

# Identificação de Plásticos através de Testes Físico-Químicos

---

MANUAL PARA O PROFESSOR

# Índice

---

1. Introdução.....	3
2. Objectivos.....	4
3. Material/Equipamento.....	5
3.1. Preparação das amostras .....	5
3.2. Teste da chama .....	5
3.3. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água) .....	6
3.4. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol) .....	6
3.5. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio).....	6
3.6. Teste da temperatura de amolecimento/fusão .....	6
3.7. Teste do comportamento com solvente .....	6
4. Substâncias químicas .....	7
4.1. Teste da densidade .....	7
4.2. Teste do comportamento com solvente .....	7
4.3. Informações de segurança.....	7
5. Procedimento experimental.....	8
5.1. Teste da chama .....	8
5.2. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água) .....	8
5.3. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol) .....	9
5.4. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio).....	10
5.5. Teste da temperatura de amolecimento/fusão .....	10
5.6. Teste do comportamento com solvente .....	12
6. Resultados experimentais.....	13
6.1. Teste da chama .....	13
6.2. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água) .....	13
6.3. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol) .....	13
6.4. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio).....	14
6.5. Teste da temperatura de amolecimento/fusão .....	14
6.6. Teste do comportamento com solvente (tolueno).....	14
7. Tratamento dos resultados experimentais .....	15
7.1. Teste da chama .....	15
7.2. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água) .....	15
7.3. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol) .....	15

7.4. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio).....	16
7.5. Teste da temperatura de amolecimento/fusão .....	16
7.6. Teste do comportamento com solvente (tolueno).....	16
8. Discussão dos resultados .....	17
9. Sugestões metodológicas.....	19

## **1. Introdução**

O processo de reciclagem mecânica dos plásticos implica a separação destes por tipo de plástico. Este processo não é simples dado que a maioria dos produtos de plástico são misturas de diferentes tipos de plástico.

A questão que se coloca agora é a de como se podem diferenciar os vários plásticos para que se possam reciclar.

Os plásticos mais usuais são o HDPE, o LDPE, o PP, o PVC, o PS e o PET. Estes seis materiais perfazem 85 % dos plásticos utilizados em todo o mundo. Assim, estes plásticos são identificados por símbolos triangulares com um código no seu interior.



Fig.1.1. Símbolos de identificação dos diferentes plásticos

Mas, a existência desta simbologia não é simples, nem representa a solução do problema da triagem. Nem todos os produtos existentes no mercado apresentam estes símbolos e, como já foi referido, um mesmo produto pode ser uma mistura de plásticos, com natureza diferente e modo de processamento distinto.

A identificação de plásticos pode ser feita laboratorialmente, através de testes às propriedades físico-químicas, anteriormente referidas.

A densidade é uma propriedade que permite distinguir diferentes plásticos. Pode-se recorrer à técnica de flutuação para fazer uma determinação aproximada da densidade dos materiais. Esta técnica permite, de forma simples, comparar a densidade de materiais diferentes (sem ser necessário a sua determinação). Por exemplo, para distinguir entre HDPE e LDPE, basta colocar duas pequenas amostras numa proveta com uma solução de densidade  $0,93 \text{ g cm}^{-3}$  e observar que o material mais denso (HDPE) se deposita no fundo da proveta, enquanto que o menos denso (LDPE) flutua à superfície da solução. A solubilidade, a determinação da temperatura de

fusão/amolecimento ou a inflamabilidade dos materiais são outras propriedades físico-químicas que nos permite ajudar a distinguir entre dois plásticos diferentes.

Na tabela 1.1. apresentam-se algumas propriedades de diferentes plásticos. A realização de testes que determinem estas propriedades permite a identificação e distinção dos diferentes materiais.

