

RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBITI/CNPq

DO ALUNO

Nome: Mayara Ribeiro Seara
Curso: Engenharia Ambiental e Sanitária

DO ORIENTADOR

Nome: Noeli Sellin

TÍTULO: Desenvolvimento e caracterização de blendas ABS/PC para uso em peças cromadas

Resumo:

A reciclagem de materiais é amplamente usada no reaproveitamento de resíduos resultantes do processamento industrial ou do fim de vida de produtos poliméricos. No entanto, durante o reprocessamento de um polímero pode ocorrer degradação térmica e oxidativa e perda de suas propriedades físicas e qualidades funcionais. Uma das formas de se aproveitar resíduos poliméricos e obter produtos com qualidade desejada é a partir da sua mistura com polímeros virgens. Em determinadas aplicações de peças cromadas, como automotiva e sanitárias, blendas poliméricas de policarbonato (PC) e acrilonitrila-butadieno-estireno (PC/ABS) podem proporcionar melhoria em uma série de propriedades, nas quais o PC fornece boas propriedades mecânicas e térmicas e o ABS melhor processabilidade e menor custo. Visando contribuir para o aumento do uso de materiais reciclados, neste estudo, foi realizada a injeção de amostras de ABS virgem, PCv, PCr e de blendas com diferentes proporções, 80/20, 60/40 e 40/60, de ABS/PCv e ABS/PCr e suas propriedades foram avaliadas por FTIR/ATR, índice de fluidez, TGA, DSC e ensaios de resistência à tração e comparadas. As amostras injetadas foram cromadas por processo convencional e avaliada a qualidade da deposição metálica. O PCr apresentou menor resistência térmica que o PCv e, conseqüentemente, quanto menor o percentual de PCr nas blendas menor foi a resistência térmica delas. O PCr exibiu temperatura de transição vítrea (T_g) de 110 °C e o PCv de 140 °C. Devido à menor T_g do PCr, as blendas de ABS/PCr exibiram T_g menores que as blendas de ABS/PCv. Dos espectros FTIR/ATR foram observadas absorções características dos componentes de cada polímero. O acréscimo de PCv e PCr nas misturas proporcionou aumento no índice de fluidez em relação ao ABS, sendo maiores para as blendas ABS/PCr. Houve aumento das propriedades mecânicas das blendas com o aumento do percentual de PCv e PCr. As amostras cromadas de ABS e das blendas com até 40% de PCv e PCr foram aprovadas na inspeção visual, enquanto as de PCv e de PCr puros foram reprovadas. O uso do PC reciclado em misturas com ABS mostrou ser viável para aplicação em peças cromadas.

1. Introdução

Com a crescente utilização de polímeros na indústria, o aumento na quantidade de resíduos desse material é uma preocupação ambiental. Polímeros são materiais de difícil degradação no meio ambiente e ocupam grandes áreas em aterros. Uma maneira de minimizar os impactos ambientais e econômicos oriundos do descarte desses resíduos é por meio da sua reciclagem. No entanto, materiais reciclados nem sempre apresentam as mesmas propriedades dos materiais virgens e uma maneira de melhorá-las é por meio da produção de blendas. Blendas de acrilonitrila-butadieno-estireno e policarbonato (ABS/PC)

vem sendo bastante aceitas no mercado, devido à alta processabilidade e resistência mecânica, e suas principais aplicações são nas indústrias automotivas e de eletroeletrônicos. Existem no mercado diversos produtores e fornecedores de resinas de PC reciclado (PCr), com custo bastante reduzido, em relação ao PC virgem (PCv), e com propriedades físicas e químicas bastante interessantes para diversas aplicações. O uso deste material reciclado para confecção de blendas ABS/PCr pode contribuir para redução de custo, do consumo de matérias-primas virgens e dos impactos ambientais relacionados à disposição do resíduo em aterros. Peças cromadas já são fabricadas a partir de blendas ABS/PC virgem, assim, o uso de PC reciclado para a produção dessas blendas contribuirão para ampliar as aplicações do material reciclado. Desta forma, neste estudo, foi realizada a injeção de amostras de ABS virgem, PCv, PCr e de blendas com diferentes proporções, 80/20, 60/40 e 40/60, de ABS/PCv e ABS/PCr, visando comparação de suas propriedades, as quais foram avaliadas por FTIR/ATR, índice de fluidez, TGA, DSC e ensaios de resistência à tração. As amostras injetadas foram cromadas por processo convencional (pré-tratamento químico e deposição eletrolítica) e avaliada a qualidade da deposição metálica.

2. Revisão da literatura

Os polímeros têm sido amplamente utilizados na substituição de materiais como o aço, alumínio e vidro, devido ao seu custo-benefício (HEMAIS, 2003; YIN e WANG, 2008; MILANI *et al*, 2017). Os materiais poliméricos podem ser aplicados nas mais diversas áreas, como, por exemplo, produtos eletroeletrônicos, peças automotivas, eletrodomésticos, peças sanitárias, brinquedos e outros (WANG *et al*, 2016; COSTA *et al*, 2017). Buscando melhorar as propriedades físicas e químicas e de processamento desses materiais, têm-se desenvolvido blendas poliméricas. As blendas poliméricas constituem nas misturas física ou mecânica de dois ou mais polímeros sem que ocorra reação química entre eles (WIEBECK e HARADA, 2005). Uma blenda muito utilizada na indústria é a de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e policarbonato (PC). O ABS é um polímero formado pela mistura de três monômeros, acrilonitrila, butadieno e estireno, e suas propriedades variam de acordo com o percentual de monômeros utilizados na síntese (KLEIN, 2009). Quanto maior a concentração de acrilonitrila, maior a resistência térmica e química do material. Enquanto, o brilho, a moldabilidade e a tenacidade são influenciados pela quantidade de estireno e a resistência ao impacto e alongamento pela quantidade de butadieno (RANZAN, 2018). O PC, termoplástico de origem amorfa e de alta rigidez, tem sido amplamente utilizado, devido às suas excelentes propriedades como transparência, estabilidade dimensional, resistência a chamas, alta

