

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às minhas filhas Dália Sofia e Lara Sofia. Espero que quando elas forem crescidas percebam que aquele tempo que não gozamos juntos, por eu estar muito longe a dedicar a esta dissertação, tivesse também como objectivo demonstrar-lhes que só através do estudo, do trabalho e da dedicação a um projecto engrandecemos como seres humanos e também como profissionais.

Dedico também à minha esposa, Maria de Lourdes Moniz, de quem recebi apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Um dos momentos mais gratificante no processo da conclusão de uma tese é aquele em que o autor tem a possibilidade de agradecer aos que auxiliaram nessa realização, porque é raro um investigador fazer o seu trabalho sem recorrer aos outros.

Agradeço à minha família, que apesar de distante, sempre esteve presente na minha vida e compartilhou todos os meus momentos felizes e infelizes.

Os meus mais sinceros agradecimentos:

Ao Professor Paulo Alexandre Mira Mourão, orientador desta tese, por todo o apoio prestado, pela sua disponibilidade incontestável, compreensão e estímulo prestados desde o primeiro momento de trabalho até à sua conclusão, visando sempre o meu desenvolvimento profissional e pessoal honrando a minha autonomia e forma de trabalhar.

À Professora Margarida Figueiredo pelo apoio prestado durante esses dois anos e principalmente na aquisição de alguns dos documentos que ajudaram na elaboração deste trabalho.

À senhora Maria Manuela Borrego Barradas pelo apoio incondicional a nível dos materiais na realização das práticas laboratoriais.

Aos professores Henrique Bilou Chaveiro e Victor Hugo por terem disponibilizado e acompanhado a implementação das actividades com os seus alunos bem como a concessão dos inquéritos.

Ao meu irmão José António Moniz pelo apoio incondicional durante todos esses anos.

Aos professores de Física e Química do Ensino Secundário que participaram neste estudo, sem os quais este trabalho não poderia ter sido efectuado.

Às direcções das escolas secundárias Severim de Faria e Pedro Gomes, respectivamente em Portugal e Cabo Verde. Em particular, à subdirectora da Escola Severim de Faria pelo fornecimento das informações utilizados na caracterização da escola e dos alunos.

Ao colega Dilson da Cruz Pereira pela autorização do laboratório da universidade Jean Piaget para a realização das práticas laboratoriais e ao Hélio Daniel Rocha pela ajuda e acompanhamento durante as experiências.

Ao colega Carlos Alberto Garcia pelo apoio prestado na área da informática.

A todos os Professores que contribuíram para a minha formação, durante todo o meu percurso escolar, sem a qual não teria desenvolvido esta dissertação.

Gostaria ainda de expressar os meus profundos agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

Actividade de Projecto Laboratorial:”Reciclagem de PET via Despolimerização e Polimerização”

RESUMO

O homem criou caminhos para o destino dos resíduos, recorrendo à reciclagem como solução que vem modificando a terra num lugar preferível para o seu habitat. Neste contexto foi realizado o estudo de um projecto de actividade laboratorial sobre a reciclagem de PET via despolimerização e polimerização aplicado ao ensino secundário (nível de 12ºano). Este trabalho tem como objectivo principal dotar os alunos de conhecimento técnico-científico necessário para a prática laboratorial e despertar nos professores interesse pela importância que têm as actividades práticas laboratoriais no ensino da Química, e em especial no estudo dos polímeros. Para este estudo foram escolhidas duas escolas, a ESPG em Cabo Verde (Praia) e a ESSF em Portugal (Évora).

Os resultados obtidos revelam que as actividades práticas laboratoriais têm um impacto positivo no processo ensino aprendizagem, não só pela via do conhecimento e interesse dos alunos, como da motivação dos professores.

Palavras-chave: Actividade de projecto laboratorial, reciclagem de PET, despolimerização, polimerização, ensino secundário.

Project Laboratory Activity: “Recycling of PET via Depolymerization and Polymerization”

ABSTRACT

The man has created routes for the disposal of waste using recycling as a solution that has been changing the earth in a better a place for their habitat. In this context a project of laboratorial activity about the recycling of PET via polymerization and depolymerization to be applied in the secondary school was studied (year 12). This work as a main goal provide to the students technical and scientific knowledge necessary for laboratory practice and stimulate the interest of the teachers about the importance of the practical activities in teaching of chemistry, and in particular on the study of polymers. For this study we selected two schools, the ESPG in Cape Verde (Praia) and ESSF in Portugal (Évora).

The results show that laboratory practice activities have a positive impact in the learning process, not only by the knowledge and interest ways of students, but also by the motivation of the teachers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de polímeros quanto ao tipo de reacção	28
Figura 2 - Fórmula geral dos polímeros de adição	28
Figura 3 - Fórmula geral da obtenção do polietileno.....	29
Figura 4 - Fórmula geral da obtenção do polipropileno.....	29
Figura 5 - Fórmula geral da obtenção do poli(cloreto de vinilo) [24].	29
Figura 6 - Fórmula geral da obtenção do poli (acetato de vinilo)	30
Figura 7 - Esquema de copolímeros aleatórios.....	30
Figura 8 - Esquema de copolímeros alternantes.....	30
Figura 9 - Esquema de copolímeros em bloco	30
Figura 10 - Esquema de copolímeros de inserção	31
Figura 11 - Fórmula geral dos polímeros de condensação.....	31
Figura 12- Fórmula geral da obtenção do polifenol ou baquelite.....	31
Figura 13 - Fluxograma esquemático da reciclagem de plásticos após a separação por tipo de resina [41].....	45
Figura 14 - Extrusora utilizada na reciclagem mecânica de plásticos	48
Figura 15 - Fluxograma genérico da reciclagem química.....	50
Figura 16 - Esquema ilustrativo da reciclagem energética [33]	53
Figura 17 - A produção mundial de plásticos 2008 por país e região [62].	55
Figura 18 - Reciclagem e taxa de recuperação de energia por país [64]	56
Figura 19 - Montagem do equipamento para a experiência da despolimerização do PET	72
Figura 20 - Corte de garrafa PET, a) alunos da ESSF, b) alunos da ESPG.	72
Figura 21 - Pesagem de garrafa PET, a) alunos da ESSF, b) alunos da ESPG.	73
Figura 22 - Adição do ácido sulfúrico à solução	74
Figura 23 - Pesagem da massa do ácido tereftálico recuperado.....	74
Figura 24 - Equação de despolimerização do PET via hidrólise alcalina com formação do ácido tereftálico (TPA) e o etileno glicol (EG).	75
Figura 25 - Observação da libertação de CO ₂ com adição da solução alcalina de bicarbonato de sódio	76
Figura 26 - Equação que mostra a libertação do CO ₂	76
Figura 27 - Montagem do equipamento para a experiência da polimerização do PET (1ª parte)	77

