



## **Caracterização dos polímeros presentes em telas de LCD de matriz ativa provenientes de aparelhos celulares**

Guilherme B. T. Berselli <sup>1</sup>, Angela C. Kasper <sup>1</sup>, Hugo M. Veit <sup>1</sup>

<sup>1</sup>DEMAT/ EE/ UFRGS (guilherme.berselli@ufrgs.br)

### **Resumo**

As telas de LCD (*Liquid Cristal Display*) são painéis finos usados para exibir informações por via eletrônica, elas estão presentes em diversos dispositivos eletrônicos como telefones celulares, máquinas fotográficas, calculadoras, televisores, aparelhos de gps, dentre outros. A cada ano são produzidos e descartados milhares de aparelhos de telefones celulares que possuem cada um, ao menos um display de cristal líquido. Estes displays, por sua composição, quando descartados de forma incorreta acarretam riscos ao meio ambiente, à saúde humana e perdas econômicas. Desta forma, a caracterização dos materiais que compõem estes dispositivos torna-se importante para que se possa reciclar ou reutilizar estes materiais. Este trabalho apresenta uma caracterização dos polímeros presentes nas telas de LCD de matriz ativa presentes em aparelhos de telefones celulares. Após a desmontagem destas telas estes polímeros foram caracterizados por infravermelho (FTIR) e análise térmica (DSC). Os resultados obtidos indicam a presença de quatro tipos de polímeros: policarbonato, usado na carcaça polimérica e no polímero guia de luz; poliésteres aromáticos, no polímero refletor; e poliésteres no polímero espalhador; e poliéster orto oftálico, nos polímeros de prisma.

Palavras-chave: Telefones celulares, Telas de LCD, Caracterização, Polímeros, Cristal líquido.

Área Temática: Resíduos Sólidos

### **Abstract**

*The screens LCD's (Liquid Crystal Display) are panels fine used for display information electronically, it are present in various electronic devices like mobile phones, cameras, calculators, televisions, GPS, among others. Each year thousands of equipments of mobile phones are produced and disposed, and each mobile phone has at least one liquid crystal display. These displays, due to its composition, when improperly disposed, result in risks to the environment, human health and economic losses. Therefore, the characterization of materials that are presents in these devices it is important in order to recycle or reuse the materials. This work presents a characterization of the polymers present in the LCD screens found in active matrix devices of mobile phones. After disassembly of these screens the polymers were characterized by infrared (FTIR) and thermal analysis (DSC). The results indicate the presence of four polymers: polycarbonate, used in the frame and in the light guide polymer; aromatic polyesters, used in the reflector polymer; polyester, used in the spreader polymer; polyester ortho-oftálico, used in the polymers of the prism.*

Keywords: Mobile phones, LCD screens, Characterization, Polymer, Liquid Crystal.

Theme Area: Solid waste



## 1 Introdução

A geração e o descarte de resíduos eletrônicos vêm aumentando a cada ano, sendo que grande parte destes resíduos é descartada juntamente com o lixo doméstico, ocasionando perda de materiais e poluição ambiental [1]. Estes resíduos correspondem atualmente a cerca de 5% de todos os resíduos gerados no mundo [2]. Dentre estes resíduos eletrônicos estão uma infinidade de aparelhos que apresentam telas de cristal líquido, do inglês *liquid crystal display* (LCD) em sua composição, tais como: aparelhos celulares, tocadores de áudio portáteis, GPS, televisores LCD, *notebooks*, *netbooks*, *tablets*, dentre outros. Este tipo de tela é muito utilizado devido ao baixo consumo de energia elétrica e por serem mais leves e mais finas que os antigos monitores de CRT (tubos de raios catódicos).

Segundo a empresa americana de consultoria em tecnologia da informação Gartner, somente no ano de 2009 foram vendidos 1,2 bilhões de aparelhos celulares no mundo e no mesmo ano foram vendidos no Brasil 45,5 milhões de novas unidades [3]. Dos celulares fabricados no Brasil, entre 10 e 20% entram em inatividade a cada ano [4]. Como cada aparelho de telefone celular possui uma tela ou display de LCD [5], a quantidade de telas de LCD em desuso aumenta proporcionalmente aos descartes de aparelhos celulares.