resistência a deformação por calor e ao impacto (BERGAMINI, 2015). No entanto, o policarbonato possui baixa resistência a solventes, processabilidade ruim e sensibilidade ao entalhe (CHIU et al, 2018; MEDON, 2013). Vários estudos demonstram a reciclabilidade do policarbonato (CANDIDO, 2011; ELMAHOR *et al*, 2004) e a aplicação de PC reciclado vem sendo utilizada por várias indústrias, principalmente, as automotivas. A incorporação de PC reciclado na fabricação de blendas ABS/PC seria uma opção para ampliar o aproveitamento deste material. Neste contexto, a reciclagem desses materiais é uma forma de contornar os problemas gerados por estes rejeitos, uma vez que permite conciliar interesses econômicos, pois o preço do policarbonato reciclado é de 30 a 50% mais baixo do que o da resina virgem, e reduz os danos ao meio ambiente (DCI, 2018). Os polímeros são considerados vilões ambientais, devido ao elevado tempo de decomposição e ao grande volume que ocupam nos aterros, prejudicando a vida útil dos mesmos (CRUZ, 2008). A reciclagem destes têm como principais vantagens a economia de energia, preservação de fontes esgotáveis de matéria-prima, redução de custos com disposição final do resíduo, economia com a recuperação de áreas impactadas pelo mau acondicionamento dos resíduos, aumento da vida útil dos aterros sanitários, a redução de gastos com a limpeza e a saúde pública e a geração de emprego e renda (SPINACÉ e PAOLI, 2005). A reciclagem de materiais poliméricos pode ser dividida em quatro tipos: reciclagem primária, secundária, terciária e quaternária. As reciclagens primárias e secundárias também são conhecidas como reciclagem mecânica e são as mais utilizadas na indústria por apresentarem menor custo. A primeira consiste na recuperação de aparas, rebarbas ou peças defeituosas produzidas no processo de transformação. A segunda consiste na recuperação de materiais proveniente de resíduos pós-consumo, por processos como lavagem, moagem e secagem para, então, serem novamente extrudados e peletizados para geração dos novos produtos. A reciclagem terciária é uma reciclagem química, ocorre através da quebra das cadeias poliméricas, produzindo monômeros que poderão ser novamente polimerizados. Por fim, a reciclagem quaternária, conhecida com reciclagem energética, se baseia na recuperação de energia a partir da incineração de resíduos plásticos (CRUZ, 2011).

3. Metodologia

As etapas realizadas no presente estudo estão apresentadas na Figura 1.

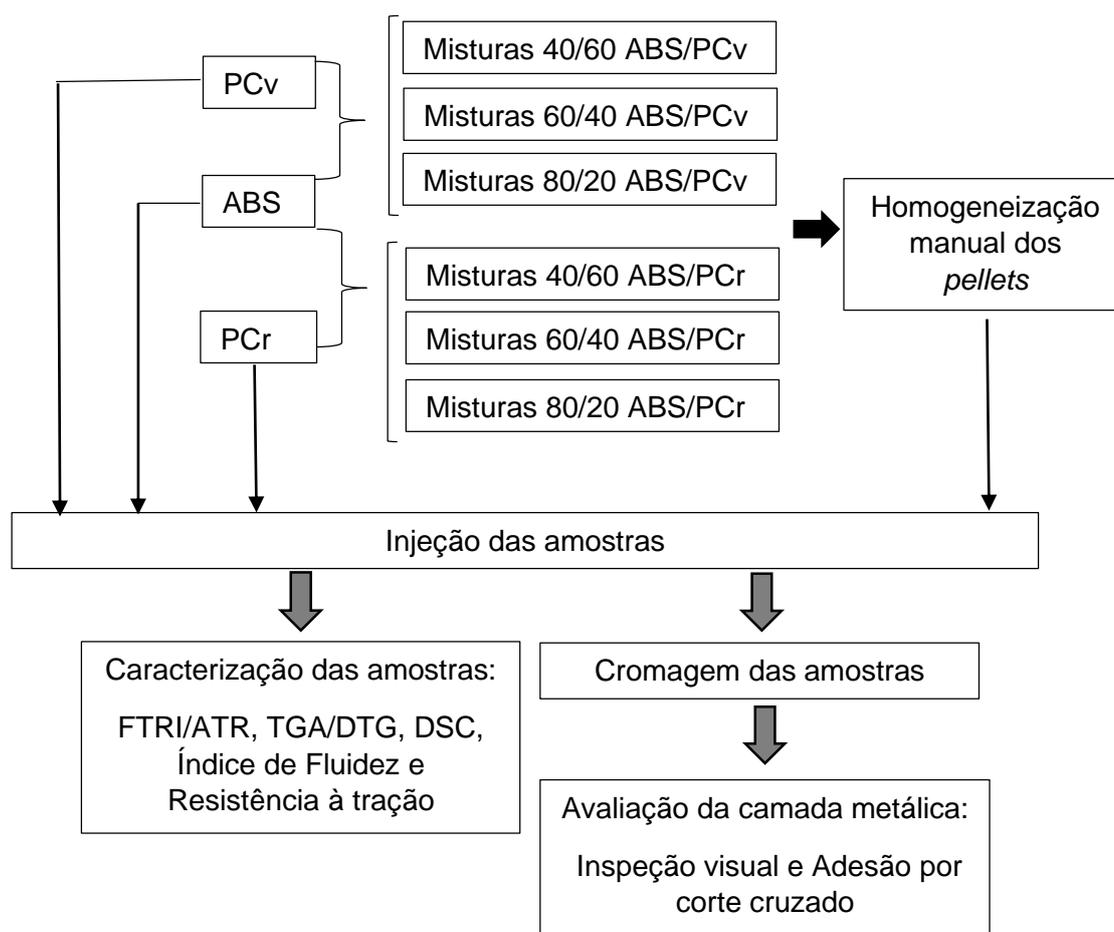


Figura 1: Fluxograma das etapas realizadas no presente estudo.

3.1 Injeção das amostras

As amostras foram confeccionadas utilizando ABS (marca Terluran GP 35) e misturas deste com policarbonato virgem (PCv) (Infino LT-1100P01, Apta) e, também, com policarbonato reciclado (PCr) (Lexan 121R, Eurotec), nas proporções de 40, 60 e 80% de ABS, além do PCv e PCr puros. Previamente, os pellets de ABS, PCv e PCr foram submetidos ao processo de desumidificação, em um desumidificador (Ineal A1-5/1L), a 80 °C por 4 h. Os pellets foram então homogeneizados de forma manual e alimentados na máquina injetora (modelo ROMI Prática – 80 t), sem a inclusão de qualquer aditivo. Os parâmetros do processo de injeção estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros utilizados no processo de injeção das amostras de ABS/PCv e ABS/PCr e dos materiais puros.