Tabela 1.1. Algumas propriedades dos plásticos

Plástico		Código	Cor da chama	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	Temperatura de amolecimento / fusão (°C)
Nome	Sigla				
Poli(tereftalato de etileno)	PET	1	Fuliginosa	1,38 - 1,41	250 – 260
Polietileno de alta densidade	HDPE	2	Amarela	0,94 – 0,97	~ 130
Poli(cloreto de vinilo)	PVC	3	Verde	1,19 – 1,35	75 – 90
Polietileno de baixa densidade	LDPE	4	Amarela	0,91 – 0,93	~ 100
Polipropileno	PP	5	Amarela	0,85 – 0,92	160 – 170
Poliestireno	PS	6	Fuliginosa	1,05 – 1,08	70 - 115

## 2. Objectivos

A realização da actividade experimental tem como principal objectivo a identificação e concretização de processos operacionais de distinção de plásticos, com vista à sua separação.

Tem como objectivos específicos:

- Reconhecer que diferentes materiais apresentam diferentes propriedades, de acordo com a sua estrutura química;
- Observar a chama característica dos diferentes materiais plásticos;
- Determinar a densidade de diferentes amostras de plástico, através do método da flutuação;

- Observar o comportamento ao calor dos diferentes materiais e determinar a temperatura de fusão/amolecimento;
- Reconhecer que a solubilidade dos plásticos é uma função da natureza destes e do solvente em causa;
- Observar o comportamento dos diferentes materiais quando mergulhados num solvente (tolueno);
- Comparar as características determinadas com a realização dos testes físico-químicos com as da literatura e identificar os diferentes plásticos;

### 3. Material/Equipamento

#### 3.1. Preparação das amostras

- Objectos de PET, HDPE, PVC, LDPE, PP e PS numerados de 1 a 6 de acordo com a ordem apresentada;
- Tesoura;



Fig.3.1. Objectos de PET, HDPE, PVC, LDPE, PP e PS (da esquerda para a direita) numerados de 1 a 6 pela ordem apresentada.

#### 3.2. Teste da chama

- 6 rolhas de cortiça;
- 6 arames metálicos;
- Bico de Bunsen ou lamparina;

### **3.3. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água)**

- Proveta de 500 mL;
- Vareta de vidro;

### **3.4. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol)**

- Balança analítica;
- Proveta de 10 mL;
- Funil de vidro;
- 2 gobelés de 50 mL;
- 2 pipetas de Pasteur;
- Espátula;
- Vareta de vidro

### **3.5. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio)**

- Balança analítica;
- Proveta de 10 mL;
- 2 gobelés de 50 mL;
- 2 pipetas de Pasteur;
- Espátula;
- Vareta de vidro;
- Funil;

### **3.6. Teste da temperatura de amolecimento/fusão**

- 6 tubos de ensaio e suporte;
- Banho de areia;
- Termómetro;
- 6 molas de madeira;

### **3.7. Teste do comportamento com solvente**

- Gobelé de 100 mL.

## 4. Substâncias químicas

### 4.1. Teste da densidade

- Água destilada;
- Etanol (96%);
- Cloreto de cálcio;

### 4.2. Teste do comportamento com solvente

- Tolueno.

### 4.3. Informações de segurança

Na tabela 4.1 apresenta-se informação relativa aos riscos associados ao manuseamento das substâncias químicas.

Tabela 4.1. Informação de segurança das substâncias químicas

Substância	HMIS			Simbologia de perigo	Frases de risco e de segurança
	S	I	R		
Água destilada	-	-	-	-	-
Etanol	2*	3	1	 F	R11: Facilmente inflamável. S7: Manter o recipiente bem fechado S16: Manter afastado de qualquer chama ou fonte de ignição – não fumar
Cloreto de cálcio	2	0	1	 Xi	R36: Irritante para os olhos.
Tolueno	2*	3	0	 F   Xn	R11: Facilmente inflamável. R38: Irritante para a pele. R48/20: Nocivo: risco de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação. R63: Possíveis riscos durante a gravidez de efeitos indesejáveis na descendência. R65: Nocivo: pode causar danos nos pulmões se for ingerido. R67: Os vapores podem causar tonturas e sonolência. S36/37: Usar vestuário de protecção e luvas adequadas. S46: Em caso de ingestão, consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo. S62: Em caso de ingestão, não provocar o vômito. Consultar imediatamente o médico e mostrar-lhe a embalagem ou o rótulo.