Figura 28 -Pesagem do tereftalato de dimetilo, a) alunos da ESSF, b) alunos da ESPG.....	77
Figura 29 - Reacções químicas envolvidas na formação do intermediário e do produto da reacção.....	78
Figura 30 - Alteração da disposição do aparelho de refluxo e recolha do destilado	79
Figura 31 - Divisão da solução em dois volumes iguais para indução do processo de cristalização”por risco no vidro” ou “adição de água destilada”.....	81
Figura 32 – Espectro de infravermelho do PET	82
Figura 33 – Espectro de infravermelho do ácido tereftálico	83
Figura 34 – Análise termogravimétrica do PET	83
Figura 35 – Análise termogravimétrica do ácido tereftálico	84
Figura 36 – Difractograma de raios X após smoothing dos valores experimentais do PET....	84
Figura 37 – Difractograma de raios X após smoothing dos valores experimentais do ácido tereftálico.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Algumas aplicações dos polímeros condutores	33
Tabela 2 - Plásticos mais utilizados no fabrico de artigos de uso corrente.....	39
Tabela 3- Evolução da Reciclagem no 1º Semestre de 2010	59
Tabela 4 - Dados estatísticos de taxas de reciclagem em 2009	60
Tabela 5- Testes de solubilidade do ácido tereftálico.....	75
Tabela 6 - Espaços físicos da ESPG	90
Tabela 7 - Outros espaços	91
Tabela 8 - Repartição do número de turmas e alunos por ano de escolaridade.....	91
Tabela 9 - Órgãos de gestão da ESPG e sua composição	92
Tabela 10 - Repartição do número de turmas e alunos por ano de escolaridade.....	92
Tabela 11 - Oferta formativa da ESSF.....	93
Tabela 12 - Espaços físicos da ESSF.....	93
Tabela 13 - Outros espaços.	93
Tabela 14 - Concelho geral da ESSF e sua composição	94
Tabela 15 - Conselho pedagógico da ESSF e sua composição	94
Tabela 16 - Caracterização dos alunos do 12 ano da turma CT1, da ESPG.	95
Tabela 17 - Caracterização dos alunos do 12 ano da turma CT1, da ESSF.	96
Tabela 18 - Caracterização dos professores das Escolas Secundárias de Cabo Verde.....	97
Tabela 19 - Caracterização dos professores das Escolas Secundárias de Portugal - distrito de Évora	97
Tabela 20 - Opinião sobre as aulas práticas laboratoriais realizadas.....	102
Tabela 21 - Expectativas dos alunos perante as aulas práticas realizadas.	102

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BHET	Tereftalato de bis(2-hidroxietileno)
CT	Científico-tecnológico
DMT	Tereftalato de dimetileno
DP	Grau de polimerização
EG	Etileno glicol
ESPG	Escola Secundária Pedro Gomes
ESSF	Escola Secundária Severim de Faria
EU	União Europeia
EUA	Estados Unidos de América
Ex.	Exemplo
INGRH	Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos
LDPE	Polietileno de baixa densidade
MAS	Associação dos Municípios de Santiago
mc.	Massa de cristais
N	Número de alunos inquiridos
N.R.	Não respondeu
NResp	Número de respostas a cada expectativa
Pa	Pascal
PBs	Polímeros biodegradáveis
PCL	Poli(caprolactona)
PE	Polietileno
PE	Parlamento Europeu
PEBD	Polietileno de alta densidade
PES	Polimerização no estado sólido
PET	Poli(tereftalato de etileno)
PETr	PET reciclado
PHB	Poli(ácido 3-hidroxibutírico)
PHBv	Poli(hidroxibutirato-co-hidroxivalerato)
PLA	Poli(ácido láctico)
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno

PVC	Policloreto de vinilo
RCD	Resíduos de construção e demolição
RSU	Resíduo sólido urbano
Tf	Temperatura de fusão
TMB	Tratamento mecânico biológico
TPA	Ácido tereftálico
Tref	Temperatura de refluxo
UV	Radiação ultravioleta
VE	Visita de estudo

ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS.....	II
Actividade de Projecto Laboratorial:”Reciclagem de PET via Despolimerização e Polimerização”.....	IV
RESUMO	IV
Project Laboratory Activity: “Recycling of PET via Depolymerization and Polymerization” V	
ABSTRACT	V
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	IX
CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA.....	2
1.2. OBJECTIVOS DO TABALHO	6
1.3. ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO	7
CAPÍTULO II. REVISÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA.....	9
2.1. O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO SECUNDÁRIO EM CABO VERDE.....	10
2.2. O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO SECUNDÁRIO EM PORTUGAL.....	13
2.3. EXPERIMENTAÇÃO EM QUÍMICA	18
2.4. A ACTIVIDADE DE PROJECTO LABORATORIAL NO ENSINO DA QUÍMICA	22
CAPÍTULO III. REVISÃO DA LITERATURA	24
3.1. POLÍMEROS	25
3.2. PLÁSTICOS VERSUS POLÍMEROS	28
3.2.1. Tipos de Polímeros.....	28
3.2.2. Aplicações de Polímeros	31
3.2.3. Tipos de Plásticos.....	33
3.2.4. Aplicações de Plásticos	36
3.3. PLÁSTICO E DESPERDÍCIOS PLÁSTICOS.....	40
3.3.1. O Porquê da Reciclagem de Plásticos	40
3.3.2. Tipos de Reciclagem	43
3.4. CÍCLO DE VIDA DOS PLÁSTICOS.....	53
3.4.1. Uma gestão integrada e equilibrada	53