Amostras	Pressão de injeção (bar)	Tempo(s)		Temperatura por zona(°C)				Velocidade de injeção por zona (cm ³ /s)			
		Injeção	Resfriamento	Bico	Zona 1	Zona 2	Zona 3	1	2	3	4
PCv	60	10	20	295	298	285	190	55	55	55	55
PCr	60	10	20	295	298	285	190	55	55	55	55
80 ABS/20 PCv	60	20	25	290	290	280	190	55	55	55	55
80 ABS/20 PCr	50	10	25	265	265	260	190	50	50	50	50
60 ABS/40 PCv	60	15	25	290	290	280	190	55	55	55	60
60 ABS/40 PCr	50	10	25	265	265	260	190	50	50	50	50
40 ABS/60 PCv	60	15	25	295	298	285	190	55	55	55	55
40 ABS/60 PCr	50	10	25	265	265	260	190	50	50	50	50
ABS	30	20	35	280	280	270	190	25	25	25	25

3.2 Caracterização das propriedades térmicas, químicas e mecânicas das amostras injetadas

- *Espectroscopia na Região do Infravermelho com transformada de Fourier- Reflexão Total Atenuada (FTIR/ATR)*: Para esta análise, foram obtidos espectros FTIR/ATR por um espectrofotômetro equipado com acessório ATR, com cristal de diamante, marca Bruker, modelo Tensor 27. A faixa de análise foi de 4000 a 600 cm⁻¹, ângulo de incidência de 45°, resolução de 4 cm⁻¹ e um total de 32 varreduras por amostra. A análise foi realizada no Laboratório de Materiais da UNIVILLE.

- *Análise Termogravimétrica (TGA)*: As amostras foram analisadas no equipamento da marca TA Instruments, modelo Q50, e submetidas a um gradiente de temperatura de 25 a 800 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera inerte de N₂ com fluxo de 40 mL/min. Essa análise foi realizada no Laboratório de Materiais da UNIVILLE.

- *Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)*: 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 (nitrogênio líquido). A taxa de aquecimento foi de 10 °C/min em atmosfera inerte de N₂ a 50 mL/min. Foi utilizado um gradiente de temperatura de 25 a 125 °C, com isoterma de 1 min, seguido de resfriamento a -50 °C com isoterma de 1 min e reaquecimento a 125 °C. Essa análise foi realizada no Laboratório de Materiais da UNIVILLE.

- *Índice de Fluidez*: O ensaio de índice de fluidez foi empregado para avaliar o fluxo máximo do material fundido, ou seja, a velocidade de escoamento, por meio de uma pequena matriz. A unidade usual do índice de fluidez é g/10 min, que apresenta a quantidade massa extrudada

em 10 min. O ensaio de índice de fluidez foi realizado no SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Norte (Joinville/SC), segundo a norma ASTM D1238 (2000), sob temperatura de 220 °C, em triplicata, utilizando um viscosímetro marca Instron, modelo MF 10.000.

- *Ensaio de Resistência à Tração*: Os ensaios de tração foram realizados no CAMEGI (Centro de Aplicações Mecânicas e Gestão Industrial) da UNIVILLE utilizando a máquina Universal de Ensaio Mecânicos (EMIC, modelo DL-10.000), segundo a norma ASTM D 638 (2014), com célula de carga de 500 Kgf e velocidade de deslocamento de 25 mm/min. Os resultados foram obtidos a partir dos valores médios e estimativa de desvio-padrão de cinco corpos de prova para cada amostra.

3.2 Avaliação da qualidade da camada metálica das peças injetadas e cromadas

Para verificar se as blendas com policarbonato reciclado também eram passíveis de serem cromadas, após a injeção as peças de ABS, PCv, PCr e as blendas ABS/PCv e ABS/PCr foram submetidas à 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). O processo de cromagem empregado pela empresa é dividido em duas etapas principais, o pré-tratamento químico (banhos de neutralizador, paládio, pós-ativador e níquel químico) e a deposição eletrolítica (cobre ácido, níquel semi-brilhante e brilhante e cromo decorativo).

Após a cromagem a qualidade da camada metálica depositada foi avaliada por inspeção visual, seguindo procedimentos da norma ASTM B604-91 (2008), para avaliar a presença de defeitos, como deposição incompleta, manchas, porosidade, riscos, entre outros. A adesão foi avaliada por corte cruzado num equipamento da marca Elcometer, seguindo procedimentos da norma ASTM D 3359 (2015).

Essa etapa do estudo não foi prevista inicialmente nas atividades do projeto, porém em função da solicitação do revisor e do tempo hábil, foi desenvolvida e complementada neste relatório.

4. Resultados e discussão

4.1 Avaliação das propriedades físicas e químicas das amostras injetadas

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de FTIR/ATR do ABS, PCv, PCr e das blendas.

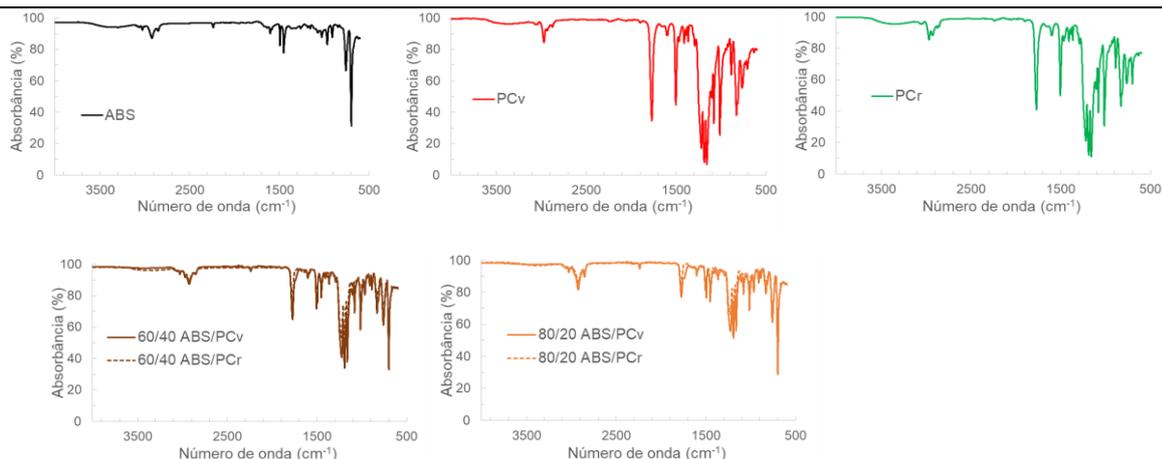
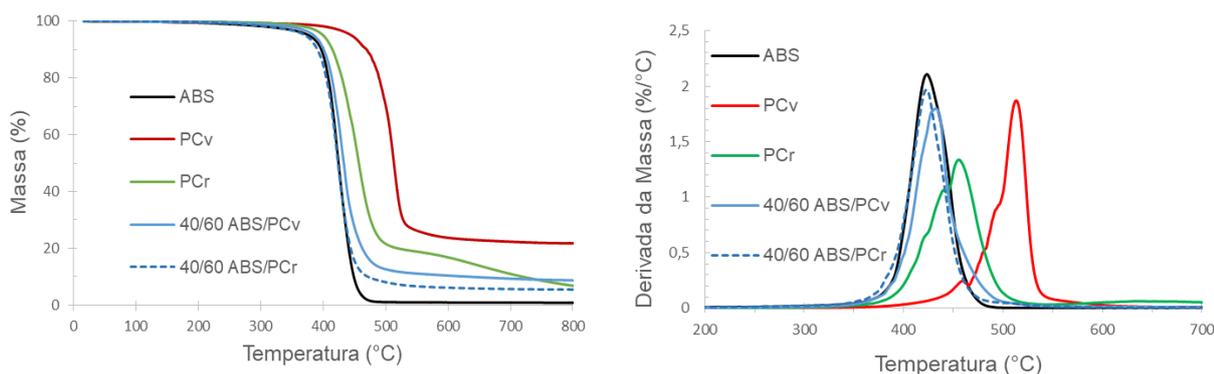