As telas de matriz ativa necessitam de iluminação de fundo para tornar as imagens coloridas. Essa iluminação de fundo é também conhecida como retroiluminação, ou *backlight*. A retroiluminação é uma estrutura de funcionamento complexo, utilizada para modificar os feixes luminosos que formarão as imagens, ela é composta por polímeros na forma de filmes sobrepostos em camadas [6].

Cristais líquidos são líquidos que apresentam moléculas ordenadas em pequenos intervalos formando um intermediário entre as fases líquidas e cristalinas. Alguns destes compostos alteram seu plano de polarização da luz quando submetidos a campos elétricos [7]. O cristal líquido é responsável por modificar o feixe de luz recebido, e juntamente com polarizadores são responsáveis por formar as imagens. Os filmes finos de índio e estanho, também chamados de *indium tin oxide* (ITO), são utilizados no vidro na forma de óxidos de índio e estanho e são os responsáveis por criar o campo elétrico que causa a distorção espacial do cristal líquido [8].

Nas telas de LCD de matriz ativa são encontrados polímeros na carcaça externa, na estrutura de retroiluminação e nos polarizadores. O vidro apresenta-se na forma de lâminas sobrepostas entre os filmes finos condutores e uma camada de cristal líquido.

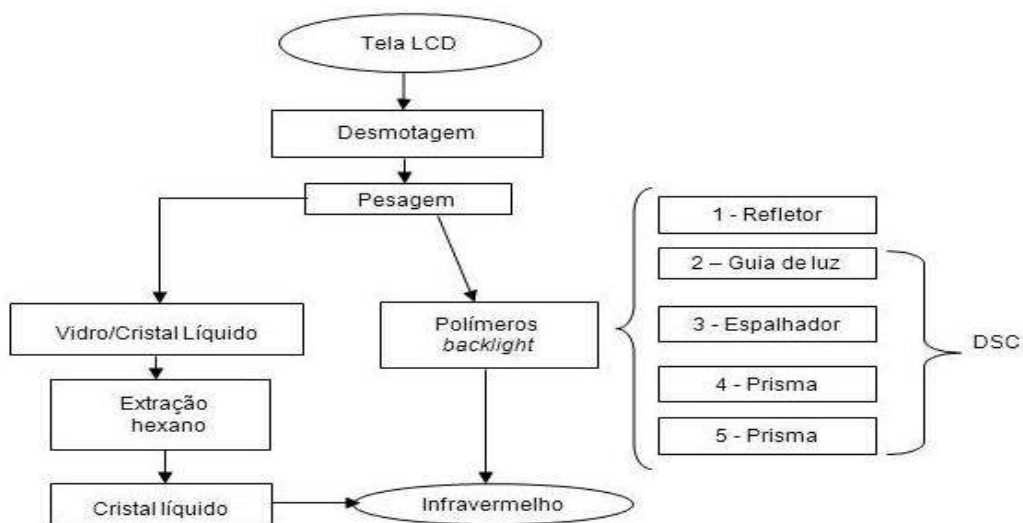
As telas de LCD são muito utilizadas atualmente sendo necessárias medidas para reutilizar os materiais que as compõe. Neste trabalho foram caracterizados os polímeros que compõe a carcaça, sistema de retroiluminação e o cristal líquido de telas de LCD provenientes de aparelhos celulares.

## 2 Materiais e Métodos

A caracterização foi feita a partir das sucatas de 15 aparelhos celulares. As telas foram removidas e pesadas. Após a desmontagem das telas, cada componente foi pesado individualmente e analisado pelos métodos de FTIR e DSC. As etapas desenvolvidas no trabalho encontram-se no fluxograma mostrado na figura 1:



Figura 1 – Fluxograma do trabalho



## 2.1 Desmontagem das telas

As telas de matriz ativa coletadas de aparelhos de telefones celulares foram desmontadas manualmente e seus componentes foram pesados e separados em grupos. Estes grupos foram formados juntando os polímeros com funções idênticas. A carcaça polimérica está representada pela letra A. Os polímeros numerados de 1 a 5 são respectivamente: refletor, guia de luz, espalhador, prisma 1 e prisma 2. O número 6 representa o vidro com polarizadores e cristal líquido.