3.4.2. Alguns números e estatísticas	55
3.4.3. O panorama em Portugal e em Cabo Verde	58
3.5. IMPORTÂNCIA DO PET	61
3.5.1. Aplicações do PET	61
3.5.2. Síntese do PET	61
3.5.3. Reciclagem do PET	64
3.5.4. Aplicações do PETr.....	65
3.5.5. PET para embalagens alimentares, o caso particular das garrafas.....	66
CAPITULO IV. PARTE EXPERIMENTAL.....	69
4.1. MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E REAGENTES.....	70
4.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	71
4.2.1. Despolimerização	71
4.2.2. Polimerização.....	76
4.3. OUTRAS TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO	82
4.3.1. Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	82
4.3.2. Análise termogravimétrica (TGA).....	83
4.3.3. Difracção de raios X (DRX).....	84
CAPITULO V. ESTUDO DE CAMPO.....	86
5.1. TÉCNICAS DE INVESTIGAÇÃO E MATERIAL DE SUPORTE	87
5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	90
5.2.1. As escolas	90
5.2.2. Os alunos	95
5.2.3. Os professores.....	96
5.3. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	98
5.3.1. Análise dos inquéritos aos alunos antes das actividades práticas laboratoriais.....	98
5.3.2. Análise dos inquéritos aos Docentes.....	99
5.3.3. Análise dos inquéritos aos alunos após as actividades práticas laboratoriais.....	101
CAPITULO VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
BIBLIOGRAFIA	108
ANEXOS.....	115
ANEXO 1. PROTOCOLO - RECICLAGEM DO PET VIA DESPOLIMERIZAÇÃO....	116
ANEXO 2. MONTAGEM DO EQUIPAMENTO PARA A EXPERIÊNCIA	119
DA DESPOLIMERIZAÇÃO DO PET.	119

ANEXO 3. PROTOCOLO - RECICLAGEM DO PET VIA POLIMERIZAÇÃO	120
ANEXO 4. GUIÃO DO INQUÉRITO.....	123
ANEXO 5. INQUÉRITO AOS ALUNOS ANTES DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS LABOARATORIAIS	124
ANEXO 6. INQUÉRITO AOS ALUNOS APÓS A REALIZAÇÃO DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS LABOARATORIAIS	127
ANEXO 7. INQUÉRITO AOS DOCENTES	128
ANEXO 8. AUTORIZAÇÃO DOS PAIS ENCARREGADOS DA EDUCAÇÃO PARA A INSERÇÃO DAS FOTOGRAFIAS DOS SEUS EDUCANDOS NESTE TRABALHO .	131
ANEXO 9. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS AOS DOCENTES	132
ANEXO 9.1. Resposta de inquérito de algumas questões fechadas dos professores Cabo- verdianos	132
ANEXO 9.2. Resposta de inquérito de algumas questões fechadas dos professores Portugueses, distrito de Évora	132
ANEXO 9.3. Transcrição de inquérito feito aos docentes Cabo-verdianos.....	133
ANEXO 9.4. Transcrição de inquérito feito aos docentes Portugueses, distrito de Évora	143
ANEXO 10. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS AOS ALUNOS	148
ANEXO 10.1. Resposta de inquérito dos alunos da ESSF relativamente às questões 13, 22, 23, 25, 29, 30	148
ANEXO 10.2. Resposta de inquérito dos alunos da ESPG relativamente às questões 13, 22, 23, 25, 29, 30	149
ANEXO 10.3. Resposta de inquérito dos alunos da ESSF relativamente às questões 9, 10, 11, 12.....	150
ANEXO 10.4. Resposta de inquérito dos alunos da ESPG relativamente às questões 9, 10, 11, 12.....	151
ANEXO 10.5. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS DOS ALUNOS APÓS À	152
REALIZAÇÃO DAS PRÁTICAS LABORATORIAIS	152
ANEXO 10.5.1. Resposta de inquérito dos alunos da ESSF relativamente às questões 1, 2, 3.....	152
ANEXO 10.5.2. Resposta de inquérito dos alunos da ESPG relativamente às questões 1, 2, 3	155

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

O desenvolvimento da sociedade e tecnologia humana nos últimos séculos estiveram sempre ligados à geração de resíduos. Com esse desenvolvimento houve melhorias nas condições de vida das pessoas a nível mundial, mas também houve um crescimento na geração e acumulação, provenientes da produção do lixo domiciliário, hospitalar, industrial e entre outros. Esses resíduos sólidos eram constituídos principalmente por papel, papelão, plástico, resíduos orgânicos, vidros, resíduos químicos e metais.

Entre os diversos danos provocados ao meio ambiente, um está relacionado com os resíduos plásticos, em particular as quantidades de embalagens de PET. Estes têm aumentado exponencialmente, devido à substituição das embalagens de papel e de vidro pelas embalagens de plásticos.

Este aumento representa actualmente um problema ambiental devido à acumulação de resíduos, que em geral levam muito tempo para sofrer degradação espontânea e, que quando queimados, produzem gases tóxicos. Este é o principal problema deste tipo de embalagens.

A introdução do PET no sector de embalagens plásticas deu origem a um novo problema ambiental: os grandes volumes destes plásticos que são descartados diariamente geram além da poluição visual provocada pela dispersão ao longo das ruas. Também devido à chuva essas garrafas são arrastadas pelas enxurradas até a entrada de galerias pluviais causando o entupimento destas e conseqüentemente problemas de inundações [1].

O problema da poluição tem despertado grande preocupação e em contacto com factores económicos, preço de petróleo, estimulam o desenvolvimento da reciclagem destes plásticos. Os esforços são no sentido de não só reciclar peças defeituosas, como também aquelas descartadas após o consumo, estimulando as indústrias de reciclagem e a pesquisa científica na área [1].

A utilização do PET pós consumo na produção de novos copolímeros tem como foco desenvolver uma alternativa que minimize o impacto ambiental quando estes são descartados.