Figura 2: Espectros FTIR/ATR do ABS, PCv, PCr e das blendas.

Tanto o PCr quanto o PCv apresentaram absorções características dos componentes do policarbonato. Segundo Candido (2011), as bandas em 1220 cm^{-1} , 1190 cm^{-1} e 1159 cm^{-1} possibilitam diferenciar o PC de outros poliésteres, enquanto as bandas em 775 e 706 cm^{-1} são características de grupos fenila que, juntamente com os grupos metila, contribuem para a rigidez molecular do PC. No ABS, as bandas em 698 cm^{-1} , 965 cm^{-1} e 2237 cm^{-1} correspondem a cada um de seus monômeros, sendo, o estireno, butadieno e acrilonitrila, respectivamente. Não foram observados desaparecimento e formação de novos grupos funcionais no espectro do PCr quando comparado ao PCv, indicando que se houve degradação térmica e oxidativa durante a obtenção do policarbonato reciclado, esta não foi detectada na análise FTIR/ATR. Pelos espectros FTIR/ATR das blendas é possível observar que as blendas de ABS/PCr apresentaram bandas semelhantes às blendas ABS/PCv e que as bandas presentes se assemelham mais às do PC do que as do ABS. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Aid *et al.* (2017) em seu trabalho utilizando a extrusão para a homogeneização das blendas.

Na Figura 3 estão apresentadas as curvas termogravimétricas (TG) e a primeira derivada das curvas de TG (DTG) obtidas por TGA das amostras de ABS, PCv, PCr e das misturas destes.



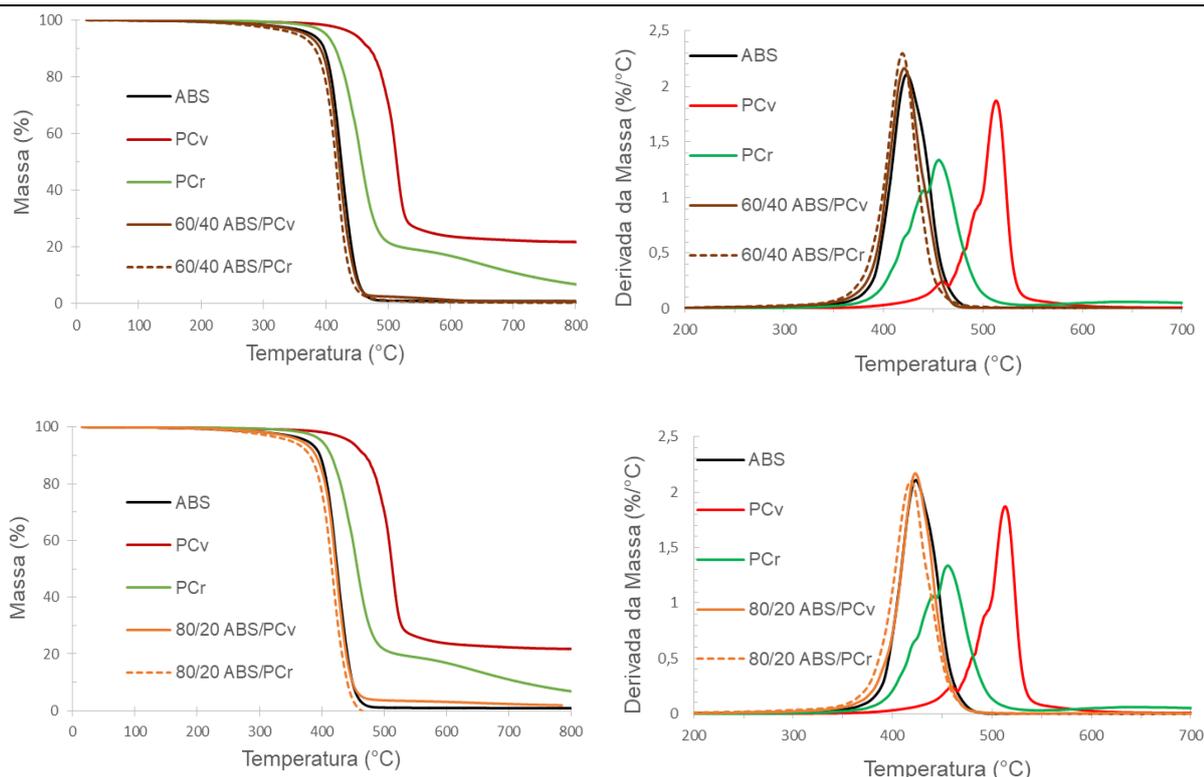


Figura 3: Curvas de TG e DTG obtidas das amostras de ABS, PCv, PCr e das blendas.

Observa-se na Figura 3, que a decomposição térmica da amostra de ABS ocorreu em um único estágio de degradação, com início de perda de massa em 292 °C, término em 480 °C e pico máximo em 420 °C, percentual mássico de resíduos de 0,25% e umidade de 0,96%. Nos gráficos de DTG, é possível observar que o PCv apresentou dois estágios de decomposição, o primeiro pico, com menor intensidade, em 460 °C e o segundo, mais intenso, em 513 °C e exibiu 21% de resíduo. O início da decomposição térmica do PCv foi em 380 °C e o término em 600 °C. O PCr apresentou menor resistência térmica, como já esperado por ser um material reciclado (PEDREÑO-ROJAS *et al*, 2019), com dois estágios de decomposição. A decomposição térmica do PCr iniciou em 360 °C e terminou em 530 °C. O primeiro pico de decomposição do PCr, menos intenso, foi em 420 °C e o segundo, mais intenso, em 456 °C, com resíduo de 2,35% e umidade de 1,15%.