Figura 2 – Tela de LCD desmontada



## 2.2 Caracterização dos polímeros

Neste trabalho foram utilizados dois métodos de caracterização de polímeros, o infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e a descrição do seu comportamento térmico sob variação da temperatura [9]. O comportamento térmico foi analisado por calorimetria exploratória de varredura (DSC).

Foram analisadas amostras de cada um dos polímeros. Na obtenção das curvas de DSC foi utilizado o equipamento modelo DSC Q20, marca TA instruments. Os espectros de infravermelho foram obtidos em janelas de KBr, utilizando um equipamento modelo Spectrum 1000, marca Perkin Elmer.

## 2.3 Caracterização do cristal líquido

As telas de vidro foram abertas e o cristal líquido foi extraído com solubilização em hexano PA (marca Quimex). O material obtido da extração foi colocado em estufa a 40° durante 60 min para evaporação do solvente e coleta do cristal líquido que, posteriormente, foi depositado sobre uma pastilha virgem de KBr e analisado por FTIR no mesmo equipamento da caracterização dos polímeros.



### 3 Resultados e Discussão

A pesagem das telas foi feita selecionando telas com tamanho semelhantes e de diversas marcas e modelos de aparelhos celulares. Os valores médios obtidos estão apresentados na tabela 1.

Conforme pode ser observado na tabela 1, o vidro e os polarizadores são os principais constituintes. Dentre os materiais caracterizados neste trabalho, o espalhador corresponde a cerca de 20% do peso de uma tela de LCD, a carcaça corresponde a cerca de 11% do peso, enquanto que os demais componentes correspondem cada um a menos de 2% do peso de uma tela de LCD.

Tabela 1 – Valores de pesos e percentuais correspondentes obtidos na pesagem das telas

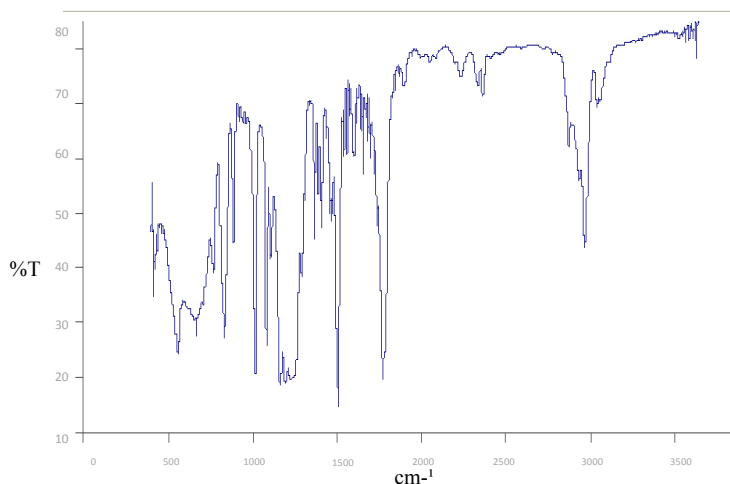
Componente	Massa (g)	%
Tela inteira	5,500	100,00
Vidro* e Polarizadores	3,385	61,56
1 – Refletor	0,098	1,78
2 – Espalhador	1,100	20,00
3 – Guia de Luz	0,085	1,56
4 – Prisma 1	0,086	1,56
5 – Prisma 2	0,105	1,91
6 – Carcaça	0,640	11,64

\* O cristal líquido está contido no vidro.

#### 3.1 Caracterização da Carcaça polimérica

No espectro de infravermelho mostrado na figura 3, obtido do polímero da carcaça das telas de LCD, podem ser vistos picos na região 1080 - 1100  $\text{cm}^{-1}$  correspondente ao estiramento de ligações C-O, pico central forte com estiramento em 1700  $\text{cm}^{-1}$  correspondente a ligação carbonila C=O. Estes picos são característicos do polímero policarbonato.