A reciclagem de PET reduz a quantidade de resíduos depositados nos aterros sanitários, prolongando sua vida útil [2].

O incentivo e o consumo de produtos de plásticos recicláveis é um caminho que proporciona a redução do consumo de materiais não renováveis, a minimização de resíduos, o aumento da vida útil dos locais de disposição final e contribui para a qualidade de vida e um desenvolvimento sustentável [2].

O plástico conquistou espaço de grande importância para a sociedade actual graças às propriedades como leveza, boa resistência mecânica, e moldabilidade a baixa temperatura aliado a um preço baixo. Porém os desperdícios plásticos devido à pouca degradabilidade e baixo densidade ocupam vastos espaços no ambiente por um longo intervalo de tempo. Com o crescente uso deste tipo de material principalmente na área de embalagens, cujo descarte é muito mais rápido quando comparado a outros produtos, tem-se um agravamento da situação dos locais de destino de lixo.

Analisando os aspectos ambientais da gerência de resíduos sólidos urbanos, cada vez mais são importantes estudos que provêm que a reciclagem dos plásticos é viável [3].

Actualmente a reciclagem de materiais ganha cada vez mais importância. A montante desta etapa, reciclar, à necessidade de separar e a jusante, a de valorizar os resíduos, constituindo estes os factores fundamentais de todo o processo de reciclagem.

Nesta perspectiva, a necessidade de estabelecer actividades laboratoriais, que permitam aos alunos identificar claramente as vantagens de uma postura consciente, sustentada e responsável, ganha cada vez mais relevância no seio dos docentes. Por outro lado, estas actividades permitem que os alunos desenvolvam uma capacidade de pesquisa, planificação, desenvolvimento e implementação de estratégias e actividades, subjacentes a um objectivo concreto.

Neste contexto, foi elaborada, desenvolvida e aplicada uma *Actividade de Projecto Laboratorial*, que consiste na reciclagem de resíduos plásticos, do polímero PET poli

(tereftalato de etileno), passando pela obtenção de monómero e terminando na produção de novo PET e consequentemente na valorização dos resíduos de partida.

A obtenção de monómero processa-se numa só etapa, passível de realização a nível industrial. No entanto, o processo de síntese industrial envolve duas etapas, tendo como reagentes de partida o ácido tereftálico e o etileno glicol. Devido às exigências em termo de pressão e temperatura elevada, esta síntese não é facilmente reproduzível nem adequada à realização em laboratório. Mas em laboratório é possível simular a mesma mediante uma reacção de transesterificação a partir do tereftalato de dimetilo. É ainda possível determinar em tempo real, a evolução do equilíbrio da reacção e a composição do produto por remoção de um dos componentes.

A actividade de projecto laboratorial desenvolvida neste trabalho destina-se preferencialmente aos alunos do ensino secundário, uma vez que além das vantagens referidas, enquadra-se claramente nos programas escolares com unidades que envolvem a área dos Polímeros.

Este projecto laboratorial foi aplicado em contexto real, o que permitiu a observação e a recolha de informações, dos alunos e docentes, visando a avaliação e aperfeiçoamento, do referido projecto.

A escolha deste tema assentou nas seguintes razões:

i) - Este tema é extremamente actual e interdisciplinar, relacionado com as problemáticas ambientais e simultaneamente, permitindo na medida das nossas possibilidades, intervir e encontrar soluções que possam resolver ou atenuar as mesmas;

ii) - O estudo do polímero está programado na última unidade temática do 11º ano, isto é, nas últimas semanas de aulas do 3º trimestre e muitas vezes não são transmitidos na íntegra esses conteúdos aos alunos por causa do tempo e desinteresse por parte de alguns alunos. Sendo este tema de grande importância para a sociedade devido aos grandes impactos ambientais, é por isso necessário inculcar nos alunos o interesse pelo seu estudo e pela reciclagem em geral de uma grande variedade e quantidade de materiais plásticos, em particular pela reciclagem de poli(tereftalato de etileno), PET;

iii) - A actividade prática proposta permite a elucidação de conceitos associados à hidrólise alcalina, despolimerização, polimerização, reacções de esterificação e fundamentos de reciclagem química. Além disto permite a inserção de futuros profissionais, neste caso os alunos, e dos professores de Química em temas de interesse actual e de relevância ambiental.

As embalagens de plásticos levam em média mais de cem anos para se decompor totalmente na natureza, então há necessidade urgente de retirar este material do lixo urbano e encaminhá-lo para reaproveitamento. Esta actividade, além de beneficiar o meio ambiente, possibilita ganhos consideráveis em vários aspectos económicos e sociais. Sendo assim é muito importante e viável a reutilização de resíduos de polímeros do tipo PET e sua aplicação na construção de soluções sustentáveis.

A reciclagem de polímeros é uma alternativa viável para minimizar o impacto ambiental causado pela disposição destes materiais em aterros sanitários. Este tema vem-se tornando cada vez mais importante pois, além dos interesses ambientais e económicos, começa a surgir legislação cada vez mais rígida no sentido de minimizar e disciplinar o descarte dos resíduos sólidos.

A reciclagem das garrafas PET é importante, pois contribui para despertar nos alunos a consciência de que praticamente todo o lixo pode ser reaproveitado, podendo inclusive ser usado na confecção de ricos e criativos materiais didácticos, que servirão de instrumentos para enriquecer as aulas facilitando assim o processo de ensino aprendizagem.

A escolha pelo tema reciclagem do PET deve-se ainda à grande presença e importância desse material no nosso dia-a-dia, além das várias possibilidades de explorar conceitos químicos a partir dele. A reciclagem química de PET através de hidrólise alcalina foi escolhida por se apresentar como um método rápido, simples e com bom rendimento, além da obtenção de um produto de maior valor agregado. Outra grande vantagem é que o ácido tereftálico (TPA), produto final, é obtido com apenas uma reacção (ver figura 24).

O papel da “Química e da Tecnologia” no nosso dia-a-dia exige uma população activa com conhecimento e compreensão suficiente para entender alguns fenómenos que a rodeiam e permitir uma prevenção dos fenómenos malignos que afectam a saúde pública. Uma tendência

actual, no ensino da Química, tem sido a de enfatizar os aspectos sociais, num amplo sentido associados ao desenvolvimento e aplicações desta ciência.