As blendas ABS/PCv e ABS/PCr apresentaram um único pico máximo de decomposição térmica, similar ao do ABS puro. Não houve diferença significativa nas temperaturas de decomposição quando foi utilizado o PC reciclado em relação ao PC virgem nas blendas com concentrações menores de policarbonato, de 40% e 20%. Resultado este também observado por Chiu *et al* (2018) em estudo de reprocessamento de blendas ABS/PC. No entanto, blendas com maior concentração (60%) de PCv e PCr apresentaram término de decomposição em

temperaturas maiores, em função da maior resistência térmica do policarbonato. Os valores referentes às blendas ABS/PCv foram similares aos apresentados em estudo de Rosa (2018).

Na Figura 4 estão apresentadas as curvas de DSC para as amostras de ABS, PCv, PCr e das blendas.

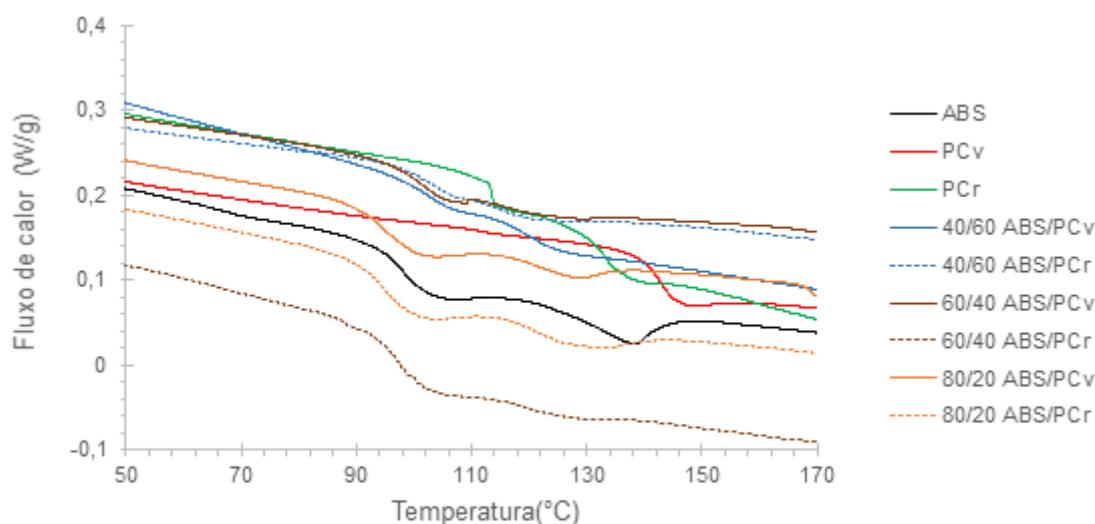


Figura 4: Curvas de DSC das amostras de ABS, PCv, PCr e das blendas.

Das curvas de DSC foram obtidas as temperaturas de transição vítrea (T_g) do ABS (fase SAN), PCv e PCr, que foram de 98, 140 e 110 °C, respectivamente. O PCr apresentou menor T_g do que o PCv em consequência dos policarbonatos (PCv e PCr) serem de origem diferente e das possíveis reações de quebra de cadeias resultantes de processos de degradação térmica e de cisalhamento que podem ocorrer durante o reprocessamento do material (MEDON, 2013), embora os espectros FTIR/ATR do PCr e PCv tenham sido semelhantes. Devido à sua maior resistência térmica, o PCv apresentou T_g maior que o ABS e as blendas (BERGAMINI, 2015). As blendas de ABS/PCr exibiram T_g 's menores do que as blendas de ABS/PCv, principalmente, a blenda com concentração maior de PCr, resultado esperado, devido ao material reciclado ter menor resistência térmica quando comparado ao PCv, como demonstrado no ensaio de TGA. Os resultados de T_g para o ABS e o PCv são condizentes com os apresentados por Sanchez *et al.* (2003) e Canevarolo (2006) em seus respectivos estudos. Yin *et al.* (2008) relatam que o valor da T_g em blendas de ABS/PC tendem a diminuir conforme o percentual de ABS na blenda aumenta, chegando a possuir valores próximos ao do ABS puro, como pode ser observado nas blendas 80/20 e 60/40 ABS/PCr obtidas no presente estudo, cujas T_g 's foram 98 e 101 °C, respectivamente. Conforme descrito por Bergamini (2015), alguns estudos afirmam que o PC é parcialmente miscível com o ABS, e esse fato pode ser observado pelo aumento da T_g na blenda, porém outros pesquisadores descrevem que o ABS e o PC são imiscíveis e que o

aumento na T_g se deve à migração de partículas de baixa massa molar da fase SAN do ABS para o PC durante o processo de mistura.

Na Figura 5 estão apresentados os resultados de índice de fluidez das amostras de ABS, PCr, PCv e das blendas.

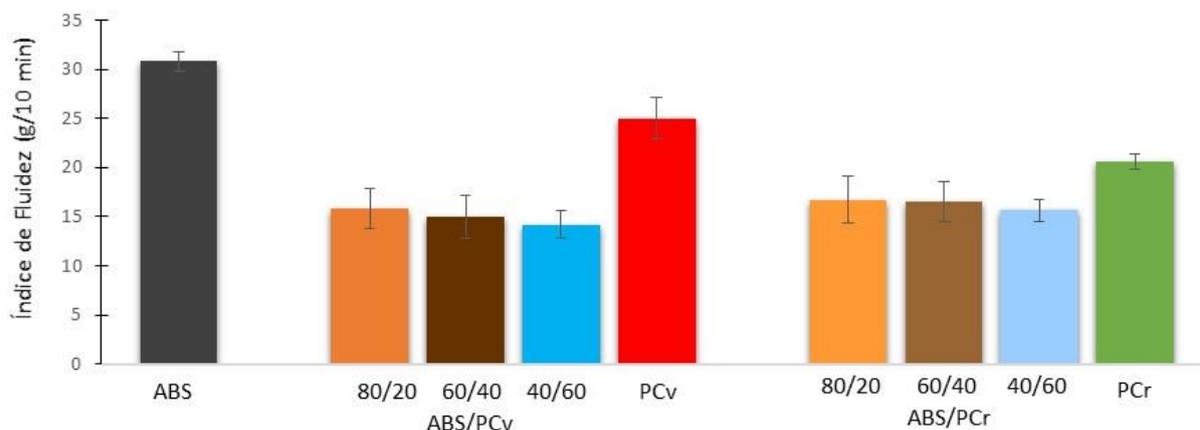


Figura 5: Índice de fluidez do ABS, PCv, PCr e das blendas.