S-saúde; I-inflamabilidade; R-reactividade; \*-possibilidade de riscos crónicos adicionais

## 5. Procedimento experimental

### 5.1. Teste da chama

- Perfure as rolhas de cortiça com um arame metálico, de forma a que a cortiça sirva como pega para o arame;
- Coloque o arame na chama do bico de Bunsen ou da lamparina até que o metal fique ao rubro;
- Friccione o arame quente no objecto de plástico, por forma a que seja transferido um pouco de material para o arame;
- Volte a colocar o arame sobre a chama e observe se há alterações na cor da chama;
- Registe o que observa;
- Repita o procedimento para os restantes materiais.

### 5.2. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água)

- Prepare uma pequena amostra de cada material plástico a testar (aproximadamente 2 cm<sup>2</sup>).



Fig.5.1. Amostras para a realização do teste da densidade

- Coloque cerca de 250 mL de água destilada numa proveta de 500 mL;
- Introduza as amostras de plástico na proveta com água e agite com uma vareta de vidro;
- Deixe repousar e observe se as amostras introduzidas flutuam (no caso de possuírem densidade inferior à da água), ficam em suspensão (no caso a sua densidade seja igual à da água), ou se se depositam no fundo da proveta (no caso de serem mais densas que a água);
- Registe a posição das amostras.

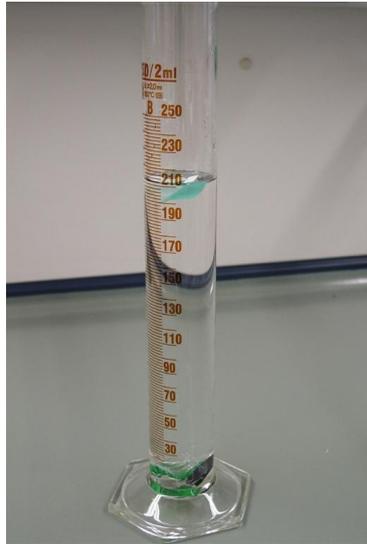


Fig.5.2. Comportamento das amostras no teste da densidade

### 5.3. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol)

- Selecciona as amostras que flutuaram quando introduzidas na proveta com água (densidade inferior a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ );
- Pese uma proveta de 10 mL e registe a sua massa;
- Com um funil de vidro, coloque cerca 3 mL de etanol (96%) na proveta previamente pesada;
- Introduza uma amostra de plástico na proveta com etanol e agite suavemente;
- Deixe repousar e observe que a amostra introduzida se deposita no fundo da proveta, dado que possui uma densidade superior à do álcool (aproximadamente  $0,79 \text{ g mL}^{-3}$ );
- Coloque um pouco de água num gobelé de 50 mL e, para aumentar a densidade da solução alcoólica, adicione, com uma pipeta de Pasteur, gotas de água destilada até que a amostra fique em suspensão (se necessitar de diminuir a densidade da solução, adicione gotas de etanol);
- Retire a amostra, com o auxílio de uma espátula;
- Registe o volume de solução;
- Pese a proveta com solução e registe a massa;
- Determine a densidade da solução, que será igual à densidade da amostra de plástico quando esta se encontra em suspensão na solução;
- Repita o procedimento para as restantes amostras;

#### 5.4. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio)

- Prepare uma solução saturada de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ):
- Selecione as amostras que se depositaram no fundo da proveta com água (densidade superior a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ );
- Pese uma proveta de 10 mL e registre a massa;
- Coloque na proveta cerca 1,4 mL de solução de  $\text{CaCl}_2$ , preparada anteriormente;
- Introduza uma amostra de plástico na proveta com solução e agite suavemente;
- Deixe repousar e observe que a amostra introduzida se deposita no fundo da proveta, dado que a sua densidade é superior à da solução de  $\text{CaCl}_2$ ;
- Aumente a densidade da solução adicionando gotas de solução de  $\text{CaCl}_2$  até que a amostra fique em suspensão (se necessitar de diminuir a densidade da solução adicione gotas de água destilada);
- Retire a amostra, com o auxílio de uma espátula;
- Registe o volume de solução;
- Pese a proveta com solução e registre a massa;
- Determine a densidade da solução, que será igual à densidade da amostra de plástico quando esta se encontra em suspensão na solução;
- Repita o procedimento para as restantes amostras;