Num mundo em constante mudança, o ensino não se pode apresentar de uma forma “estática”, ou seja, um ensino em que as ciências são apresentadas de forma compartimentada, com conteúdos desligados da realidade, sem uma verdadeira dimensão global e integrada. É então necessário, um ensino que não se limite a um conjunto de factos e conceitos, mais ou menos relacionados entre si, mas sim um ensino que provoque alterações de comportamento dos alunos, que os leve a reconhecer as potencialidades da química e que os prepare de uma forma mais eficaz para as exigências da sociedade actual.

O ensino não se cinge apenas à exposição teórica da matéria, é necessário cativar, dinamizar e envolver os alunos. Pretende-se desenvolver nestes o gosto da investigação científica, atitudes de respeito para com a Natureza, espírito crítico, criatividade assim como a utilização de uma linguagem científica adequada para exprimir factos, hipóteses e teorias.

1.2. OBJECTIVOS DO TABALHO

Este trabalho tem como objectivo dotar os alunos de conhecimento técnico-científico necessário para uma actividade prática laboratorial na disciplina de química sobre a reciclagem química de garrafas PET e fazer com que os educandos e os professores partilhem uma preocupação e um compromisso com os problemas ambientais actuais e sejam capazes de desenvolver metodologias/ procedimentos para evitar e/ ou minimizar os impactos causados pela actuação do homem.

Este trabalho tem ainda os seguintes objectivos:

- i) - Implementar uma actividade experimental que constitua um recurso para os professores na realização das práticas laboratoriais sobre polímero;
- ii) - Contribuir para o incentivo e valorização das práticas laboratoriais no ensino da Química, no secundário, em particular Cabo Verde;
- iii) - Despertar nos professores interesses pela importância que tem as actividades práticas laboratoriais no ensino da química, e em especial no estudo dos polímeros;

iv) - Contribuir para promover uma utilização mais fundamentada do trabalho prático laboratorial no ensino da química.

v) - Proporcionar aos estudantes do 3º ciclo uma visão actual da área dos materiais plásticos.

1.3. ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO

Tendo em conta os objectivos propostos para o presente trabalho, a dissertação foi organizada e estruturada em seis capítulos principais, que se descreve de seguida.

No primeiro capítulo, efectua-se a apresentação, introduzindo uma breve contextualização do tema, assim como a sua relevância. São apresentados os objectivos e a organização da dissertação.

No segundo capítulo faz-se uma análise do ensino da química no ensino secundário em Cabo Verde e em Portugal, bem como sobre a experimentação em química, em particular sobre as actividades de projecto laboratorial desenvolvida.

No terceiro capítulo, faz-se a revisão bibliografia e a contextualização da reciclagem de polímeros, em particular do PET, onde se abordou os seguintes temas:

- polímeros
- plásticos versus polímeros.
- plásticos e desperdícios plásticos
- ciclo de vida dos plásticos
- importância do PET.

No quarto capítulo, a parte experimental, faz-se uma breve descrição dos procedimentos laboratoriais, identificando os materiais, os equipamentos e os reagentes envolvidos neste trabalho. Neste capítulo faz-se também a descrição experimental da despolimerização e polimerização do PET.

No quinto capítulo, aborda-se o estudo de campo, caracterizando as seguintes amostras: os alunos e os professores de Cabo Verde, ESPG e os de Évora, Escola Secundária Severim de Faria, Portugal. Faz-se também uma descrição das técnicas de investigação e material de

suporte utilizado nos inquéritos aos professores e alunos para efectuar o estudo do tema em questão. Neste capítulo, analisam-se e interpretam-se os resultados dos inquéritos, bem como os das experimentações práticas obtidos para as amostras de reciclagem das garrafas PET após o consumo nessas duas escolas.

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões referentes ao estudo realizado assim como as suas limitações, recomendações e sugestões. A seguir apresentam-se as referências bibliográficas citadas no decorrer da dissertação e por último integram-se os anexos.

CAPÍTULO II. REVISÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA

2.1. O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO SECUNDÁRIO EM CABO VERDE

O processo educativo cabo-verdiano integra a formação teórica e a formação prática, contribuindo em geral para o desenvolvimento global e harmónico do país e, em particular para o desenvolvimento da economia, do bem-estar das populações e para a realização pessoal do cidadão [4].

De acordo com o Decreto-Legislativo nº 2/2010 de 7 de Maio o ensino secundário cabo-verdiano tem a duração de quatro anos e organiza-se em dois ciclos sequenciais de dois anos cada, nos termos seguintes:

- a) Um 1º Ciclo da via do ensino geral, que constitui um ciclo de consolidação do ensino básico e orientação escolar e vocacional;
- b) Um 2º Ciclo com uma via do ensino geral e uma via do ensino técnico.

No final de cada ciclo do ensino secundário, o aluno pode seguir um curso de formação profissional, inicial ou complementar, nos termos e condições a definir em diploma próprio.

O 1º Ciclo do ensino secundário compreende o 9º e o 10º ano de escolaridade. Concluído o 1º ciclo, os alunos podem optar pela via do ensino geral ou pela via do ensino técnico.

A via do ensino geral corresponde à valência do 2º ciclo do ensino secundário destinada à preparação para o prosseguimento de estudos superiores, facilitando também a adaptação do aluno à vida activa.

A via do ensino técnico é a valência do 2º ciclo do ensino secundário programada para a aquisição de conhecimentos técnico-científicos e a obtenção de uma especialização adequada, de forma a permitir o exercício de actividades profissionais determinadas, sem prejuízo para o prosseguimento de estudos superiores.

Ambas as vias de ensino estão organizadas em dois ciclos sequenciais que correspondem ao 9º e 10º ano e ao 11º e 12º ano de escolaridade.

No entanto a lei de base que está em funcionamento é a lei n.º 113/V/99, de 18 de Outubro que diz que o ensino secundário cabo-verdiano tem a duração de seis anos e encontra-se organizado em três ciclos de dois anos cada:

- um 1º ciclo ou tronco comum;
- um 2º ciclo com uma via geral e uma via técnica;
- um 3º ciclo com uma via geral e uma via técnica.