O ABS apresentou índice de fluidez de 30,8 g/10 min, o PCv de 25,0 g/10 min e o PCr de 20,6 g/10 min. O PCr apresentou menor índice de fluidez que o PCv, em função de ser um material reciclado, o que pode ser indicativo de processo de degradação, conforme descrito anteriormente. Estes dois polímeros apresentaram valores menores que o ABS, conforme esperado. O aumento da concentração de PC, tanto virgem como reciclado, não ocasionou variação significativa no índice de fluidez das blendas. Este comportamento também foi observado por Bergamini (2015). Embora o PCr tenha apresentado índice de fluidez maior que o PCv, as blendas ABS/PCr apresentaram valores similares aos das blendas ABS/PCv. Canevarolo (2006) explica que a interpretação dos resultados do índice de fluidez de polímeros deve ser realizada de forma cautelosa pois, especialmente aqueles que possuem baixo índice de fluidez, como o PC, são muito sensíveis aos detalhes do ensaio, sendo assim os resultados do índice de fluidez nem sempre são úteis na previsão das condições de processabilidade.

Na Figura 6 estão apresentados os gráficos de alongamento na ruptura, tensão máxima e tensão de escoamento das amostras de ABS, PCv, PCr e das blendas obtidos a partir do ensaio de resistência à tração.

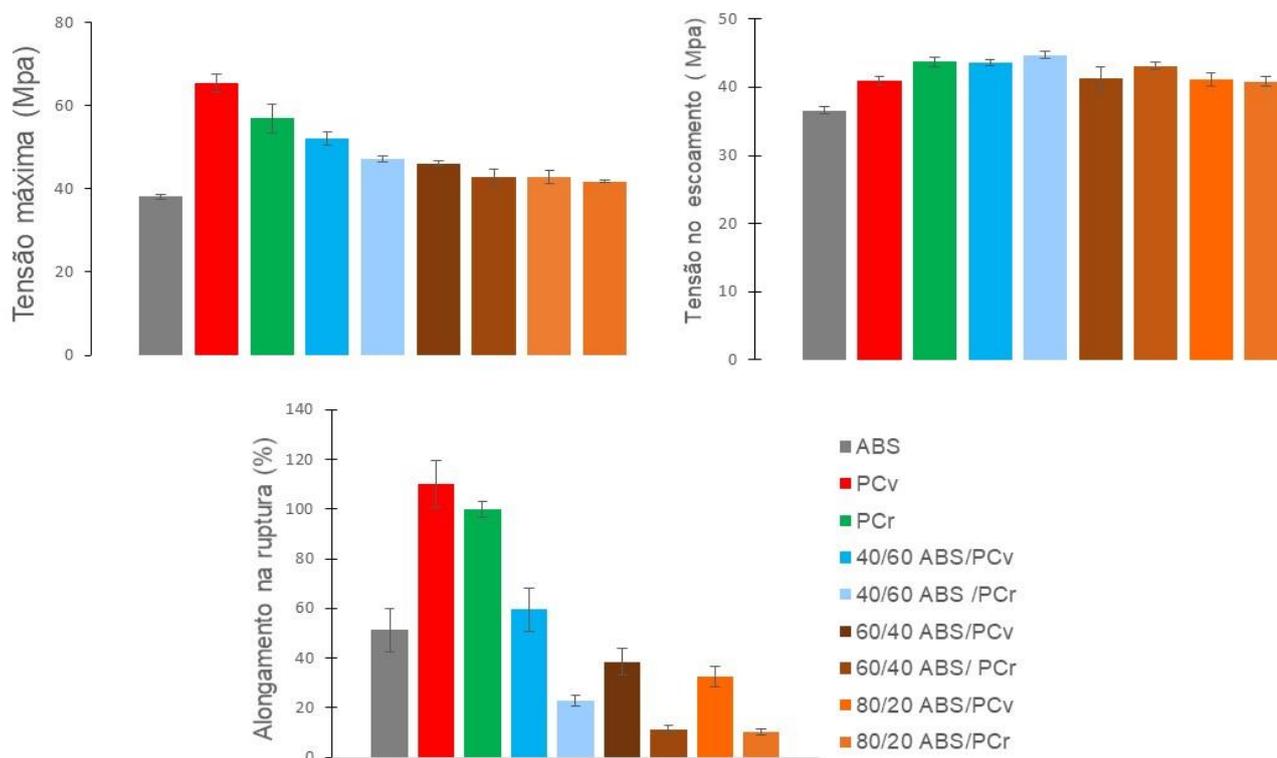


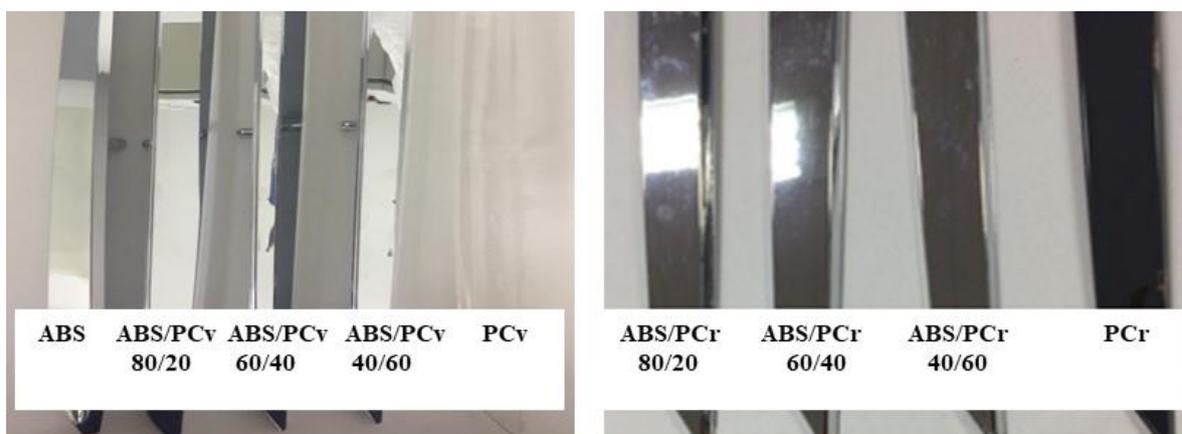
Figura 6: Resistência à tração: tensão máxima, tensão de escoamento e alongamento na ruptura das amostras de ABS, PCv e PCr e das blendas ABS/PCv e ABS/PCr.

