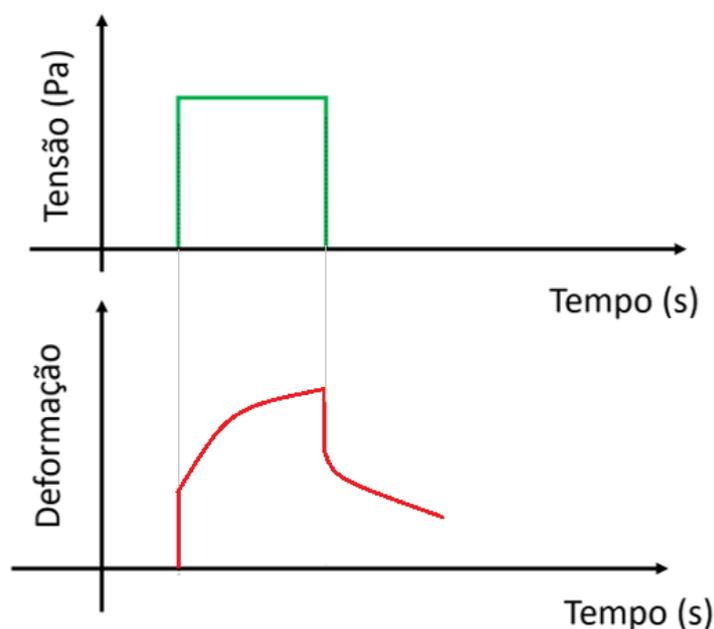


**Concurso Público 2023 Docente EBTT**  
**Edital Nº 335/2023**  
**Padrão de Resposta - Etapa da Prova Escrita**

**QUESTÃO 01 – LETRA A (12 pontos)**

No modelo, a deformação elástica instantânea, representada pela mola, é correspondente às deformações das ligações covalentes primárias. Já a deformação elástica retardada pode ser atribuída ao emaranhamento que ocorre com algumas cadeias conforme se deforma o material, a deformação elástica retardada é representada, no modelo, pela associação em paralelo da mola com o amortecedor. Já a deformação puramente viscosa, representada pelo amortecedor, é atribuída ao deslizamento que ocorre entre as macromoléculas, sendo, esse o motivo da deformação permanente residual.

No gráfico abaixo, pode ser vista uma deformação instantânea (linha vertical) logo que a tensão é aplicada, porém, ela não atinge grande amplitude em razão dos amortecedores que retardam a resposta. Eles também geram uma deformação dependente do tempo que é, em parte, permanente (linha inclinada). Na recuperação (parte curva final) é onde pode ser vista a ação conjunta de amortecedor e mola associados em paralelo, a recuperação depende do tempo e ocorre de maneira bastante gradual não descendo até o nível inicial. Essa diferença de nível entre o fim e o início do gráfico é a deformação plástica residual ocasionada pelo deslizamento das moléculas durante a deformação e pode ser atribuída à presença dos amortecedores.



**Referência:** CANEVAROLO Jr., S. V. Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros, 3ª Ed., Editora Artliber, 2010.

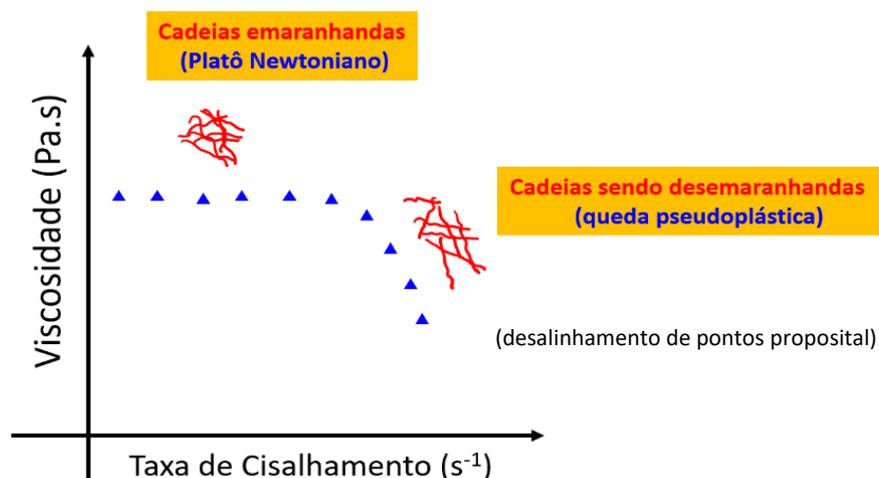
### QUESTÃO 1 - LETRA B (8 pontos)