Figura 3 – Espectro de FTIR da Carcaça polimérica

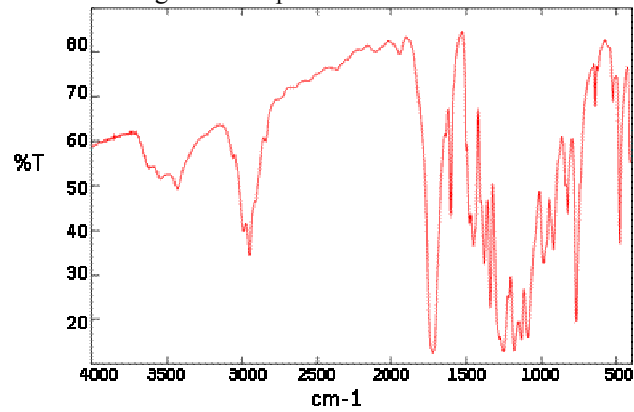


#### 3.2 Polímero Refletor

No espectro de infravermelho mostrado na figura 4, obtido do polímero refletor, podem ser vistos um pico em 1700  $\text{cm}^{-1}$ , correspondente ao estiramento da ligação entre C=O. Além de picos na região entre 1150 – 1250  $\text{cm}^{-1}$  correspondentes às vibrações de átomos de hidrogênio fora do plano da ligação. Estes picos são características de poliésteres aromáticos.



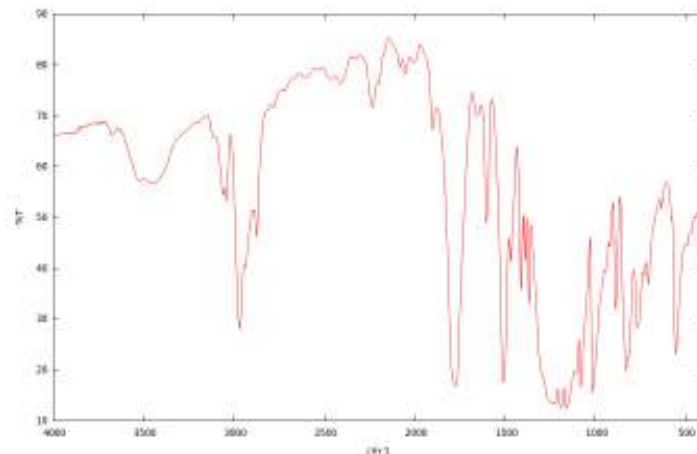
Figura 4 – Espectro de FTIR Polímero refletor



### 3.3 Polímero Guia de luz

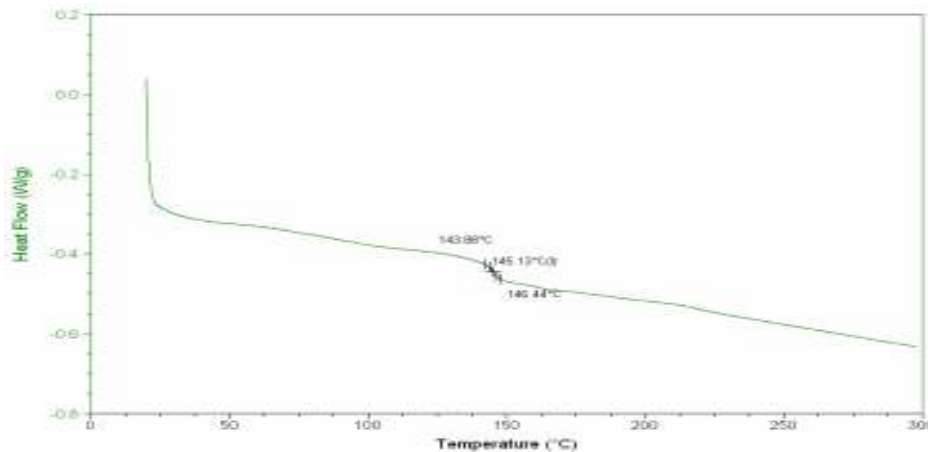
No espectro de infravermelho mostrado na figura 5, obtido do polímero guia de luz, podem ser vistos picos na região de  $1750\text{ cm}^{-1}$  e picos na região de  $1500\text{ cm}^{-1}$  e de  $1080\text{ cm}^{-1}$ , característicos de policarbonato.