Observa-se da Figura 6, que o ABS apresenta menores valores das propriedades mecânicas de tração avaliadas. Em função disto, conforme o percentual de PCv e PCr na mistura diminui, ocorre ligeira diminuição das propriedades mecânicas tensão máxima e de escoamento das blendas, porém, mais acentuada no alongamento na ruptura. Krache e Debbah (2011) apontam que estes resultados seguem a lei da aditividade e que as menores propriedades mecânicas das blendas com menor percentual de PC podem ser atribuídas à influência da fase elastomérica do ABS na mistura. As blendas com PCv e PCr apresentaram comportamento semelhante em relação às propriedades tensão máxima e tensão no escoamento, conforme observado por Medon (2013). Enquanto, no alongamento na ruptura, as blendas com PCr apresentaram menores valores que as blendas com PCv, o que pode ter ocorrido em função do encurtamento das cadeias de policarbonato, devido ao reprocessamento e granulação do material durante sua reciclagem. Este fenômeno conduz a perda de ductilidade do material, e assim a uma menor deformação (MEDON, 2013). Com relação ao PC virgem, verificou-se que a tensão máxima de tração obtida foi próxima aos valores citados por Brydson (2000) (de 65 MPa) e Boudreau *et al.* (1993) (de 60,1 MPa). O PCr apresentou a tensão máxima de tração um pouco

maior que os valores apresentados por Boudreau et al. (1993) (de 45,5 MPa), Jones (1994) (de 46,3 MPa) e Bergamini (2015) (de 47 MPa), o que pode ter ocorrido em função dos polímeros serem de diferente origem.

4.2 Avaliação da qualidade da camada metálica depositada

Na Figura 7 estão apresentadas fotos dos polímeros puros (ABS, PCv e PCr) e das blendas ABS/PCV e ABS/PCr cromadas.



As amostras de ABS e das blendas ABS/PCv e ABS/PCr nas proporções 80/20 e 60/40 foram aprovadas nos ensaios de inspeção visual e adesão por corte cruzado, pois não apresentaram defeitos nas camadas metálicas depositadas, como camada incompleta, riscos, porosidade, entre outros. No entanto, as amostras de PCv, PCr e das blendas 40/60 ABS/PCv e ABS/PCr foram reprovadas, pois apresentaram falhas ou nenhuma deposição das camadas metálicas em sua superfície, pois ao contrário do ABS, o policarbonato é resistente quimicamente à solução sulfocrômica, usada na etapa de condicionamento químico, a qual é responsável por tornar a superfície rugosa e proporcionar o ancoramento do níquel químico e também das camadas metálicas na etapa eletrolítica (KUREK et al, 2019).

5. Metas propostas x Metas realizadas

Meta proposta	Meta realizada	% Atingido
Revisão bibliográfica	Sim	100 %
Aquisição das resinas PCv, PCr e ABS	Sim	100 %
Injeção das blendas ABS/PCv e ABS/PCr nas diferentes proporções	Sim	100 %
Caracterização das blendas por análises químicas e físicas	Sim	100 %
Cromagem e avaliação da qualidade da camada metálica	Sim	100 %

Elaboração de artigos para apresentações em eventos e publicação em periódicos da área	Sim	100 %
--	-----	-------

6. Conclusões ou considerações finais

O desenvolvimento e a análise das propriedades físicas e químicas de blendas ABS/PCv e ABS/PCr para uso em peças cromadas foram realizados. Dos espectros FTIR/ATR foram observadas absorções características dos componentes de cada polímero. Blendas com maior concentração (60%) de PCv e PCr apresentaram término de decomposição em temperaturas maiores, em função da maior resistência térmica do policarbonato, enquanto as demais blendas apresentaram comportamento semelhante ao do ABS. Blendas com PC reciclado, com teores de até 40% de policarbonato, apresentaram T_g 's muito próximas às das blendas com PCv. Blendas com PCr exibiram valores similares aos das blendas com PCv, independente da concentração de PC. Houve aumento das propriedades mecânicas das blendas com o aumento do percentual de PCv e PCr. As propriedades mecânicas de tensão máxima e tensão no escoamento das blendas com PCv e PCr foram semelhantes para todas as proporções, enquanto, o alongamento na ruptura das blendas com PCr foi menor que das blendas com PCv. As peças injetadas somente com PCv e PCr e blendas com maiores proporções (de 40/60) de ABS/PCv e ABS/PCr foram reprovadas nos testes de qualidade da deposição das camadas metálicas, devido à resistência química do policarbonato à solução sulfocrômica. Porém, blendas com até 60/40 ABS/PCv e ABS/PCr foram aprovadas, mostrando a viabilidade do uso de blendas de ABS com policarbonato reciclado para produção de peças cromadas. No entanto, deve-se verificar a aplicação em que estas serão destinadas em função do alongamento na ruptura.

7. Referencias Bibliográficas

- AID, S.; EDDHAHAK, A.; ORTEGA, Z.; FROELICH, D.; TCHARKHTCHI, A. Experimental study of the miscibility of ABS/PC polymer blends and investigation of the processing effect. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 134, n. 25, 2017.
- BERGAMINI, P. A. Reciclagem do policarbonato por meio de blendas ABS/PC. 2015. 89 f. Dissertação-Mestrado em Engenharia de Materiais. São Paulo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2015.
- BOUDREAU, K; MALLOY, R; TAYEBI, A. A method for the recovery of polycarbonate from compact audio discs, In: SPE Annual Technical Conference (ANTEC): Conference Proceedings, pp.869-874, New Orleans, USA, May, 1993.
- BRYDSON, J.A. *Plastics Materials*, 7 ed. Oxford, Butterworth Heinemann, 2000.
- CANDIDO, L.H.A. Estudo do Ciclo de Reciclagem de Materiais em Blendas Acrilonitrila-butadieno-estireno/policarbonato. 2011. 89 f. Tese – Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- CANEVAROLO, S. V. *Ciência dos polímeros*. 2ª ed. São Paulo: Artliber Editora, 2006.
- CHIU, H.; HUANG, J.; KUO, M.; HUANG, J. Characterization of PC/ABS blend during 20 reprocessing cycles and subsequent functionality recovery by virgin additives. *Journal of Polymer Research*. v. 25, n. 124, 2018.
- COSTA V. C.; AQUINO F. W. B.; PARANHOS C. M.; PEREIRA-FILHO E. R. Use of laser-induced breakdown spectroscopy for the determination of polycarbonate (PC) and acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) concentrations in PC/ABS plastics from e-waste. *Waste Management*. v. 70, p. 212-221, 2017.
- CRUZ, S. A.; FARAH, M.; ZANIN, M.; BRETAS, R. E. S. Avaliação das propriedades

