrílico-butadieno-estireno (ABS) por policarbonato reciclado (PCr) na fabricação de peças cromadas. Peças em PCr e blendas PCr/ABS, na proporção de 20/80, 40/60 e 60/40, foram produzidas pelo processo de injeção e submetidas às etapas de pré-tratamento e deposição eletrolítica no processo convencional de cromagem. Após a etapa de condicionamento químico, as peças foram caracterizadas por análises termogravimétrica (TGA), calorimetria diferencial de varredura (DSC), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia no infravermelho (FTIR/ATR) e os resultados foram comparados com os de peças em ABS. As amostras condicionadas foram cromadas e a qualidade da adesão das camadas metálicas foi avaliada por inspeção visual e testes de adesão. A adesão das camadas metálicas foi dependente da concentração de PCr na mistura, sendo aprovadas as amostras com até 40% de PCr na mistura. O uso de PCr na produção de peças cromadas mostrou ser viável, contribuindo com a diminuição de resíduos plásticos descartados no meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** ABS; Blendas, Policarbonato;

## **INTRODUÇÃO**

Devido às suas propriedades, versatilidade de uso, baixo preço e grande variedade de aplicações, os polímeros tem sido cada vez mais utilizados, consequentemente, é grande a quantidade de resíduos plásticos descartados no meio ambiente, que apresentam elevada resistência à degradação natural, em aterros ou lixões municipais (FRANCHETTI e MARCONATO, 2006; ZHAO *et al.*, 2018). O caminho que proporciona a redução do consumo de materiais não renováveis, a minimização de resíduos, o aumento da vida útil dos locais de disposição final é a sua reutilização. Normalmente, o preço do polímero reciclado é 40% mais baixo do que o da resina virgem (ROSÁRIO *et al.*, 2011). Devido ao exposto, o uso de materiais reciclados, pode ser uma alternativa para diversos processos como na cromagem, por exemplo.

A cromagem é realizada em uma grande variedade de peças poliméricas, com finalidade decorativa (estética), como por exemplo, como componentes de banheiro, eletrodomésticos, tampas para frascos de perfume, peças automotivas, entre outros (VIDAL *et al.*, 2016). Dentre os polímeros de engenharia, o ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) é

tradicionalmente o mais usado por apresentar excelente adesão das camadas metálicas depositadas (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

O processo de cromagem em polímeros mais empregado pelas empresas galvanicas é por meio da imersão em soluções químicas e se divide em duas etapas principais: pré-tratamento químico (banho condicionador, neutralizador, reativador, ativador, acelerador e níquel químico) e a deposição eletrolítica (níquel strike, cobre ácido, níquel brilhante e cromo decorativo) (MA *et al.*, 2013; KUREK *et al.*, 2017).

Para determinadas aplicações que exigem rigidez e resistências ao impacto e térmica, o ABS apresenta certas limitações. Desta forma, peças em policarbonato (PC) ou ainda de blendas PC/ABS podem ser empregadas (LUO, 2014). O PC fornece boas propriedades mecânicas e térmicas e o ABS proporciona melhor processabilidade e menor custo às blendas (MA *et al.*, 2013; THANH *et al.*, 2017; HUND, 2018). Na literatura são encontrados estudos que avaliaram a utilização de polímeros reciclados (PC e ABS) em porcentagens de 2 a 70% (CANDIDO, 2011), 25% (MEDON, 2013), e os resultados mostraram que a incorporação de material reciclado pode ser realizada sem alterar significativamente as propriedades do material. Com base no exposto, neste estudo, foi avaliada a possibilidade de substituir o ABS por PC reciclado ou blendas PC reciclado/ABS, visando ampliar as aplicações de peças com material reciclado e cromadas na indústria automotiva e de outros setores, em função da melhoria de propriedades, além de contribuir com a preservação do meio ambiente.

## **METODOLOGIA**

### **Obtenção das peças de ABS, PCr e blendas PCr/ABS**

A injeção das amostras foi realizada a partir do ABS (Terluran GP 35) e do PCr puros, fornecidos pelas empresas Sigmacrom Indústria e Comércio de Artefatos Plásticos Eireli (Araquari/SC) e TAF Indústria de Plásticos (Joinville/SC), respectivamente. Previamente, os *pellets* de ABS e PCr foram desumidificados (desumidificador Ineal A1-5/1L) a 80 °C por 4 h, depois, foram acondicionados em um saco plástico e homogeneizados por agitação manual e alimentados na máquina injetora modelo ROMI Prática – 80 t, sem a inclusão de qualquer aditivo. As amostras foram produzidas com o PCr puro e ABS puro, e as misturas destes, em percentuais mássicos de 20/80; 40/60 e 60/40 de PCr/ABS.