O 1º ciclo ou tronco comum compreende o 7º e 8º ano de escolaridade. De acordo com a organização curricular, o 1º ciclo tem por objectivo aumentar o nível de conhecimento e possibilitar uma orientação escolar e vocacional tendo em vista o prosseguimento de estudos. No termo do 1º ciclo os alunos poderão optar pela via do ensino geral ou pela via do ensino técnico.

O 2º ciclo abrangerá as áreas de formação geral, tecnológica e oficial, de acordo com o plano curricular.

A via do ensino geral visa fundamentalmente a preparação para o prosseguimento de estudos, facilitando também a adaptação do aluno à vida activa. Esta via é organizada em dois ciclos que correspondem ao 2º ciclo, 9º e 10º ano e ao 3º ciclo, 11º e 12º ano de escolaridade.

A via do ensino técnico visa fundamentalmente a preparação para o ingresso na vida activa. Esta via também se encontra organizada em dois ciclos (9º/10º e 11º/12º anos) semelhante à via do ensino geral.

O 3º ciclo organiza-se em moldes idênticos aos do 2º ciclo dando continuidade e reforçando os conhecimentos nas especialidades e ramos anteriormente escolhidos.

O plano de estudos para cada um dos três ciclos é constituído por uma grelha de disciplinas não perfeitamente coincidentes nos dois anos que o constituem com cargas horárias elevadas ao máximo possível, dentro do condicionalismo maior do funcionamento das escolas em regime duplo.

No 1º ciclo foi introduzida a disciplina de Estudos Científicos que foi concebida como suporte teórico de outras disciplinas do plano de estudos como espaço integrado de conceitualização, deve proporcionar ao aluno uma visão global da natureza enraizada nas disciplinas científicas da Física e da Química e a apropriação de processos científicos na resolução de problemas.

Privilegia-se assim a aquisição de um saber operacional. Isto é, de conhecimentos, procedimentos e atitudes como meio para o entendimento dos fenómenos observados dos objectos materiais à nossa volta e do entendimento das relações da ciência e da tecnologia.

No 1º ciclo são introduzidos no 7º os conteúdos relacionados com a Química e no 8º ano estudam-se os conteúdos da disciplina de Física.

No 2º ciclo a Química é introduzida apenas no 9º ano. No 10º ano surgem os conteúdos da Física. É de salientar que os conteúdos estudados no 9º ano são conteúdos propícios para a prática laboratorial. Mas mesmo assim são poucas as escolas e alguns professores que fazem a prática laboratorial.

No 3º ciclo, isto é, no 11º ano a Química surge como disciplina de opção. Mas a partir do ano lectivo 2008/09 a maioria das escolas secundárias introduziram esta disciplina como obrigatória na área científico e tecnológico (CT) devido à sua importância.

Nota-se que no 3º ciclo, 11º e 12º ano de escolaridade, as práticas laboratoriais são mais frequentes e muitas vezes exigidos pelo coordenador da disciplina de Química, uma vez que é o ano pré-universitário.

Em Cabo Verde a prática laboratorial é feita com maior frequência nas áreas das vias do ensino técnico, uma vez, que essas escolas estão mais apetrechadas com equipamentos, materiais, reagentes e com professores qualificados para a sua realização.

A carga horária semanal no 1º e no 2º ciclo na disciplina de Química é de 150 min distribuída em três aulas simples de 50 min o que não facilita muito a prática laboratorial.

No 3º ciclo, a carga horária é de 200 min semanais e distribuída em duas aulas duplas de 100 min, destinadas principalmente à realização de algumas actividades relacionadas com as práticas laboratoriais, o que raramente tem acontecido na maioria das escolas secundárias de Cabo Verde.

O ensino da Química no secundário em Cabo Verde apoiado na prática laboratorial é pouco utilizado e a maioria das escolas que contrariam esta tendência fazem a prática laboratorial de

maneira esporádica e sem a sistematização desejada. Em algumas escolas secundárias os conteúdos são tratados de forma isolada como pacotes, e aos alunos não são apresentadas as inter-relações existentes entre os conteúdos das diversas disciplinas.

No entanto, há cada vez mais professores preocupados com essa situação, da prática laboratorial e esforçam-se em realizar experiências, e quando isso não é possível levam para as aulas apresentações de multimédia para os alunos visualizarem e aumentar a sua motivação, criando assim pontes entre a teoria e uma prática “virtual”.

As aulas de Química em Cabo Verde na sua maioria são apenas teóricas. Isso proporciona desentendimento e até mesmo um desinteresse em relação à disciplina. Neste sentido o Governo, em especial o Ministério da Educação, começou a apostar na formação contínua dos professores e no apetrechamento dos laboratórios, principalmente em adoptar os laboratórios de reagentes e alguns equipamentos. Mesmo assim alguns desses professores adoptam o método do ensino tradicional. Esses professores tomam os conteúdos como um fim em si mesmo, não consideram os objectivos mais amplos da educação.

A abordagem tradicional tão bem caracterizada por Paulo Freire (1996) como ensino bancário, desenvolve-se de forma verbalista. O professor possuidor das verdades que as transmite aos alunos, só cabendo a estes receber e guardá-las. O processo de ensino aprendizagem, visto desta forma, pode acabar por levar o aluno a entender a ciência e seus conhecimentos, como sendo inquestionáveis.

O ensino tradicional de ciências da escola primária aos cursos superiores, tem-se mostrado pouco eficaz, aquém das expectativas da sociedade. Este estado de coisas, não é exclusivo das ciências, mas estende-se a outras áreas de conhecimento.

2.2. O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO SECUNDÁRIO EM PORTUGAL

Uma das mais completas análises do ensino secundário em Portugal no período posterior à implantação da República foi a realizada pelo espanhol Rubén Landa Vaz (1890-1978).