Fig. 5.3. Amostra nº 6 (de PS) em suspensão na solução da  $\text{CaCl}_2$

#### 5.5. Teste da temperatura de amolecimento/fusão

- Prepare cinco pequenas amostras de cada material plástico a testar (aproximadamente  $2 \text{ cm}^2$ );

- Coloque as amostras dos materiais plásticos em tubos de ensaio, de modo a que cada tubo contenha as cinco amostras de cada material;
- Numere cada tubo com o número correspondente a cada amostra;

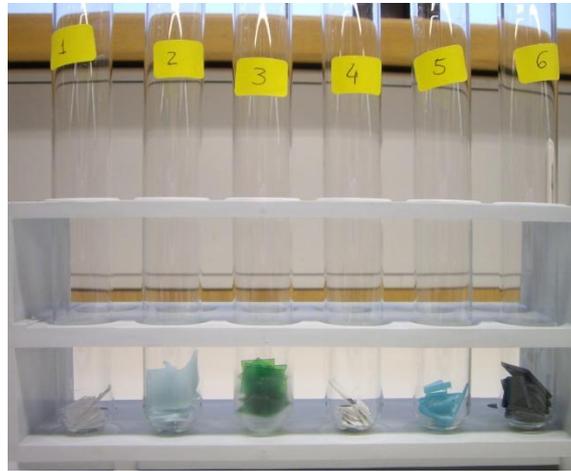


Figura 5.4. Montagem dos tubos de ensaio para o ensaio da determinação da temperatura de amolecimento/fusão

- Com uma mola de madeira, introduza, cuidadosamente, os tubos de ensaio num banho de areia a 50 °C;



Fig.5.5. Montagem do termómetro e dos tubos de ensaio no banho de areia

- Aumente gradualmente a temperatura do banho. Quando um dos materiais amolecer ou fundir, retire-o do banho e registre a temperatura de amolecimento/fusão do material;
- Prossiga o aquecimento até aproximadamente 200 °C e observe qualquer alteração que ocorra na aparência das amostras que permanecem no banho;
- Efectue o registo;

## 5.6. Teste do comportamento com solvente

- Prepare uma amostra de cada material plástico a testar (aproximadamente 1×5 cm).



Fig.5.6. Amostras para a realização do teste do comportamento com solvente

- Num gobelé de 100 mL, coloque aproximadamente 10 mL de tolueno;
- Introduza no gobelé uma amostra de cada material plástico, de forma a que apenas parte da amostra fique mergulhada no solvente;



Fig.5.7. Colocação das amostras no gobelé.

- Aguarde durante alguns minutos, até que ocorra alguma alteração na forma das amostras mergulhadas no solvente;
- Registe as alterações ocorridas.

## 6. Resultados experimentais

### 6.1. Teste da chama

Tabela 6.1. Resultados do teste da chama

Amostra	Cor da chama
1	Amarela
2	Amarela
3	Verde
4	Amarela
5	Amarela
6	Amarela fuliginosa

### 6.2. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água)

Tabela 6.2. Resultados do teste da densidade (utilizando água)

Amostra	Posição
1	Deposita-se
2	Flutua
3	Deposita-se
4	Flutua
5	Flutua
6	Deposita-se

### 6.3. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol)

Tabela 6.3. Resultados do teste da densidade (utilizando etanol)

Amostra	$m_{\text{proveta}} \text{ (g)}$	$m_{\text{proveta+solução}} \text{ (g)}$	$v_{\text{solução}} \text{ (mL)}$
5	46,2694	49,3282	3,4
4		50,6727	4,8
2		51,3099	5,3

## 6.4. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio)

Tabela 6.4. Resultados do teste da densidade (utilizando CaCl<sub>2</sub>)

Amostra	m <sub>proveta</sub> (g)	m <sub>proveta+solução</sub> (g)	v <sub>solução</sub> (mL)
1	41,3230	46,4492	3,7
3		49,1469	6,0
6		50,6528	8,9