Os parâmetros do processo foram adequados, conforme o percentual de PCr/ABS das blendas. As peças foram obtidas utilizando um molde de duas cavidades do item denominado “friso reto”. Segundo Kasper *et al.* (2010), para a injeção das amostras de ABS puro, a temperatura de processamento é na faixa de 160 a 270 °C, enquanto que para o PC puro é de 250 a 300 °C, porém por ser utilizado o PCr, as faixas de temperatura de processamento sofreram variações. Assim, para a injeção das blendas PCr/ABS, foram utilizadas temperaturas intermediárias às correspondentes aos polímeros base, variando de 190 a 270 °C.

### **Cromagem das peças**

As etapas de pré-tratamento e tratamento eletrolítico no processo de cromagem das peças em ABS, PCr e blendas PCr/ABS foram realizadas na linha de cromagem da empresa Sigmacrom Indústria e Comércio de Artefatos Plásticos Eireli (Araquari/SC), seguindo os procedimentos e condições operacionais adotados pela mesma e conforme descrito em Kurek *et al.* (2018). Para a etapa de condicionamento químico da superfície, 25 peças de cada amostra foram fixadas em uma gancheira e imersas no tanque de banho condicionador contendo solução sulfocrômica com concentração de 400 g/L de ácido crômico, da marca Alpha Galvano - Química Brasileira Ltda (99% de pureza), e 400 g/L de ácido sulfúrico, da marca Buschle e Lepper S. A. (96% de pureza), durante 10 minutos, a 60 °C. Após a modificação da superfície (etapa de condicionamento químico), cinco peças de cada amostra foram retiradas das gancheiras para posterior caracterização física e química e as peças restantes foram submetidas ao processo de pré-tratamento (banhos de neutralizador, paládio, pós-ativador e níquel químico) e tratamento eletrolítico para deposição das camadas metálicas (cobre ácido, níquel semi-brilhante e brilhante e cromo decorativo).

### **Caracterização das peças antes e após condicionamento químico**

Para avaliar as alterações ocasionadas na superfície das amostras injetadas pelo banho de condicionamento, as peças foram avaliadas por:

- *Espectroscopia na Região do Infravermelho com transformada de Fourier- Reflexão Total Atenuada (FTIR/ATR)*: Para avaliação dos grupos químicos presentes na superfície das amostras antes e após condicionamento químico, foram obtidos espectros FTIR/ATR por um espectrofotômetro, do Laboratório de Materiais da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, equipado com acessório ATR, marca Bruker, modelo Tensor 27. A faixa de análise foi de 4000 a 600  $\text{cm}^{-1}$ , ângulo de incidência de 45°, resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$  e 32 varreduras por amostra.

*Análise Termogravimétrica (TGA)*: O ensaio foi realizado visando determinar a perda de massa decorrente da variação de temperatura. As amostras foram analisadas no equipamento da marca TA Instruments, modelo Q50, do Laboratório de Materiais da Universidade da Região de Joinville – Univille. Foi aplicado um gradiente de temperatura de 25 a 800 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera inerte de N<sub>2</sub> a 50 mL/min.

*Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)*: Foi utilizada para determinar a temperatura de transição vítrea (T<sub>g</sub>) das amostras. As curvas de DSC foram obtidas em um módulo calorimétrico exploratório diferencial de marca TA Instruments, modelo Q20, equipado com um sistema de resfriamento tipo LNCA (resfriamento com nitrogênio líquido). A taxa de aquecimento foi de 10 °C/min em atmosfera inerte de N<sub>2</sub> a 50 mL/min. Foi utilizado um gradiente de temperatura de 25 a 300 °C, com isoterma de 1 min, seguido de resfriamento a -90 °C com isoterma de 1 min e reaquecimento a 300 °C. O ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais da Univille.

- *Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)*: Foi empregada para avaliar as alterações na morfologia da superfície das amostras ocasionadas pelo condicionamento químico. As amostras foram cortadas em pedaços pequenos, metalizadas com ouro para tornarem-se eletricamente condutoras e então analisadas em microscópio eletrônico de varredura (*Jeol JSM-6390LV Scanning Electron Microscope*), com filamento de tungstênio, voltagem de aceleração de 15 kV e ampliação de 3000 vezes, do Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME) da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Joinville/SC.

### **Avaliação da qualidade da camada metálica**

Após a cromagem, a qualidade da deposição metálica foi avaliada por inspeção visual, seguindo procedimentos da norma ASTM B604-91 (2008), para avaliar a presença de defeitos na camada metálica, como deposição incompleta, manchas, porosidade, riscos, entre outros. A adesão foi avaliada num equipamento para corte cruzado da marca Elcometer, seguindo procedimentos da norma ASTM D 3359 (ASTM, 2015). A peça cromada foi apoiada em uma superfície plana e firme e com o equipamento foram efetuados cortes paralelos sobre sua superfície, com pressão constante, garantindo a penetração da lâmina na camada metálica. Os cortes foram repetidos num ângulo de 90° em relação aos anteriores. Uma fita adesiva filamentososa (força de adesão de 15 N) foi aderida sobre os cortes cruzados e, posteriormente, removida para avaliação da adesão.