- reológicas das blendas de PEAD virgem/PEAD reciclado. - *Polímeros*, 18, p. 144 (2008).
- CRUZ, S. A. Polímeros reciclados para contato com alimentos. *Polímeros*, v.21 n.4, p.340-345,2011.
- DCI - Diário Indústria, Comércio e Serviços. Plásticos.Aumenta demanda por plástico reciclado. P.A-10, 31/03/2003. Disponível em :< <https://www.dci.com.br/servicos/aumenta-demanda-por-plastico-reciclado-1.5884>> Acesso em 12/04/2019
- ELMAHOR, F; ZHANG, L; FAN, R; LI, H. *Polymer*, v. 45, p.6719-6724, 2004.
- HEMAIS C. A. Polímeros e a indústria automobilística. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. v. 13, n. 2, p. 107-114, 2003.
- JONES, J. Polymer blends based on compact disc scrap. In: SPE Annual Technical Conference (ANTEC): Conference Proceedings, p. 2865-2867, San Francisco, USA, 1-5 May, 1994.
- KLEIN, F. Estudo da degradação termomecânica e fotooxidativa de poli(acrilonitrila-butadieno-estireno) para fins de reciclagem primária. 2009. 56 f. Dissertação – Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais. Florianópolis, UFSC, 2009.
- KRACHE, R.; DEBBAH, I. Some mechanical and thermal properties of PC/ABS blends. *materials sciences and applications*. n.2, p. 404-410, 2011.
- 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.
- KUREK, A. P.; SALDANHA, N. B.; SEARA, M. R.; SELLIN, N. Avaliação do condicionamento químico e cromagem de peças de PC reciclado e blendas PCreciclado/ABS. 30º. Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente e 30ª. Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 17 a 19 de setembro, 2019, São Paulo, SP.
- 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. Dissertação. Mestrado em Engenharia de Polímeros. Universidade do Minho, 2013.
- MILANI P.; FRANCA D.; BALIEIRO A. G.; FAEZ R. Polymers and its applications in agriculture. *Polímeros [online]*. v. 27, n.3, p. 256-266, 2017.
- PEDREÑO-ROJAS, M. A., MORALES-CONDE, M. J., PÉREZ-GÁLVEZ, F., & RUBIO-DE-HITA, P. (2019). Influence of polycarbonate waste on gypsum composites: Mechanical and environmental study. *Journal of Cleaner Production*, 218, 21–37.
doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.200
- ROSA, D. R. Obtenção e caracterização de blendas de ABS/PC a partir da homogeneização manual e injeção dos pallets.2018. 24f. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Engenharia Química. Joinville, Universidade da Região de Joinville, 2018
- RANZAN, T. Reciclagem por injeção e nova cromagem em peças de ABS cromadas refugadas.2018. 88 f. Dissertação - Mestrado em Engenharia de Processos – Universidade da Região de Joinville,2018.
- SANCHEZ, E. M. S.; FELISBETI, M. I.; COSTA, C. A. R.; GALEMBECK, F. Avaliação da degradação térmica e fotooxidativa do ABS para fins de reciclagem. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. v. 13, n. 3, p. 166-172, 2003.
- SILVA, F. F. Blendas de PVC/PS: análise da miscibilidade e investigação do efeito radioprotetor do PS na mistura polimérica. 2008. 97 f. Dissertação – Mestrado em Energia Nuclear. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.
- SPINACÉ, M. A. S; PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Química Nova*, V. 28, N. 1, p. 65-72, 2005
- WANG, H; ZHANG, Y; HUANG, Z; GAO, H; ZHANG, Y; GAO, X; ZHOU, H. Experimental and modeling study of the compressive behavior of PC/ABS at low moderate and high strain rates.

Polymer testing v.56, p. 115-123, 2016.

WIEBECK, H.; HARADA, J. Plásticos de Engenharia - Tecnologia e Aplicações. São Paulo, Editora Artiber, 1ª. Ed., 2005.

YANG, S.; CASTILLEJA, J. R.; BARRERA, E. V.; LOZANO, K. Thermal analysis of an acrylonitrile-butadiene-styrene/SWNT composite. Polymer Degradation and Stability, v. 83, n. 3, p. 383–388, 2004.

YIN Z.N.; WANG T. J. Deformation of PC/ABS alloys at elevated temperatures and high strain rates. Materials Science and Engineering: A. v. 494, p. 304-313, 2008

8. Matéria encaminhada para publicação

Resumo: Seara, M. R.; Kurek, A. P.; Sellin, N. Desenvolvimento e caracterização de blendas ABS/PC para uso em peças cromadas. 6ª Semana UNIVILLE de Ciência, Sociedade e Tecnologia – SUCST, 23 a 26 de outubro, 2019, Joinville, SC.

Trabalho completo: Kurek, A. P.; Saldanha, N. B.; Seara, M. R.; Sellin, N. Avaliação do condicionamento químico e cromagem de peças de PC reciclado e blendas PCreciclado/ABS. 30º. Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente e 30ª. Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 17 a 19 de setembro, 2019, São Paulo, SP.

9. Perspectivas de continuidade ou desdobramento do trabalho

As atividades previstas na proposta foram concluídas e novos estudos baseados no uso de soluções condicionantes isentas de cromo hexavalente serão avaliadas para condicionamento das blendas ABS/PC e ABS/PCr visando cromagem.

10. Outras atividades de interesse universitário

Participação nos eventos: Encontro Sul Brasileiro de Engenharia Ambiental, de 24 e 26 de outubro de 2018, Foz do Iguaçu/PR e Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, de 1 e 4 de setembro de 2018, Aracaju/SE.

Voluntária no Laboratório de Meio Ambiente da Univille.

11. Apoio

CNPq, Capes e UNIVILLE e Empresas Sigmacrom Indústria e Comércio de Artefatos Plásticos Eireli (Araquari/SC) e TAF indústria de Plásticos (Joinville/SC)

12. Agradecimentos

Empresa Sigmacrom Indústria e Comércio de Artefatos Plásticos Eireli.