No regime de compressão, as deformações iniciais são capazes de aproximar superfícies, fechando defeitos e vazios, desse modo, o mecanismo disparado para a continuidade da deformação é o de bandas de escoamento por cisalhamento a 45°, tal mecanismo ocasiona fratura dúctil (com alta deformação plástica). Já no regime de tração, as deformações iniciais possuem um efeito contrário causando a abertura de defeitos e trincas, desse modo, o mecanismo disparado para a continuidade das deformações é o microfibrilamento sob tensão. Tal mecanismo, por sua vez, ocasiona a fratura frágil (com baixa ou nenhuma deformação plástica).

**Referência:** CANEVAROLO Jr., S. V. Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros, 3ª Ed., Editora Artliber, 2010

### QUESTÃO 02 – LETRA A (5 pontos)

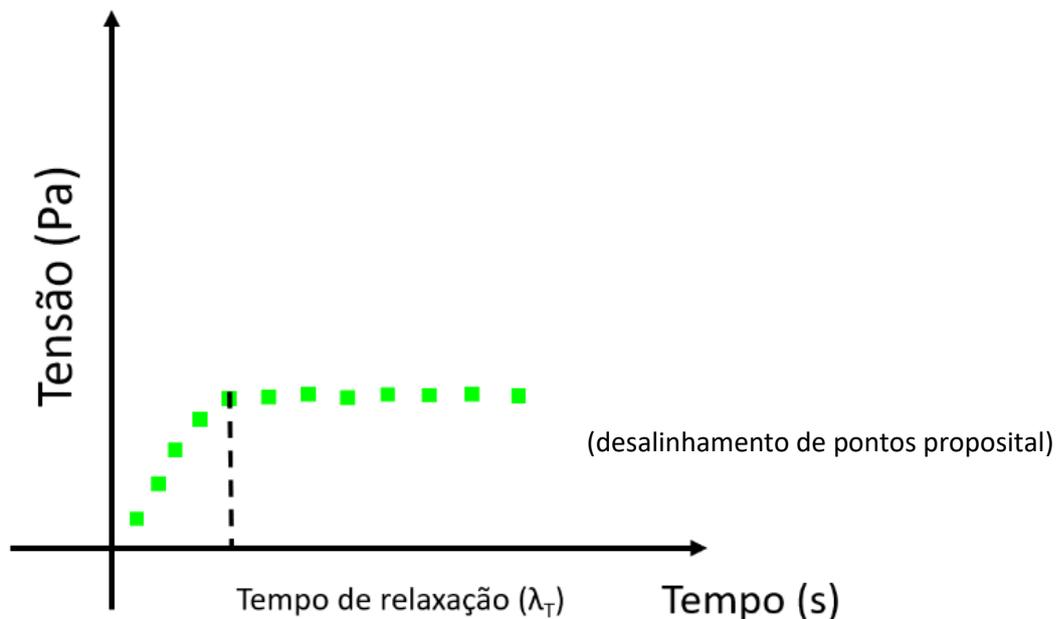
A curva de viscosidade *versus* taxa de cisalhamento para um polímero pseudoplástico é composta por duas partes principais: platô newtoniano e queda pseudoplástica. No referido ensaio, as taxas de cisalhamento não são grandes o suficiente para que se forme o segundo platô newtoniano referente ao desemaranhamento e a orientação pronunciada das cadeias poliméricas. O Platô newtoniano, que aparece nesse ensaio, é referente a viscosidade do polímero no estado amolecido, nesse segmento do gráfico, os valores de viscosidades são obtidos para cadeias ainda emaranhadas. Conforme começa o fluxo (se existe  $\dot{\gamma} \neq 0$  é porque há fluxo), o desemaranhamento se inicia, porém, as taxas ainda são baixas e o pequeno desemaranhamento não causa uma variação de tensões suficientemente grande para interferir na sensibilidade do transdutor de pressão do equipamento, desse modo, não é notada queda na viscosidade e ela segue constante na forma de um platô. Dada uma taxa de cisalhamento crítica, o desemaranhamento e o alinhamento das cadeias já se inicia sendo grande o suficiente para que o fluido ofereça uma menor tensão ao transdutor de pressão. Essa queda de tensão é convertida pelo próprio equipamento em uma queda de viscosidade. O gráfico abaixo ilustra as etapas descritas nessa explicação.