O teste de adesão por choque térmico foi efetuado de acordo com os procedimentos da norma NBR 10283 (2008). As peças cromadas foram imersas em água, a 70 °C ( $\pm 2$ ), por 15 min e imediatamente transferidas para outro recipiente com água a 10 °C ( $\pm 2$ ), por mais 15 min, alternando três ciclos entre quente e frio. Para a aprovação das amostras neste teste, após três ciclos, não deve haver descascamento ou qualquer tipo de alteração na camada metálica depositada.

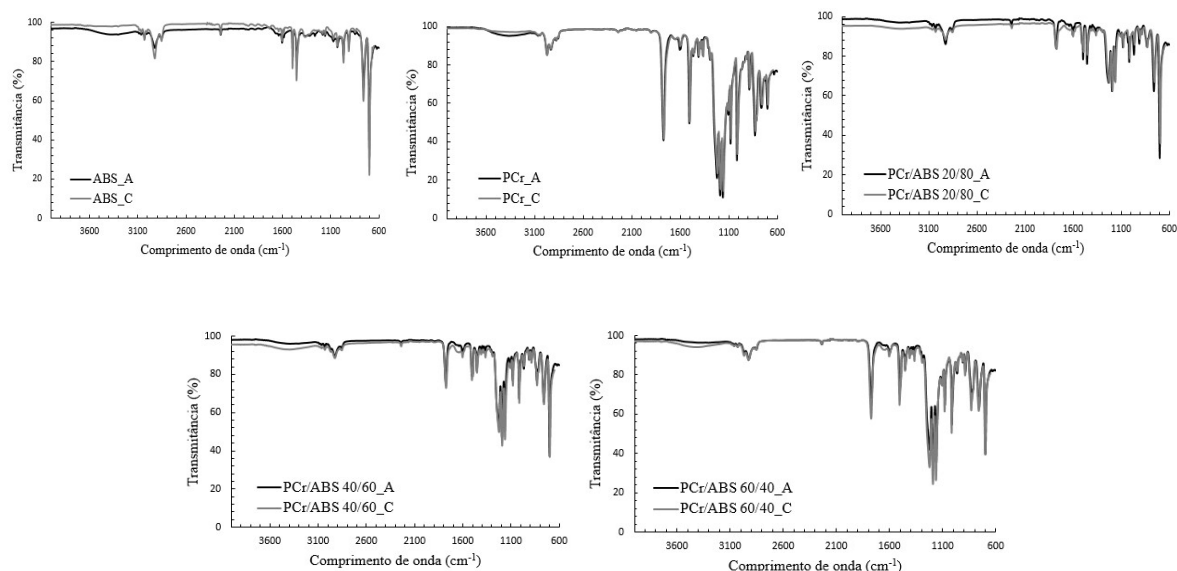
## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Análise visual das peças em PCr e blendas PCr/ABS**

Após o processo de injeção, todas as peças foram avaliadas por inspeção visual e não foi observada a presença de defeitos superficiais como rebarbas, riscos, manchas, entre outros. Segundo Candido (2011), estes dois materiais possuem uma forte interação química, porém, são dependentes da porcentagem da mistura de cada componente, e podem sofrer mudanças significativas em sua estrutura e propriedades, devido à soma de processos de transformação, como a extrusão, injeção e reciclagem. Porém, para diminuir essas interferências, como descrito anteriormente, os *pellets* de ABS e PCr não foram submetidos ao processo de extrusão, foram somente homogêneos manualmente e injetados.

## Caracterização das peças antes e após condicionamento químico

Os espectros de FTIR/ATR das amostras antes e após condicionamento químico por solução sulfocromica estão apresentados na Figura 1.