Figura 5 – Espectro de FTIR Polímero guia de luz



A análise das curvas de DSC da figura 6, obtida a partir de material do polímero guia de luz, mostra uma temperatura de transição vítrea em  $145,13^{\circ}\text{C}$ , também característica do policarbonato.

Figura 6 – Calorimetria diferencial exploratória (DSC) - Curva para o polímero guia de luz

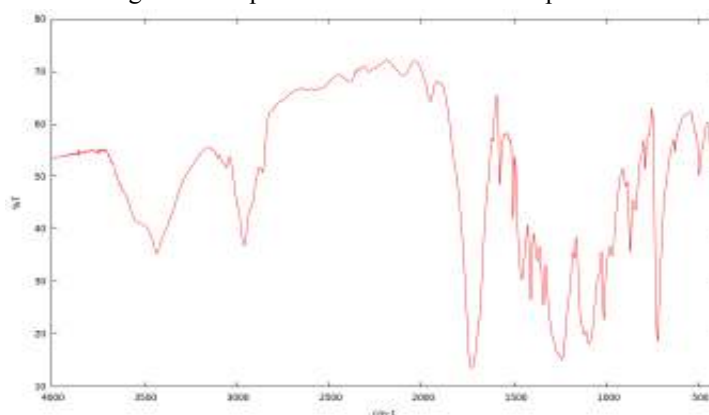




### 3.4 Polímero Espalhador

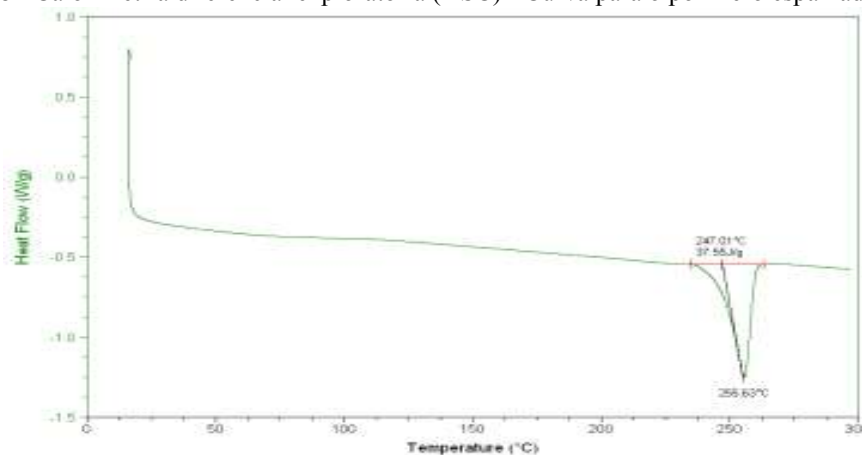
O espectro de infravermelho obtido do material do polímero espalhador (figura 7) mostra um forte estiramento em  $1740\text{ cm}^{-1}$  que pode ser associada a ligação C=O da carbonila. Os estiramentos em  $1080\text{ cm}^{-1}$  e  $1250\text{ cm}^{-1}$  são característicos da ligação C-O de éster. Já o pico em  $740\text{ cm}^{-1}$  é característico de anel aromático *para* substituído. Essas bandas observadas são características de poliéster.

Figura 7 – Espectro de FTIR Polímero espalhador



Na figura 8 podem ser vistas as curvas de DSC obtido do material do polímero espalhador. Nestas curvas é possível observar uma temperatura de fusão em  $255,63^\circ\text{C}$ , o que é uma característica do Poli(tereftalato de etileno) (PET). Neste gráfico não é possível verificar fase vítrea, implicando na composição predominante cristalina do polímero.