**Referência:** BRETAS, R.S e D'ÁVILA, M. A. Reologia de Polímeros Fundidos. 2ª edição, São Carlos, Editora EdUFSCAR, 2005.

### QUESTÃO 02 – LETRA B (5 pontos)

Plotagem do acúmulo passageiro de tensões. Mede-se a tensão de cisalhamento em função do tempo ao ser aplicada uma taxa de cisalhamento constante. Quando a taxa de cisalhamento fica independente do tempo, isso significa que o fluido entrou em regime permanente, pode se dizer que esse é o tempo de relaxação do polímero estudado. A importância de se obter o tempo de relaxação consiste em determinar o tempo de espera antes de cada medida para garantir que todos os pontos do ensaio tenham sido obtidos em regime permanente.



**Referência:** BRETAS, R.S e D'ÁVILA, M. A. Reologia de Polímeros Fundidos. 2ª edição, São Carlos, Editora EdUFSCAR, 2005.

### QUESTÃO 02 – LETRA C (10 pontos)

O aumento da massa mola (MM) desloca o *cross-over* para esquerda. Já o aumento da distribuição de massas molares (DMM) do material desloca o *cross-over* para baixo. O inverso de cada situação também é verdadeiro. A diminuição de MM desloca o crossover para a direita e a diminuição da DMM desloca o crossover para cima. Para entender essas situações é preciso compreender o significado físico dos módulos de armazenamento e perda.  $G'$  representa a componente elástica do fluido podendo ser atribuída, de maneira geral, às ligações covalentes das cadeias principais. Sendo assim, de maneira resumida,  $G'$  mede a resistência ao estiramento das moléculas. O  $G''$ , por sua vez, representa o deslizamento das cadeias umas em relação às outras, desse modo, essa constante pode ser atribuída à medida da resistência ao deslizamento ou fluxo. Vale lembrar que ambas as componentes também se relacionam às forças intermoleculares, mas, a separação acima é interessante para fins didáticos. Nessas condições, é fácil compreender que com uma maior DMM a distribuição de tamanho de cadeias é grande, o que faz com que, de maneira estatística, ao longo de toda a

massa polimérica as cadeias menores sirvam de lubrificantes para as maiores, diminuindo interações secundárias, facilitando o deslizamento e o estiramento em fluxo. Essas alterações podem ser observadas através das quedas dos dois módulos ao longo de toda a faixa de frequência. Esses valores de módulos aumentam quando não há o efeito de lubrificação devido ao fato de a massa polimérica ser formada por cadeias de tamanhos mais homogêneos. Portanto variação de DMM desloca as curvas, deslocando indiretamente o *cross-over*. Já a variação de MM atua diretamente influenciando a predominância de comportamento elástico. Para cadeias mais curtas o efeito de retornar à conformação de equilíbrio só pode ser notado a frequências muito altas, por isso, o *cross-over* só aparece nelas enquanto para cadeias longas esse efeito de recuperação da conformação pode ser notado com mais facilidade fazendo com que, mesmo em solicitações lentas, possa ser notada a predominância de comportamento elástico.