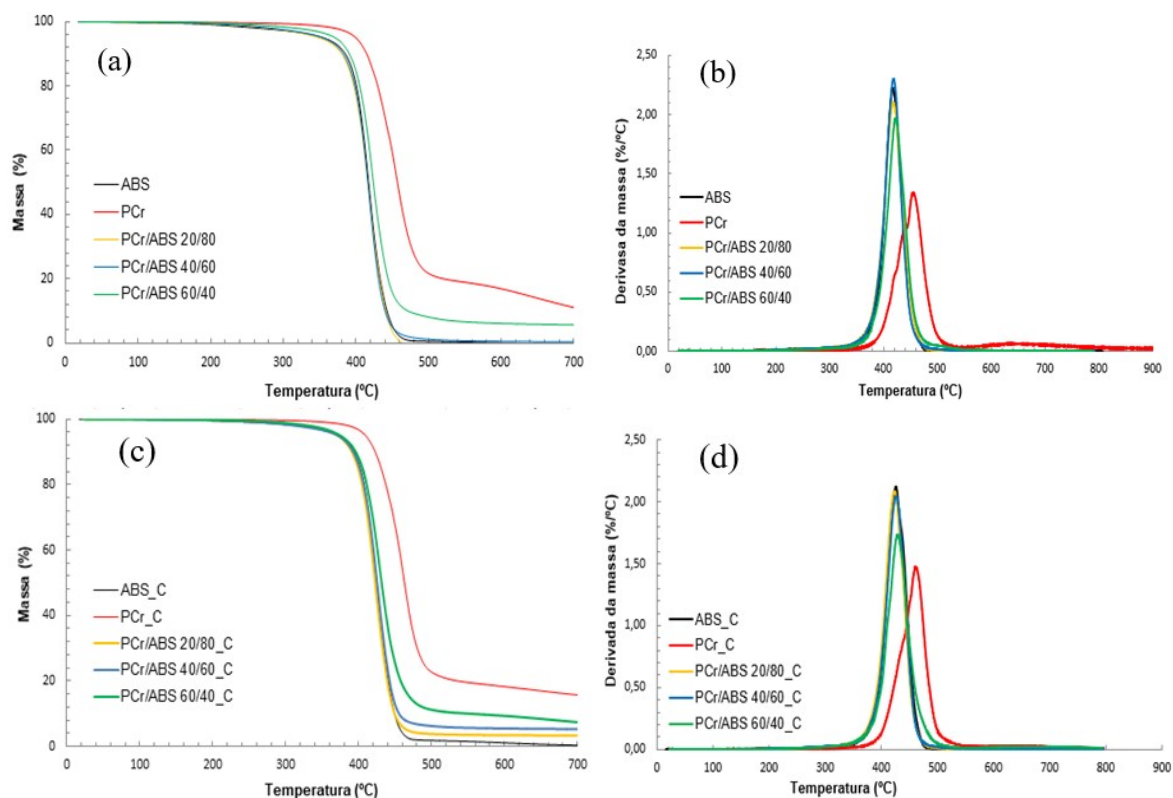
**Figura 1: Espectros FTIR/ATR das amostras de ABS, PCr, blendas PCr/ABS, sendo (A) antes e (C) após condicionamento químico na solução sulfocromica.**

No espectro FTIR/ATR do ABS sem condicionamento, Figura 1, verifica-se a presença de grupos químicos característicos dos componentes que formam o copolímero ABS (SUZUKI e WILKIE, 1994; LI *et al.*, 2017). Bandas referentes a ligações carbono-hidrogênio aromáticas e alifáticas aparecem na faixa de 3200-3000  $\text{cm}^{-1}$  e 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$ , respectivamente. A absorção característica da acrilonitrila, representada pela ligação  $\text{-C}\equiv\text{N-}$ , é observada em aproximadamente 2237  $\text{cm}^{-1}$ . A absorção na região de 910 e 1155  $\text{cm}^{-1}$ , relacionada à vibração de estiramento da ligação dupla  $\text{-C=C-}$ , é referente ao componente butadieno, enquanto a vibração de estiramento do anel aromático do componente estireno [ligações  $\text{-CH-(C}_6\text{H}_5\text{)]}$  aparece entre 698 a 758  $\text{cm}^{-1}$ . Após o condicionamento químico, observa-se nos espectros das amostras de ABS, uma leve diminuição da intensidade dos picos referentes à acrilonitrila, butadieno e estireno, devido à solução sulfocromica ocasionar a quebra de ligações químicas e oxidação da superfície do polímero ABS (KUREK *et al.*, 2018).

No espectro do PCr sem condicionamento, verifica-se picos característicos do material, como a absorção do grupo metil na faixa de 2900-3000  $\text{cm}^{-1}$ , grupos carbonila em 1770  $\text{cm}^{-1}$ , estiramento relacionado à vibração de ligação  $\text{-C-O-}$  em torno de 1219  $\text{cm}^{-1}$ . O espectro da amostra de PCr condicionada não apresentou mudanças em suas absorções que demonstrem uma possível cisão de ligações químicas e oxidação do material, que pode ter ocorrido, devido à sua resistência química à solução sulfocromica. Segundo Ma *et al.*, (2013), o policarbonato é estável à oxidação por ácidos orgânicos e inorgânicos, dessa forma a imersão em solução sulfocromica não é eficiente no condicionamento de peças injetadas somente com PCr.