## 6.5. Teste da temperatura de amolecimento/fusão

Tabela 6.5. Resultados do teste de amolecimento/fusão

Amostra	T <sub>amolecimento/fusão</sub> (°C)	Observações
1	-	-
2	~ 140	Amoleceu
3	~ 80	Tornou-se maleável
4	~ 100	Amoleceu
5	~ 180	Amoleceu
6	~ 90	Fundiu-se

## 6.6. Teste do comportamento com solvente (tolueno)

Tabela 6.6. Resultados do teste do comportamento com solvente

Amostra	Alterações ocorridas
1	Não se observaram alterações
2	Não se observaram alterações
3	Alteração da forma da amostra
4	Não se observaram alterações
5	Não se observaram alterações
6	Solubilizou-se

## 7. Tratamento dos resultados experimentais

### 7.1. Teste da chama

Tabela 7.1. Análise dos resultados do teste da chama

Material	Cor da chama	Plástico(s) que apresenta(m) chama com as características observadas
1	Amarela	PET, HDPE, LDPE ou PP
2	Amarela	PET, HDPE, LDPE ou PP
3	Verde	PVC
4	Amarela	PET, HDPE, LDPE ou PP
5	Amarela	PET, HDPE, LDPE ou PP
6	Amarela fuliginosa	PS ou PET

### 7.2. Teste da densidade (1ª parte: utilizando água)

Tabela 7.2. Análise dos resultados do teste da densidade (utilizando água)

Amostra	Plástico(s) com densidade compreendida no intervalo obtido
1	PET, PVC ou PS
2	HDPE, LDPE ou PP
3	PET, PVC ou PS
4	HDPE, LDPE ou PP
5	HDPE, LDPE ou PP
6	PET, PVC ou PS

### 7.3. Teste da densidade (2ª parte: utilizando etanol)

Tabela 7.3. Análise dos resultados do teste da densidade (utilizando etanol).

Amostra	$m_{\text{solução}}$ (g)	Densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Plástico com densidade mais próxima
5	3,0588	0,90	PP ou LDPE
4	4,4033	0,92	PP ou LDPE
2	5,0405	0,95	HDPE

## 7.4. Teste da densidade (3ª parte: utilizando cloreto de cálcio)

Tabela 7.4. Análise dos resultados do teste da densidade (utilizando cloreto de cálcio)

Amostra	$m_{\text{solução}}$ (g)	Densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Plástico com densidade mais próxima
1	5,1262	1,39	PET
3	7,8229	1,30	PVC
6	9,3298	1,05	PS

## 7.5. Teste da temperatura de amolecimento/fusão

Tabela 7.5. Análise dos resultados do teste da temperatura de amolecimento/fusão

Amostra	$T_{\text{amolecimento/fusão}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Plástico(s) com comportamento semelhante
1	> 200	PET
2	~ 140	HDPE
3	~ 80	PVC ou PS
4	~ 100	LDPE ou PS
5	~ 180	PP
6	~ 90	PVC, LDPE ou PS

## 7.6. Teste do comportamento com solvente (tolueno)

Tabela 7.6. Análise dos resultados do teste do comportamento com solvente (tolueno)

Amostra	Plástico(s) com comportamento semelhante
1	PET ou PP
2	PET ou PP
3	HDPE, PVC ou LDPE
4	PET ou PP
5	PET ou PP
6	PS

## 8. Discussão dos resultados

Para a realização desta actividade experimental utilizaram-se amostras de objectos de plásticos dos tipos mais utilizados no dia-a-dia, numeradas de 1 a 6, de acordo com o seu código de identificação. Assim, para comparação dos resultados obtidos, as amostras correspondem aos seguintes materiais:

Tabela 8.1. Correspondência entre o número da amostra e o respectivo plástico

Amostra nº	Código de identificação	Plástico
1	1	PET
2	2	HDPE
3	3	PVC
4	4	LDPE
5	5	PP
6	6	PS

A realização do teste da chama permite identificar o PVC. O PVC, devido à presença do ião cloreto, quando exposto a uma chama, faz com que esta apresente uma coloração verde característica.

A amostra nº 3 apresentou uma chama de cor verde. A amostra nº 3 é de PVC, o que se confirma pela realização do teste.