**Referência:** BRETAS, R.S e D'ÁVILA, M. A. Reologia de Polímeros Fundidos. 2ª edição, São Carlos, Editora EdUFSCAR, 2005.

### QUESTÃO 03 (20 pontos)

#### I - Caixa d'água de polietileno de baixa densidade linear

##### Rotomoldagem

Princípios de funcionamento: Neste processo a resina é colocada, inicialmente, em um molde metálico, geralmente de aço, alumínio ou material compósito. Após a alimentação o molde é fechado com auxílio de grampos ou parafusos. Posteriormente, esta matriz metálica juntamente com o polímero, são, então, aquecidos em um forno até a fusão do polímero, no qual ocorre simultaneamente movimentos de rotação vertical e horizontal. Desta forma o polímero se espalha por gravidade nas paredes do molde, criando uma camada uniforme. Ao final do processo, ainda em rotação, é realizado o resfriamento do molde, por ar ou água, e, em seguida, é feita a abertura do molde e a retirada da peça.

Vantagens: os produtos fabricados são praticamente livres de tensões; o acabamento superficial é atrativo para produtos de grande porte, pois as peças não apresentam linhas de fechamento/costura; pequena geração de rebarbas; possibilidade de moldar peças de formulações ou cores distintas no mesmo ciclo.

Desvantagens: é um processo no qual os ciclos de produção são mais demorados, devido às etapas de aquecimento e resfriamento; há menor precisão dimensional; o molde requer boa transmissão de calor; há maior risco de degradação térmica do termoplástico.

#### II - Tubos de poli (cloreto de vinila)

##### Extrusão de rosca dupla contra rotacional

Neste processo duas roscas girando em sentidos contrários tem a função de amolecer, homogeneizar e plastificar o material, com o auxílio de aquecedores externos, geralmente por

resistências elétricas. Ao longo do comprimento das roscas existem diferentes regiões descritas como: zona de alimentação (onde há alimentação através do funil e da goela); a zona de compressão (na qual ocorre a plastificação do polímero, além da possibilidade de degasagem, bem como a de aditivação); zona de controle de vazão (onde há uma maior homogeneização e redução da viscosidade da massa fundida vinda da zona de compressão, bem como a dosagem do polímero que será entregue ao cabeçote); cabeçote (composto pelas grelhas e da matriz que dará a geometria final ao produto extrusado).

Vantagens: o transporte do material é facilitado devido à intercalação das roscas; maior capacidade de mistura e de fusão, em função das maiores velocidades e maior transmissão de calor; maior facilidade para aditivação do polímero; baixa temperatura do fundido permitindo extrusão de polímeros mais sensíveis à temperatura, como o PVC.

Desvantagens: para fins de simulação do processo há uma maior dificuldade de se descrever o fluxo; dificuldade em se controlar a temperatura; pode gerar desgaste não uniforme do barril.

### **III - Sacolas plásticas de polietileno de baixa densidade**

Extrusão sopro monorroscas

Nesta técnica de processamento há uma rosca que gira dentro de um canhão, assim como na extrusão por rosca simples, aquecida por resistência elétrica. Esta rosca tem a função de cisalhar e plastificar os grânulos do termoplástico empregado, fundindo-os. Este material é empurrado para frente até uma placa perfurada, que devolve parte do material, gerando uma contrapressão. Parte do material passa pela placa e segue até o cabeçote, o qual contém uma matriz que dará a forma do filme a ser insuflado. Em seguida o filme é puxado, feito seu controle dimensional e de margem e, por fim, cortado, picotado ou bobinado.