Nos espectros FTIR/ATR das blendas PCr/ABS nas diferentes proporções e sem condicionamento químico, verifica-se o aparecimento de picos em 2200  $\text{cm}^{-1}$ , 1773  $\text{cm}^{-1}$ , 1194  $\text{cm}^{-1}$  e em 1015  $\text{cm}^{-1}$ , que demonstram uma possível mistura entre os polímeros ABS e PCr, com suavização gradativa da intensidade dos picos de acrilonitrila e estireno e aumento da intensidade do pico referente ao grupo carbonila. Verifica-se, também que as bandas de ligações carbono-hidrogênio aromáticas e alifáticas, visualizadas no espectro do ABS, Figura 1, diminuem à medida que as proporções de PCr são incorporadas nas blendas.

Os termogramas (TGA/DTG) das amostras de ABS, PCr e blendas PCr/ABS, antes e após condicionamento químico por solução sulfocromica, estão representados na Figura 2.

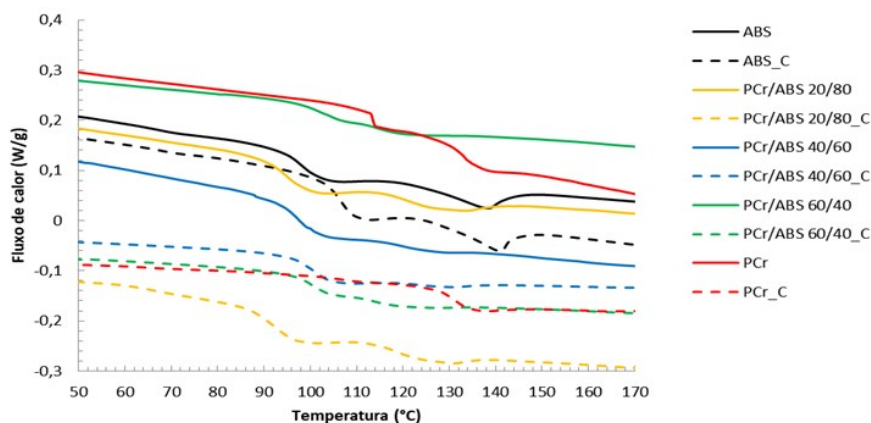


**Figura 2: Curvas de TGA das amostras (a e c) antes e (b e d) após condicionamento químico.**

Observa-se na Figura 2 (a) que, antes do condicionamento químico, a decomposição térmica da amostra de ABS ocorreu em um único estágio, com início em aproximadamente 292 °C, início extrapolado em 396 °C e pico máximo em 418 °C, com resíduo de 0,25% de massa e 0,96% de umidade. O PCr apresentou degradação térmica com início em 362 °C, início extrapolado em 419 °C e dois estágios de decomposição, o primeiro pico máximo em 410 °C e o segundo em 456 °C, com resíduo de 2,35% em massa e umidade de 1,15%. De acordo com Ma *et al.* (2013), o policarbonato possui maior estabilidade térmica e se decompõe, aproximadamente, de 500 a 600 °C, contribuindo na estabilidade das blendas, visto que o ABS apresenta temperatura de decomposição inferior, aproximadamente, de 300 a 450 °C. As temperaturas de decomposição das blendas, assemelham-se às temperaturas dos polímeros base da mistura, no qual as amostras PCr/ABS 20/80 e 40/60 aproximam-se do ABS e a amostra PCr/ABS 60/40 do PCr, seguindo a regra das misturas, segundo Chiu *et al.* (2017).

O condicionamento químico, Figura 2 (b), não ocasionou alterações significativas no comportamento térmico nas amostras, como observado na Figura 2 (b).