A chama apresentada pelos restantes materiais é amarela, não permitindo a sua identificação. Foi, no entanto, possível observar uma chama amarela fuliginosa na amostra nº 6, característica do PS e do PET. O material nº 6 é o PS, portanto a chama é característica deste material, no entanto, como o PET também apresenta uma chama semelhante, a distinção destes dois materiais não é possível de se fazer recorrendo apenas a este teste.

O teste da densidade, utilizando água, permite separar os plásticos em dois grandes grupos: plásticos com densidade maior que a da água ( $1 \text{ g cm}^{-3}$ ) e plásticos com densidade menor que a da água. Desta forma, a realização deste teste não permite identificar materiais, mas permite, de uma forma muito simples, distinguir entre dois plásticos, um com densidade maior que  $1 \text{ g cm}^{-3}$  e outro com densidade menor que  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .

Os plásticos que apresentam densidade menor que  $1 \text{ g cm}^{-3}$  são as poliolefinas (HDPE, LDPE e PP). Na realização deste teste, as amostras que flutuaram à superfície da água, ou seja, que são menos densas que a água, foram as amostras nº 2, 4 e 5 (HDPE, LDPE e PP respectivamente), o que vai de acordo com o esperado.

Os plásticos que apresentam densidade maior que  $1 \text{ g cm}^{-3}$  são o PET, o PVC e o PS. Na realização deste teste, as amostras que se depositaram no fundo da proveta com água, ou seja, que são mais densas que a água, foram as amostras nº 1, 3 e 6 (PET, PVC e PS respectivamente), o que vai de acordo com o esperado.

A realização deste teste permite, para além de separar os vários plásticos em mais ou menos densos que a água, preparar o teste de determinação da densidade pelo método de flutuação. Neste método, a determinação aproximada da densidade é feita por comparação com a densidade de uma solução. Assim, para determinar a densidade dos materiais é necessário utilizar soluções com densidades próximas da das amostras.

A determinação aproximada da densidade dos diferentes materiais, pelo método de flutuação utilizando etanol, pode ser efectuada com materiais com densidade inferior a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ , dado que uma solução de etanol nunca poderá ter densidade superior a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .

Com este método foi possível obter densidades compreendidas nos intervalos definidos para cada material. A densidade obtida para a amostra 5 (PP) foi de  $0,90 \text{ g cm}^{-3}$ , estando a densidade deste material compreendida entre  $0,85\text{-}0,92 \text{ g cm}^{-3}$ , para a amostra nº 4 (LDPE) obteve-se uma densidade de  $0,92 \text{ g cm}^{-3}$ , que também esta compreendida no intervalo esperado ( $0,91\text{-}0,93 \text{ g cm}^{-3}$ ). Estes dois materiais possuem densidades muito próximas, pelo que a determinação da sua densidade, por si só, não permite, de forma garantida, a sua diferenciação. Para a amostra nº 2 (de HDPE) obteve-se uma densidade de  $0,95 \text{ g cm}^{-3}$ , compreendida no intervalo de densidades deste material ( $0,94\text{-}0,97 \text{ g cm}^{-3}$ ). Dado que a densidade deste último material é significativamente superior à dos outros dois (PP e LDPE), a identificação do HDPE pode ser feita recorrendo a este teste.

A determinação aproximada da densidade, pelo método da flutuação, utilizando cloreto de cálcio, permite distinguir os diferentes plásticos com densidade superior a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ . Foram obtidos valores de densidade compreendidos nos intervalos característicos de cada material. Para a amostra 1 (PET) obteve-se uma densidade de  $1,39 \text{ g cm}^{-3}$  (densidade característica de  $1,38\text{-}1,41 \text{ g cm}^{-3}$ ), para a amostra 3 (PVC) obteve-se uma densidade de  $1,30 \text{ g cm}^{-3}$  (densidade

característica de 1,19-1,35 g cm<sup>-3</sup>) e para a amostra 6 (PS) obteve-se um valor de 1,05 g cm<sup>-3</sup> (densidade característica de 1,05-1,08 g cm<sup>-3</sup>).