Vantagens: boa flexibilidade de operação; bom controle de espessura; filmes produzidos sem cortes e bordas; pequena variação de espessura (até 5%); produz filmes com espessura de 12 a 30 micrometros.

Desvantagens: limitação de espaço físico para produção, pois exige altura de instalação do equipamento.

### **IV - Copos descartáveis de poliestireno**

Termoformagem

A matéria-prima para este processo utiliza placas de termoplásticos, as quais são inicialmente dispostas sobre matrizes que possuem a forma interna da peça e, em seguida o recipiente do molde é fechado, a lâmina é aquecida e o ar de dentro do recipiente é retirado (através dos orifícios). A diferença de pressão, causada pela bomba de vácuo, conforma a peça sobre o molde. Posteriormente, é feito o resfriamento até obter resistência mecânica adequada e, então, prossegue-se com a desmoldagem.

Vantagens: o custo da embalagem termoformada é muito competitivo em relação ao pré-formado; envase totalmente higiênico, pois a dosagem e a selagem são feitas imediatamente após a formagem, evitando a manipulação das embalagens e impedindo a contaminação por impurezas; versatilidade no sistema de corte permite uma apresentação do produto final ao consumidor em potes individuais ou agrupados em bandejas.

Desvantagens: utilizado apenas na fabricação de peças com espessuras finas; os orifícios para remoção do ar devem ter diâmetro pequeno para que não haja a formação de marcas sobre a superfície moldada.

#### **QUESTÃO 04 – LETRA A (7 pontos)**

Quando blendas poliméricas são chamadas de compatíveis ou compatibilizadas, geralmente, está sendo levada em conta a sinergia de propriedades que ocorre com a mistura. A maioria dos casos dessas compatibilizações ocorrem para o caso em que as blendas são imiscíveis. O HIPS é um ótimo exemplo dessa situação, alguns autores preferem, inclusive a denominação *polymer alloy*, ou liga polimérica em tradução livre. Nesse caso, a rigidez do PS é associada à flexibilidade da borracha fazendo com que uma peça de HIPS tenha, entre outras propriedades, sua resistência ao impacto aumentada em relação a uma peça análoga constituída de PS puro, a esse tipo de compatibilização é dado o nome de tenacificação. Ao fazer o ensaio de tração pode ser observado que o HIPS absorve mais energia para a fratura do que suas partes se testadas de maneira separada, essa é a referida sinergia de propriedades.

Já a miscibilidade envolve semelhança química intrínseca. Vale observar que na compatibilização a semelhança química ocorre apenas na interface, enquanto na miscibilidade as cadeias dos dois (ou mais) polímeros componentes da blenda interagem entre si formando ligações secundárias entre todas as cadeias da massa polimérica. Pensando em um sistema binário, uma mistura eficiente distribuirá os dois tipos de cadeia de maneira aleatória; se os polímeros envolvidos forem miscíveis, a interação entre diferentes cadeias será muito próxima à interação que ocorreria entre cadeias do mesmo tipo. Nessas condições, o amolecimento, o ganho de mobilidade de grandes segmentos, irá ocorrer em uma única temperatura. Resumidamente, blendas miscíveis são aquelas que apresentam uma única temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ).