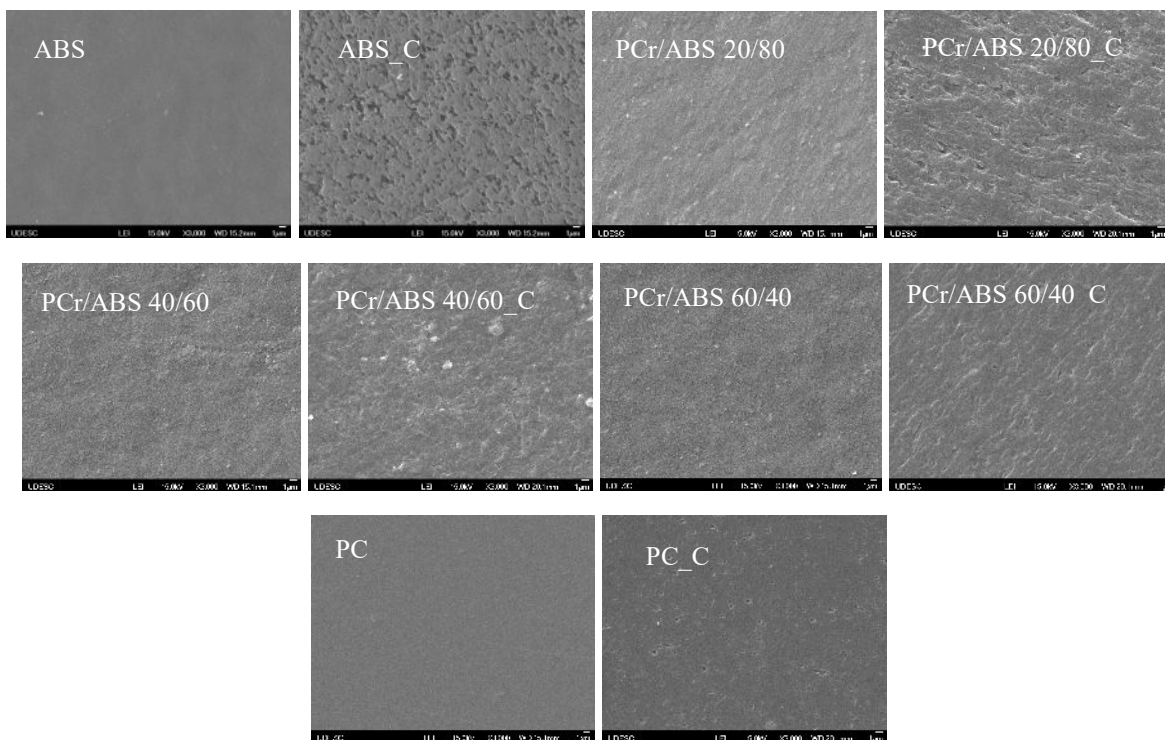
As curvas de DSC, obtidas do segundo aquecimento, das amostras de ABS, PCr e blendas PCr/ABS, antes e após o condicionamento químico por solução sulfocrômica, estão representadas na Figura 3.



**Figura 3: Curvas de DSC das amostras antes e após condicionamento químico.**

Verifica-se das curvas de DSC, que as temperaturas de transição vítrea, da amostra de ABS foi de 98 °C e do PCr de 115 °C. A variação da  $T_g$  para o polímero ABS pode ocorrer de acordo com o tipo de resina polimérica, assim como pelo tipo de processamento (SALCHER *et al.*, 2013). A  $T_g$  encontrada para as blendas está relacionada diretamente com o percentual de cada polímero presente na amostra. Os valores das  $T_g$ 's das amostras PCr/ABS 20/80 e PCr/ABS 40/60 aproximam-se da amostra de ABS, seguindo a regra da mistura, enquanto que a amostra PCr/ABS 60/40 apresentou  $T_g$  mais próxima à da amostra de PCr. As curvas de DSC, Figura 3, não mostraram alterações significativas nas propriedades térmicas das amostras de ABS e blendas após o condicionamento químico. Desta forma, verifica-se que a solução sulfocrômica não ocasiona interferência nas propriedades térmicas das amostras, pois as alterações ocasionadas pela mesma, quando ocorrem, são apenas na superfície.

As micrografias de MEV da superfície das amostras antes e após condicionamento químico em solução sulfocrômica estão representadas na Figura 4.



**Figura 4: Micrografias de MEV das amostras antes e após condicionamento químico.**

Verifica-se na Figura 4, que as amostras de ABS e PCr apresentaram superfície lisa antes do condicionamento químico, enquanto as blendas de PCr/ABS 20/80, PCr/ABS 40/60 e PCr/ABS 60/40 apresentaram

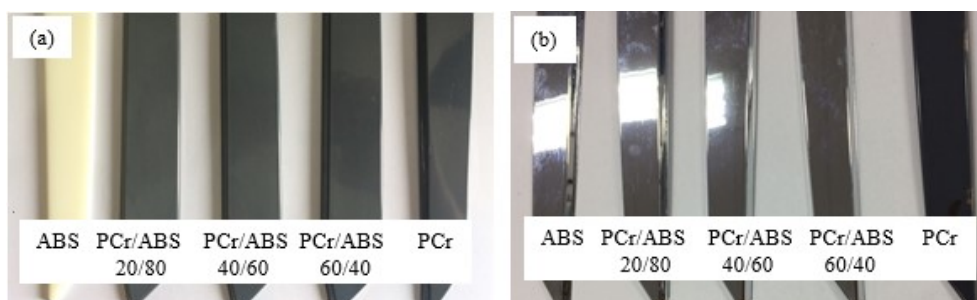
aglomerados, possivelmente decorrentes da presença de sujidades adquiridas durante o corte, no preparo das amostras para a análise ou ainda podem ser provenientes de uma má homogeneização do *pellets* durante a fusão na injeção.