A determinação da temperatura de amolecimento/fusão dos diferentes materiais, recorrendo a um banho de areia, é uma tarefa de difícil execução. O banho, ao ser opaco, dificulta a observação das amostras, assim, não é possível determinar com rigor a temperatura de amolecimento/fusão dos diferentes materiais, mas apenas fazer uma estimativa e análise global ao comportamento do material com o calor.

A ordem pela qual os materiais deveriam amolecer/fundir foi observada, não sendo possível observar o amolecimento da amostra 1 (PET), dado que apenas se efectuou o aquecimento até 200 °C e a temperatura de amolecimento/fusão deste material é superior (250-260 °C).

Este teste não permite distinguir materiais com temperaturas de amolecimento/fusão próximas, como é o caso do PS, PVC, LDPE e HDPE, no entanto, permite a distinção de dois materiais com temperaturas de amolecimento/fusão bastantes afastadas (por exemplo, permite distinguir o PS, com temperatura de amolecimento/fusão compreendida entre 70 - 115 °C, e o PET, com temperatura de amolecimento/fusão compreendida entre 250 - 260 °C).

A análise do comportamento dos diferentes plásticos com solvente (tolueno), permite distinguir o PS, pois este é o único material que é solúvel em tolueno e tal observou-se com a amostra nº 6 (de PS). O PET e o PP são insolúveis em tolueno e observou-se que a amostra nº 1 (de PET) e nº 5 (de PP) não sofreram alterações, como seria de esperar. No entanto, o HDPE, o PVC e o LDPE são plásticos que sofrem inchamento quando colocados em tolueno e tal só se observou para a amostra nº 3 (de PVC). Para as restantes amostras não foi possível observar o inchamento, dado que este, provavelmente, não é detectado a olho nu. Assim, poder-se-ia pesar as amostras antes e depois de colocadas no solvente e verificar se ocorreria aumento da massa, caso o material absorvesse algum solvente.

## **9. Sugestões metodológicas**

A realização de testes físico-químicos para a identificação de plásticos é uma actividade que permite diferenciar os diferentes plásticos. No entanto, a realização de um só teste, que apenas avalie uma propriedade dos materiais, poderá não ser suficiente para a identificação de todos os materiais. Assim, sugere-se a realização dos diferentes testes, para as diferentes

amostras desconhecidas, e por comparação das características aferidas com as da bibliografia, efectuar a sua identificação.

Nesta sequência, a exploração desta actividade experimental com os alunos poderá ser efectuada recorrendo a uma “marcha” identificativa dos diferentes plásticos, de acordo com o apresentado no fluxograma da figura 9.1.