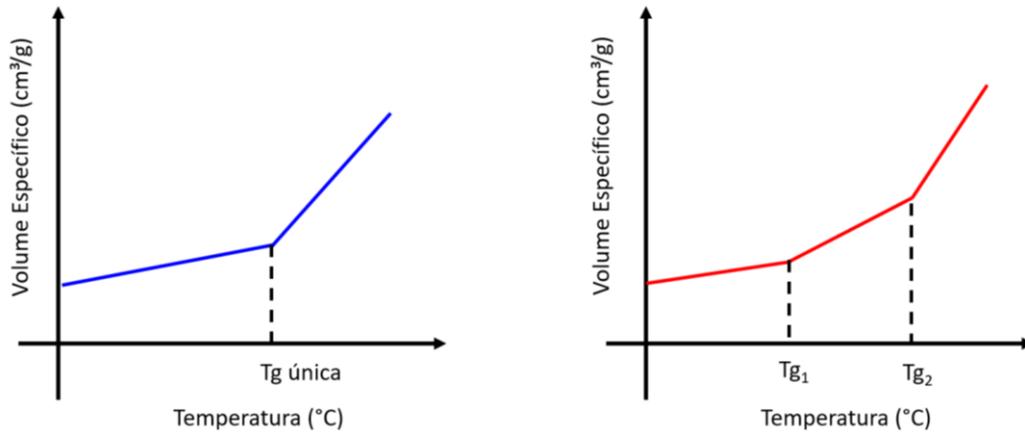
**Referência:** DE PAOLI, M. A. Degradação e Estabilização de Polímeros. São Paulo: ArtLiber, 2009.

#### **QUESTÃO 04 – LETRA B (5 pontos)**

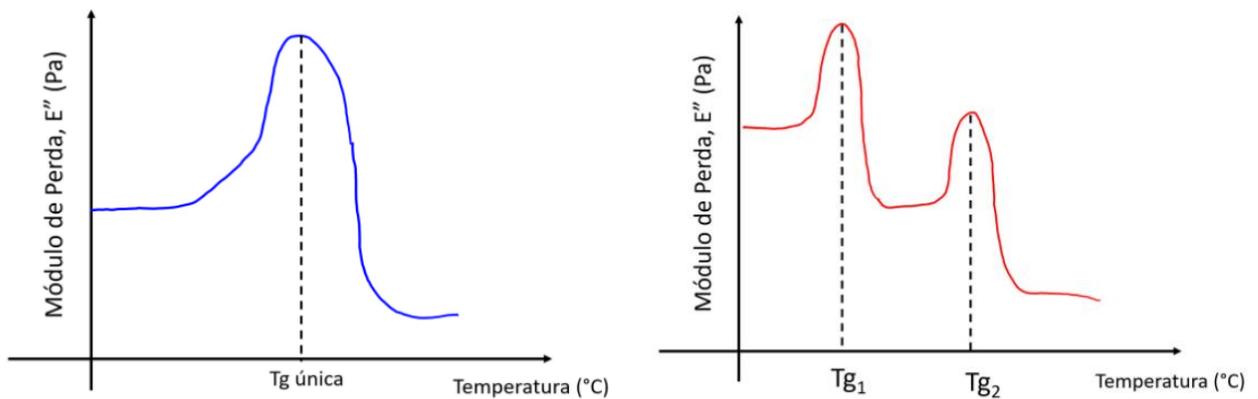
Questão anulada.

### QUESTÃO 04 – LETRA C (8 pontos)

Ex. 1) Dilatometria – curva pVT: duas variações na taxa de contração, pois, não há forte interação entre cadeias diferentes. Uma parte delas ganha mobilidade antes, outra parte ganha depois. Quando essa interação é forte (miscibilidade) ocorre uma única variação.



Ex. 2) Análise dinâmico-térmica (DMTA): podem ser observados dois picos que se referem à relaxação ocorrendo de maneira separada para interações fracas e conjunta quando a interação é forte, isto é, as cadeias interagem tão bem que parece haver apenas um tipo.