No curso geral o ensino das ciências era, essencialmente, prático sendo realizadas muitas experiências pelo professor perante os alunos. No curso complementar o ensino científico era

o que tinha alcançado uma realização mais perfeita. Para além das aulas expositivas, leccionadas sempre com base em exemplos ou experiências, os alunos tinham uma hora e meia semanal dedicada a trabalhos práticos individuais de Física, Química, História Natural e Geografia. Estes trabalhos tinham sido estabelecidos oficialmente em 1914, mas já antes eram efectuados. Segundo Landa, os alunos demonstravam muito interesse por eles, pedindo, com frequência, autorização para trabalhar nos laboratórios em períodos fora das horas regulamentadas.

Nessa altura e principalmente no Liceu Pedro Nunes, havia uma associação escolar muita activa com pequena intervenção do corpo docente, que tinha uma secção literária e científica dedicada à organização de muitas actividades, como por exemplo no final de cada ano era realizada uma exposição escolar, aberta a toda a comunidade local, onde os alunos exibiam e explicavam aos visitantes e familiares os trabalhos realizados ao longo do ano. Os restantes liceus visitados por Landa tinham funcionamento parecido, apesar de aparentarem menor dinamismo que o Pedro Nunes. Os liceus de província, inclusivamente os de Coimbra e Porto, eram inferiores aos de Lisboa, nomeadamente devido aos edifícios que estes ocupavam que não estavam adaptados às exigências de então [5].

A reforma educativa implementada em Portugal a partir do início dos anos 90 não só reforçou a importância do trabalho laboratorial, como melhorou as condições para promover a sua realização no âmbito das disciplinas de ciências dos ensinos básico e secundário. Todas as aulas deverão ser encaradas como potencialmente de natureza teórica e prática. Acresce ainda o facto de este programa incluir uma secção onde alerta para a existência de diversos tipos de actividades laboratoriais e discutir as potencialidades de cada um deles de modo a chamar a atenção dos professores para a necessidade de adequar o tipo de actividade laboratorial numa dada aula ao objectivo que se pretende atingir com essa actividade [6].

Segundo Gustone (1991) para que o trabalho prático tenha algum efeito sério na reconstrução das ideias dos alunos e no relacionamento de conceitos, os alunos precisam de passar mais tempo a interagir com ideias e menos tempo a interagir com aparatos. Este significa que não é tanto a quantidade de trabalho laboratorial que é importante mas antes a sua qualidade [6].

Analisando os programas actuais de Química dos 10º e 11º anos podemos constatar que os mesmos procuram constituir-se como um caminho para que os alunos possam alcançar um

modo de interpretação do mundo que os rodeia naquilo que o constitui hoje, no quanto e como se afasta do que foi no passado e de possíveis cenários de evolução futura. Procurar-se-á também confrontar explicações aceites em diferentes épocas como forma de evidenciar o carácter dinâmico da Ciência, assente mais em reformulações e ajustes do que em rupturas paradigmáticas.

O programa do 11º ano está organizado em duas unidades centradas em temáticas diferentes. Na primeira, química e indústria: equilíbrios e desequilíbrios, pretende-se que os alunos integrem na apreciação que fazem sobre a importância da produção industrial argumentos técnico-científicos, sociais e económicos e que reconheçam na actividade industrial um dos elementos caracterizadores da cultura actual. Esta intenção é particularmente perseguida ao prever-se uma visita a uma instalação industrial, previamente organizada, criteriosamente estruturada na sua realização e avaliada posteriormente.

Na segunda unidade, da atmosfera ao oceano: soluções na terra e para a terra, pretende-se desenvolver a compreensão dos alunos sobre os sistemas aquosos naturais, distinguir águas próprias para vários tipos de consumo de outras, interpretar diferenças na composição de águas da chuva, de lençóis freáticos e do mar, pese embora o seu principal componente ser sempre o mesmo.

As actividades práticas de sala de aula ou de laboratório devem ser entendidas como vias para alcançar aprendizagens específicas e não como algo que se executa após o desenvolvimento dos temas num formato expositivo. O êxito das tarefas na sala de aula depende do trabalho prévio e da reflexão posterior com vista à consolidação de aprendizagens.

No caso do 11º ano, prevêem-se no total 49 aulas (90 minutos cada), das quais 16 para a unidade 1 (incluindo 3 aulas para a visita a uma indústria) e 27 para a unidade 2. As restantes (6 aulas) ficarão para gestão pelo professor, de acordo com as características da turma, ou situações imprevistas.

A unidade 2 está prevista para 16 aulas (24 horas), sendo três (4,5 horas) de índole prático laboratorial. Contempla-se ainda a visita de estudo (VE) a uma instalação industrial, de preferência Química, a qual deverá ser negociada com uma das empresas da região da escola

ou outras. É fundamental, em termos educativos, que os alunos tenham oportunidade de contactar com sistemas industriais em laboração, conheçam actividades profissionais e se apercebam da transposição que é necessário fazer ao passar de um ensaio químico à escala laboratorial para a escala industrial [7].

O programa do 11º ano, via B, está organizado, em duas unidades, que procuram responder às necessidades de formação na área da Química dos alunos dos Cursos Tecnológicos a que se destina.

Continuam a seleccionar-se alguns dos materiais de origem natural e sintética de utilização alargada, os metais e ligas metálicas e os materiais plásticos. Todos estes materiais têm enormes repercussões na vida diária (pessoal, social e industrial), são obtidos a partir de recursos cada vez mais escassos e por processos que são socialmente contestados e cada vez de forma mais acentuada, pelo impacto ambiental gerado. Através destes temas pretende-se que os alunos compreendam melhor a natureza destes materiais (constituição e estrutura), os processos químicos que os originam, as implicações ambientais que naturalmente ocorrem e os benefícios sociais da sua utilização.

Prevêm-se no total 26 aulas (90 minutos cada), das quais 6 para aulas prático laboratoriais. As restantes aulas ficarão para avaliação e gestão pelo professor de acordo com as características da turma, ou situações imprevistas.

A disciplina de Química é uma das que integram o plano de estudos da componente de formação específica do curso científico humanístico de Ciências e Tecnologias do ensino secundário, no 12º ano, sendo de carácter opcional. Trata-se, portanto, de uma disciplina terminal do ensino secundário que deve proporcionar uma visão actual de aspectos relevantes do conhecimento estruturantes de uma forma científica de interpretar o mundo, e permitir prosseguir para interpretações mais aprofundadas, em estudos de nível superior que envolvam a Química.