Com o condicionamento por solução sulfocrômica, alterações na morfologia da superfície das amostras ABS\_C, PCr/ABS 20/80\_C, PCr/ABS 40/60\_C e PCr/ABS 60/40\_C podem ser verificadas pela presença de microvales e reentrâncias, decorrente da remoção dos componentes da estrutura do ABS, devido à cisão de ligações e formação de grupos oxidados, comprovada pela diminuição da intensidade dos picos de absorção referentes a esses componentes nos espectros de FTIR/ATR (TEIXEIRA e SANTINI, 2005). Verifica-se ainda, que quanto maior a quantidade de ABS na blenda, mais intensas as alterações na superfície das amostras condicionadas.

A amostra de PCr condicionada apresentou poucas alterações na morfologia da sua superfície, corroborando com os resultados de FTIR/ATR, pois não demonstraram cisão de ligações químicas e oxidação do material, ou seja, o policarbonato reciclado apresentou resistência química à solução sulfocrômica.

### Avaliação da qualidade da cromagem

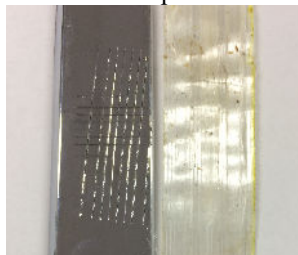
Na Figura 5 estão apresentadas fotos das amostras após (a) condicionamento químico e (b) cromagem.



**Figura 5: Amostras de ABS, blendas PCr/ABS 20/80, 40/60 e 60/40 e o PCr, (a) após condicionamento químico e (b) após cromagem.**

As amostras de ABS e blendas PCr/ABS cromadas foram aprovadas na inspeção visual, pois não apresentaram defeitos nas camadas metálicas depositadas, como camada incompleta, riscos, porosidade, entre outros, enquanto, a amostra de PCr apresentou falhas ou nenhuma deposição das camadas em sua superfície.

Os testes de adesão por choque térmico e corte cruzado foram realizados apenas nas amostras que foram aprovadas na inspeção visual, ou seja, que apresentaram deposição da camada metálica. Na Figura 6 está apresentada foto de uma amostra após o teste de adesão por corte cruzado.



**Figura 6: Amostra após teste de adesão por corte cruzado.**

Das amostras aprovadas na inspeção visual, apenas a amostra PCr/ABS 60/40\_C foi reprovada no ensaio de corte cruzado. Quanto maior a concentração de PCr nas blendas, mais difícil é a modificação da superfície pela solução sulfocrômica, em função da resistência química do policarbonato a esse pré-tratamento. A cisão das ligações químicas e a oxidação dos componentes do ABS, principalmente, do butadieno, são responsáveis pela conversão da superfície das peças de lisa para rugosa e de hidrofóbica para hidrofílica (CHAN, 1994; KUREK *et al.*, 2018).

A formação de microvales e reentrâncias, observada nas micrografias de MEV, promovem o ancoramento das camadas metálicas e, conseqüentemente, a adesão metal-polímero. A eficiência do condicionamento químico e da cromagem das blendas PCr/ABS pelo processo galvânico convencional, empregado neste estudo, está diretamente relacionada ao ABS, dessa forma, baixas concentrações desse polímero na composição das blendas dificultam o processo. A proporção de até PCr/ABS 40/60 é satisfatória, visto que o policarbonato proporciona resistência ao calor e à chama e elevada resistência ao impacto, enquanto o ABS contribui para uma cromagem de qualidade, além de estar utilizando um polímero reciclado, reduzindo o impacto pelo descarte de polímeros em aterros.