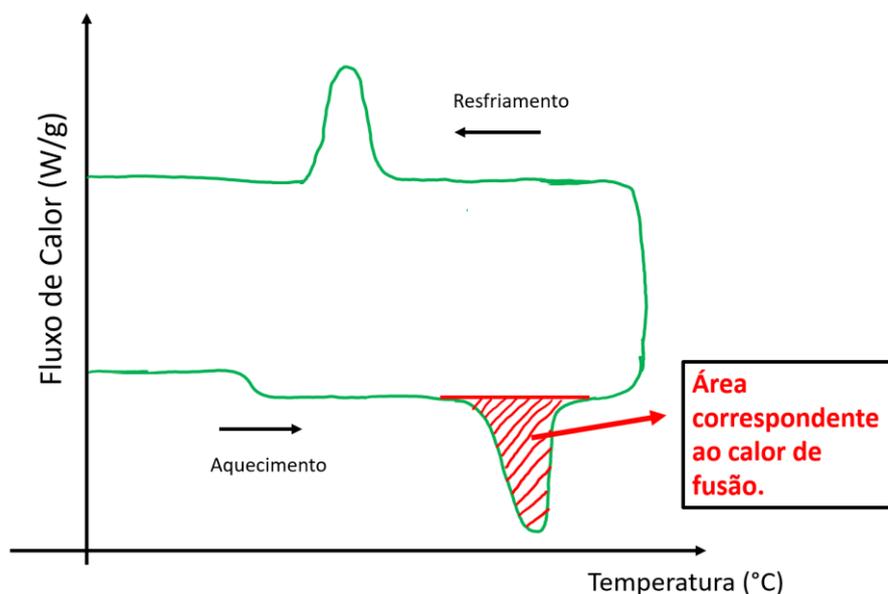
**Referência:** CANEVAROLO, S.V. Técnicas de Caracterização de Polímeros, Editora Artliber, 2004.

### QUESTÃO 05 – LETRA A (7 pontos)

Questão anulada.

### QUESTÃO 05 – LETRA B (5 pontos)

Conhecendo o calor de fusão, calculado teoricamente, do polímero que seria 100% cristalino, pode se dividir por ele o valor da área sob o pico de fusão. Essa razão fornecerá a fração cristalina (de 0 a 1) do polímero. Essa área mostrada no esquema abaixo é referente ao calor de fusão experimental da amostra. Vale ressaltar que, nessa técnica, a calibração da linha de base, que fecha o pico, é fundamental para que o cálculo de área, realizado em diferentes amostras, possa ser comparativo.



**Referências:** CANEVAROLO, S.V. Técnicas de Caracterização de Polímeros, Editora Artliber, 2004.

CANEVAROLO Jr., S. V. Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros, 3ª Ed., Editora Artliber, 2010.

### QUESTÃO 05 – LETRA C (8 pontos)

Esses dados podem ser obtidos no pico de cristalização da curva. É importante que essa região de interesse seja plotada novamente, mas, com valores de tempo na abscissa. A correspondência dos valores de ordenada, inicialmente realizada com valores de temperatura, pode ser realizada para valores de tempo desde que se conheça a taxa de resfriamento. De maneira resumida, se a cada  $1^{\circ}\text{C}$  houve um fluxo de calor de  $12\text{ W/g}$ , em uma taxa de resfriamento de  $10^{\circ}\text{C/min}$ , esse mesmo fluxo ocorreu em  $6\text{ s}$ . Obtendo, em um software adequado, a integral da curva (fluxo de calor  $\times$  tempo), o software já irá plotar os dados na forma de função primitiva, desse modo, cada ponto desta nova função é correspondente a um valor de área abaixo do pico no intervalo  $t - t_0$ . Sendo  $t$  um valor de tempo qualquer e  $t_0$  o primeiro instante do intervalo selecionado abaixo do pico. Ou seja, o software, na verdade calculou as integrais com diferentes limites, compondo assim uma aproximação para a função primitiva. Fazendo  $t_0 = 0$ , cada valor de  $\Delta t$  agora é um instante do teste. Dividindo todos os valores de ordenada, da função primitiva aproximada, pelo máximo entre eles, obtém-se a curva de fração cristalizada versus tempo conforme ilustrado abaixo.

**Referência:** CANEVAROLO, S.V. Técnicas de Caracterização de Polímeros, Editora Artliber, 2004.