Figura 8 - Calorimetria diferencial exploratória (DSC) - Curva para o polímero espalhador



### 3.5 Polímeros Prisma

Da mesma forma que no polímero espalhador, no espectro de infravermelho dos polímeros de prisma (figura 9), podem ser vistos o estiramento em  $1732\text{ cm}^{-1}$  de ligação C=O. Os estiramentos em  $1053\text{ cm}^{-1}$  e  $1168\text{ cm}^{-1}$  relativos a ligação C-O de éster e os estiramentos em  $670$  e  $691\text{ cm}^{-1}$  de anel aromático com *orto* substituído. Estes picos são característicos de poliéster *orto* oftálico.

As curvas de DSC obtidas a partir do material do polímero de prisma (figura 10) mostra uma temperatura de fusão em  $254,99^\circ\text{C}$  também característica de poliéster aromático. Verifica-se também uma pequena temperatura de transição vítrea em  $64,73^\circ\text{C}$ , o que indica uma fase amorfa no polímero.



Figura 9 – Espectro de FTIR Polímero prisma

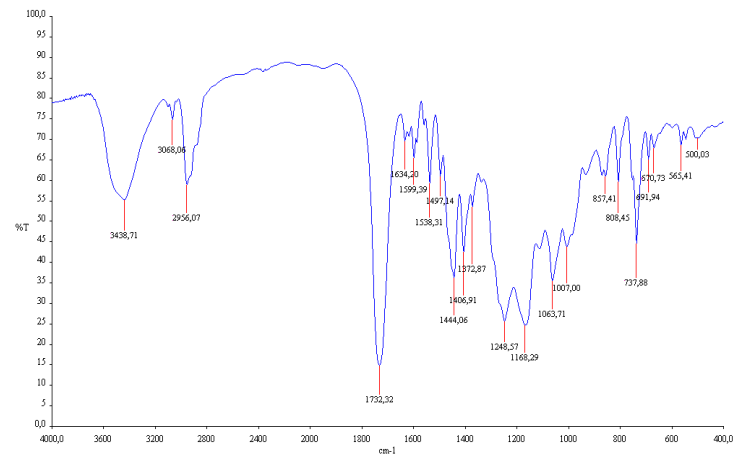
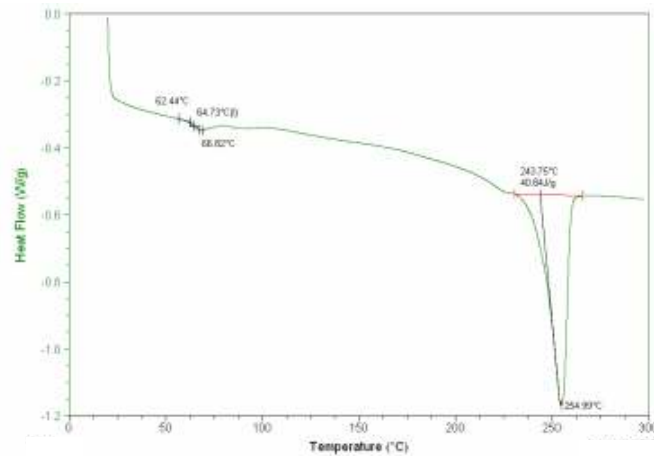