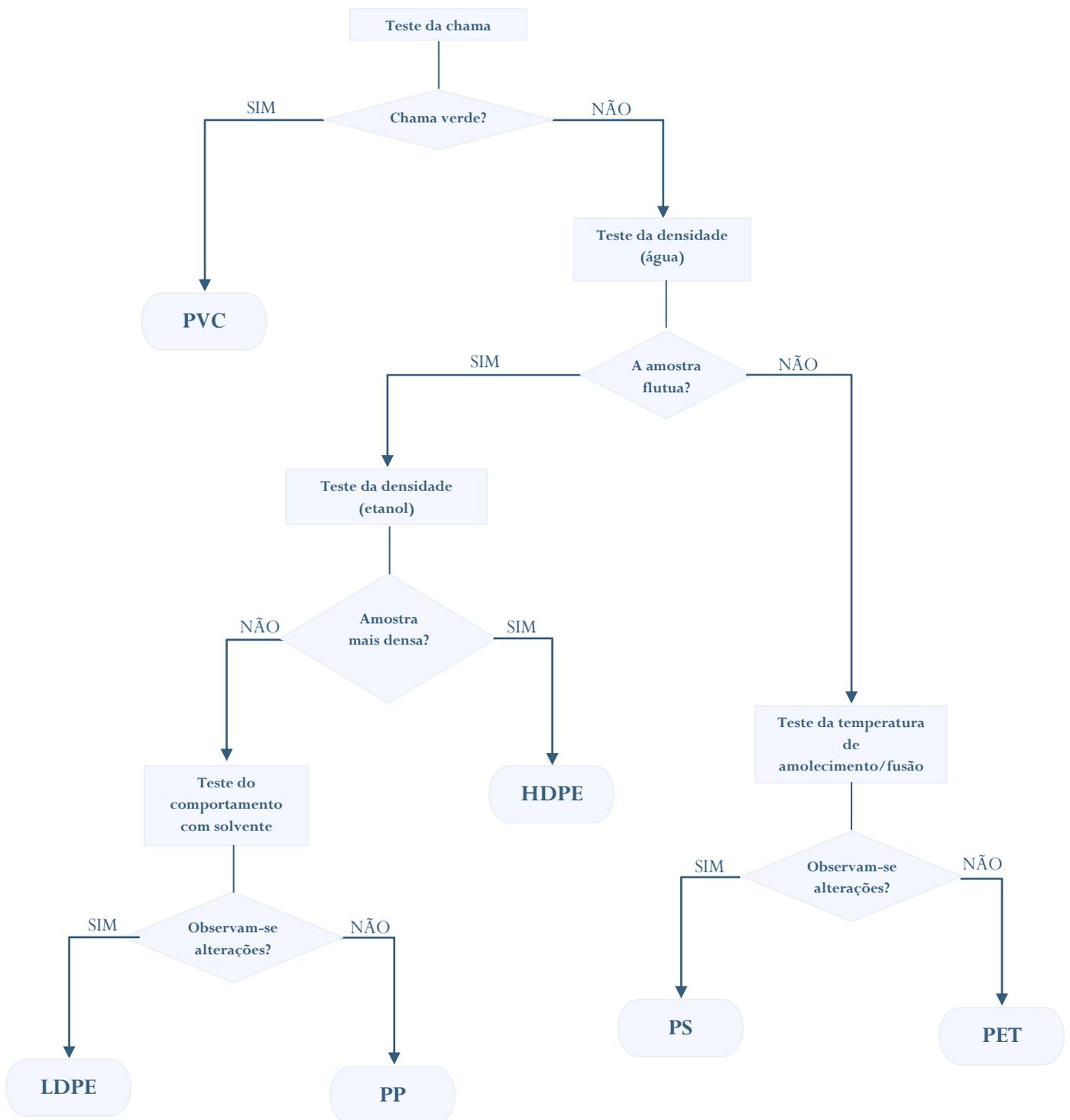


Figura 9.1. Marcha identificativa para identificação de plásticos

Assim, poder-se-á iniciar a actividade experimental efectuando o teste da chama. Se o material queimar com dificuldade e a chama formada apresentar coloração verde, então o material será o PVC.

Após este teste, poder-se-á submeter os restantes materiais ao teste da densidade (utilizando água). Os materiais que flutuarem apresentarão densidade inferior à da água, ou seja, densidade inferior a  $1 \text{ g/cm}^3$ . Estes materiais poderão ser o HDPE, o LDPE ou o PP. Os restantes materiais que se depositarem no fundo da proveta terão densidade superior a  $1 \text{ g/cm}^3$  e poderão, então, ser o PET ou o PS.

Para distinguir o PET do PS (materiais que se depositaram no fundo da proveta), poder-se-á efectuar o teste da temperatura de amolecimento/fusão. O material que sofrer alterações do seu aspecto físico será o PS, pois apresenta temperatura de fusão/amolecimento inferior a  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ . O PET não sofrerá alterações na sua aparência, dado que a sua temperatura de amolecimento/fusão é superior a  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para distinguir o HDPE do LDPE e do PP (materiais que flutuaram sobre a água), sugere-se que se efectue o teste da densidade (utilizando etanol). Introduzindo os três materiais na proveta com solução alcoólica e adicionando, gota a gota, um pouco de água, poder-se-á verificar quais os dois materiais menos densos (os dois primeiros a flutuar serão os que apresentam menor densidade - LDPE e PP). Continuando a adição de água, o material mais denso – HDPE - também ficará em suspensão e, assim, será possível a sua identificação.

Com o objectivo de distinguir o LDPE do PP, sugere-se que se efectue o teste do comportamento com solvente. O PP não reage com o tolueno, pelo que não se observará qualquer alteração no seu aspecto, enquanto que o LDPE reage, absorvendo-o, pelo que haverá alteração da sua forma inicial.