## CONCLUSÃO

O condicionamento por solução sulfocrômica, como método de pré-tratamento químico, ocasionou a cisão de ligações químicas e oxidação dos componentes do ABS e com isso a modificação da superfície das blendas PCr/ABS. As principais alterações foram nos grupos químicos e na morfologia da superfície, com formação de microvales e reentrâncias. As peças injetadas somente com PCr apresentaram certa resistência química à solução sulfocrômica. A estabilidade e as propriedades térmicas das amostras não foram afetadas pelo condicionamento químico. As peças em ABS e blendas com proporções de até 40/60 de PCr/ABS foram aprovadas nos ensaios de adesão da camada metálica, comprovando a viabilidade técnica da cromagem de peças em PCr/ABS. O uso do policarbonato reciclado contribui para a minimização dos impactos ambientais oriundos da extração de recursos naturais na fabricação da resina virgem, bem como da destinação do polímero em aterros, quando não reaproveitado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT NBR 10283-2008. Revestimentos eletrolíticos de metais e plásticos sanitários - Requisitos e métodos de ensaio, 2008.
2. ASTM B604-91 - *Standard specification for decorative electroplated coatings of copper plus nickel plus chromium on plastics*, 2008.
3. ASTM D 359 - *Standard test methods for measuring adhesion by tape test*, 2015.
4. CÂNDIDO, L. H. A. *Estudo do Ciclo de Reciclagem de Materiais em Blendas Acrilonitrila-Butadieno-Estireno/Policarbonato*. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
5. CHAN, C. M. *Polymer surface modification and characterization*. Munich: Hanser/Gardner Publications INC., 1994.
6. CHIU, H.-T.; HUANG, J.-K.; KUO, M.-T.; HUANG, J.-H. *Characterisation of PC/ABS blend during 20 reprocessing cycles and subsequent functionality recovery by virgin additives*. Journal of Polymer Research. v. 25, n. 124, p. 1-8. 2018.
7. FRANCHETTI, S. M. M., MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. Química Nova, v. 29, n. 4, p.811-816, 2006.
8. HUND, J., NAUMANN, J., SEELIG, T. *An experimental and constitutive modeling study on the large strain deformation and fracture behavior of PC/ABS blends*. Mechanics of Materials, v.124, p. 132–142, 2018.
9. KASPER, A. C.; BERSELLI, G. B. T.; FREITAS, B. D.; BERNARDES, A. M.; VEIT, H. M. *Estudo da reciclagem das blendas PC+ABS e PC+ABS+Epóxi provenientes de sucatas eletrônicas*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, nº 16, jun. 2010.
10. KUREK, A. P.; DOTTO, M. E. R.; ARAÚJO, P. H. H.; SELLIN, N. *Evaluation of the etching and chrome plating on the ABS, PVC and PVC/ABS blends surface*. Journal of Applied Polymer Science, n. 10, v. 134, p. 44571, 2017.
11. KUREK, A. P.; MOLL, R. G.; HERBST, G.; DOTTO, M. E. R.; SELLIN, N. *Reprocessing of chromed ABS parts with chemical pickling and new chromed plating*. Journal of Applied Polymer Science, n. 135, p. 46131, 2018.
12. LUO, L., LU, Z., HUANG, X., TAN, X., DING, X., CHENG, J., ZHU, L., WU Y., *Electroless copper plating on PC engineering plastic with a novel palladium-free surface activation process*, Surface and Coatings Technology, v. 251, 2014.



13. MA, Q.; ZHAO, W.; LI, X.; WANG, Z. *Study of an environment-friendly surface pretreatment of ABS-polycarbonate surface for adhesion improvement*. Key Laboratory of Applied Surface and Colloid Chemistry. International Journal of Adhesion & Adhesive, v. 44, p. 243-249, 2013.
14. MEDON, V. Estudo do efeito da incorporação de reciclado nas propriedades mecânicas, óticas e de superfície, de componentes usados em interiores de automóveis processados em PC e ABS/PC. Braga, 2013. Dissertação de Mestrado - Universidade de Minho, Braga-Portugal, 2012.
15. OLIVERA, S., MURALIDHARA, H. B., VENKATESH, K., GOPALAKRISHNA, K., E VIVEK, C. S. *Plating on acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) plastic: a review*. Journal of Materials Science, v.51, p. 3657–3674, 2016.
16. ROSÁRIO, F., PACHEKOSKI, W., SILVEIRA, A., SANTOS, S., JÚNIOR, H., CASARIN, S. Resíduos de sisal como reforço em compósitos de polipropileno virgem e reciclado. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.21, p. 90-97, 2011.
17. SALCHER, A.; HOWARTH, J. L. L.; MOLINARI, E. J.; FOGGIATTO, J. A. Utilização de copolímero acrilonitrila butadieno estireno (ABS) reciclado no processo de modelagem por fusão e deposição (FDM). 7º Congresso Brasileiro de engenharia de fabricação. Penedo, Itaitiaia, RJ, 2013.
18. SUZUKI, M.; WILKIE, C. A. *The thermal degradation of acrylonitrile butadiene styrene terpolymer as studied by TGA/FTIR*. Polymer Degradation and Stability, p. 217-221, 1994.
19. TEIXEIRA, L. A.; SANTINI, M. C. *Surface conditioning of ABS for metallization without the use of chromium baths*. Journal of Materials Processing Technology, v. 170, p. 37-41, 2005.
20. THANH TRUC, N. T., LEE, B.-K. *Selective separation of ABS/PC containing BFRs from ABSs mixture of WEEE by developing hydrophilicity with ZnO coating under microwave treatment*. Journal of Hazardous Materials, v.329, p. 84–91,2017.
21. VIDAL, R.; ALBEROLA-BORRÀS, J.-A.; GÓMEZ-CORDÓN, J.; MOLINER, E., ORTEGA, A., E VERDEJO, E. LCA. *Evaluate the Environmental Impact for Chemical Pre-treatment in Plastics Metallization*. Journal of Polymers and the Environment, v. 25, p. 961–972, 2016.
22. ZHAO, Y., LV, X., NI, H., *Solvent-based separation and recycling of waste plastics: A review*, Chemosphere, v. 209, p. 707-720, 2018.