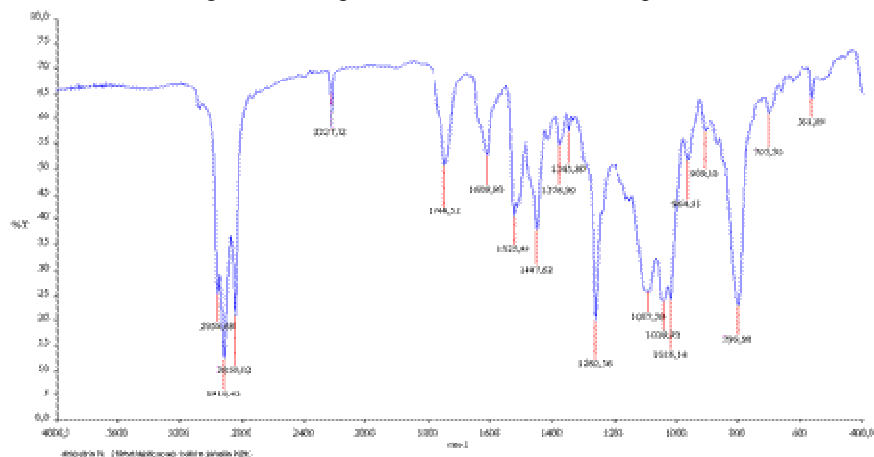
Figura 10 – Calorimetria diferencial exploratória (DSC) – Curva para o polímero prisma



### 3.6 Cristal líquido

No espectro de infravermelho obtido da amostra de cristal líquido extraída das telas de LCD (figura 11) podemos ver que os picos em 1018, 1039 e 1087  $\text{cm}^{-1}$  são relativos às ligações Si-O-Si. Já o pico 1260  $\text{cm}^{-1}$  é relativo à ligação Si-CH<sub>3</sub> e os estiramentos em 799 e 2227  $\text{cm}^{-1}$  representam as ligação Si-H. Este conjunto de estiramentos das ligações é característico de silicone.

Figura 11 – Espectro de FTIR do Cristal líquido





#### 4 Conclusões

A pesagem das telas mostrou que apesar de formarem uma estrutura complexa os polímeros que compõe o sistema de retroiluminação e a carcaça polimérica representam cerca de 38,5% da massa total de uma tela de LCD proveniente de aparelho celular, não levando em conta a massa de cristal líquido;

Os polímeros que compõe a carcaça e o guia de luz apresentaram respectivamente espectro infravermelho e temperatura de transição vítrea características de policarbonato;

Segundo o espectro FTIR, o polímero refletor de luz é um poliéster tipo orto oftálico;

Os polímeros, espalhador e prisma, apresentaram estiramentos em infravermelho e temperaturas de fusão características de PET, sendo que o primeiro não apresentou fase vítrea;

As bandas de absorção obtidas no espectro de infravermelho da amostra de cristal líquido extraída das telas de LCD apresentaram estiramentos característicos de silicone;

#### Referências

- [1] ZHANG, S., FORSSBERG, E. (1998) Mechanical recycling of electronics scrap - The current status and prospects. *Waste Management e Research*, 16, 119–128.
- [2] HUISMAN, J., MAGALINI, F., KUEHR, R., MAURER, C., OGILVIE, S., POLL, J., DELGADO, C., ARTIM, E., SZLEZAK, J., STEVELS, A. (2008) Review of Directive 2002/96 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Bonn: United Nations University, 2007.
- [3] GARTNER. Gartner says worldwide mobile phone sales to end users grew 8 per cent in fourth quarter 2009. Disponível em: <http://www.gartner.com>. Acesso em: Novembro de 2010.
- [4] MAWAKDIYE, A. (2007) Meio ambiente - Poluição eletrônica. *Revista da Indústria*, 129 (7), p. 50-53, jun. 2007.
- [5] KASPER, A. C., Caracterização e reciclagem de materiais presentes em sucatas de telefones celulares. 2011. 105p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Fevereiro de 2011.
- [6] G. Cianfrini, “Liquid Cristal Display Technology” [Online]. Acesso em 10/2011. Disponível: [www.ee.buffalo.edu/faculty/cartwright/teaching/ee494s99/presentations/LCD\\_Displays.PDF](http://www.ee.buffalo.edu/faculty/cartwright/teaching/ee494s99/presentations/LCD_Displays.PDF)
- [7] TOKUMOTO, S. Síntese e Caracterização de Copolímero de Poliisopreno e Cristal Líquido. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.
- [8] TAVARES, V. Caracterização e processamento de telas de cristal líquido visando à reciclagem. 2006. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- [9] CANEVAROLO JR, S.V. Técnicas de caracterização de polímeros. São Paulo: Artlibles Editora, 2003.