De acordo com os princípios da reforma do ensino secundário, a disciplina de Química do 12º ano sucede à disciplina de Física e Química A, dos 10º e 11º anos, orientando-se por princípios comuns, em particular os relativos à componente de Química.

O programa de carácter nacional, conforme estabelecido na estrutura curricular, permite, no entanto, a opção livre por tarefas, estratégias de exploração e metodologias de ensino conforme os interesses e desenvolvimento dos alunos, aspecto que pode ser encarado como uma forma de flexibilização com vista a uma melhor adequação aos interesses dos alunos e factor despoletador de motivação pelo estudo da Química.

A disciplina de Química desenvolve-se ao longo do ano lectivo nas 33 semanas previstas, com uma carga semanal de 3 aulas a que corresponde um total de 99 aulas de 90 min cada. Destas, apenas 82 aulas estão contempladas no desenvolvimento programático proposto, ficando as restantes (17 aulas) para serem geridas pelo professor, tendo em conta as características da turma e/ou situações imprevistas. Uma das sessões semanais deve assumir o formato de aula prático laboratorial e ser conduzida no laboratório equipado para o efeito.

Os programas do ensino secundário de Portugal encontram-se bem estruturados e organizados e com sugestões para as actividades práticas laboratoriais para cada unidade temática, o que orienta e motiva os professores para as práticas laboratoriais a nível do ensino secundário.

Apesar disto verifica-se ainda que em várias escolas secundárias de Portugal o ensino da Química é um pouco teórico. Existe semanalmente uma aula destinada à prática laboratorial, mas devido à grande extensão do programa, dificuldade de acesso ao laboratório para as escolas com um laboratório, falta de materiais, equipamentos e reagentes, e com a preocupação de preparar os alunos para os exames nacionais, muitas vezes não são realizadas algumas das práticas laboratoriais que se encontram no programa.

O ensino das ciências, e em particular da Química, deve proporcionar informação aos alunos sobre carreiras e actividades profissionais que utilizam conhecimento científico e técnico e sobre vias de estudos que confirmam habilitação específica. Ora é no 12º ano que muitos tomam decisões sobre vias de estudos a prosseguir posteriormente. Por isso, o ensino da Química deve ser contextualizado em actividades reais.

2.3. EXPERIMENTAÇÃO EM QUÍMICA

Segundo Goulart, há mais de cem anos já se recomendava o uso do laboratório no ensino de ciências. A experiência é um recurso capaz de assegurar, uma transmissão eficaz dos conhecimentos escolares, porém a falta de preparação dos professores faz com que não seja uma prática constante nas escolas e o ensino de ciências acaba se tornando algo distante da realidade e do quotidiano do aluno [8].

Para Piaget, o conhecimento não é uma qualidade estática e sim uma relação dinâmica. A forma de um indivíduo abordar a realidade é sempre uma forma construtiva e, portanto tem a ver com a sua disposição com o seu conhecimento anterior e com as características do objecto [8].

A palavra laboratório foi adaptada do francês *Laboratoire* que designa lugar onde são realizadas experiências. O elemento de composição desta palavra é o prefixo *labor*, cujo significado é realizar à custa de esforço ou trabalho, trabalhar com cuidado. É também derivada do latim científico *laboratorium*, cujo significado é local de trabalho, onde a actividade laboratorial implica não somente, em fazer com as mãos, sentir e experimentar, mas também está relacionada com a análise criteriosa e a articulação da teoria com a prática.

Como um dos objectivos deste trabalho é contribuir para promover uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino da Química e atendendo a que este conceito é vulgarmente confundido com conceitos tais como trabalho prático e trabalho experimental, parece importante, para uma correcta avaliação do grau de consecução do objectivo atingido, começar por diferenciar esses conceitos.

Hodson (1988), tentou distinguir os significados dos termos “*trabalho prático*”, “*trabalho laboratorial*” e “*trabalho experimental*”, mas em 1991, Woolnough, no 1º capítulo do livro “*Practical Science*” associou o termo “*prático*” a “*laboratorial*” ao afirmar que por Practical Science se entende o “fazer experiências e exercícios práticos com equipamentos científicos, geralmente num laboratório” [9].

Trabalho Prático é o conceito mais geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno esteja activamente envolvido, podendo esse envolvimento ser do tipo psicomotor, cognitivo ou afectivo. Este tipo de trabalho inclui actividades laboratoriais, trabalhos de campo, actividades de resolução de exercícios, ou de problemas de papel e lápis, utilização de um programa informático na internet, realização de entrevistas a membros da comunidade, entre outros [9].

O *Trabalho Laboratorial*, inclui actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório (mais ou menos convencionais). Apesar de estes materiais também poderem ser usados nas actividades de campo, as actividades laboratoriais realizam-se num laboratório ou, à falta deste (e desde que não haja problemas de segurança), numa sala normal, enquanto as actividades de campo, tem lugar ao ar livre, no local onde os fenómenos acontecem ou os materiais existem [10].

Enquanto o *Trabalho Experimental*, inclui actividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis e que podem ser laboratoriais (ex.: estudo dos factores que influenciam a resistência de um condutor eléctrico), de campo (ex.: estudo da influência da exposição ao sol no crescimento das plantas) ou outro tipo de actividades práticas (ex.: estabelecimento das leis da queda dos graves, com recurso a um programa de modelação).

Assim, verifica-se que o critério com base na qual se distinguem as actividades experimentais das não experimentais tem a ver com a necessidade, ou não, de controlar e manipular variáveis, enquanto o critério que permite distinguir as actividades laboratoriais das de campo tem a ver, fundamentalmente, com o local onde a actividade decorre.

O laboratório conquistou o seu lugar na escola e sua introdução tem sido um sucesso. Este é o perfil de uma educação revolucionária, em que os alunos podem agora ir aos seus laboratórios, aptos a ver e a fazer.

Aulas que utilizam o recurso da experimentação, o laboratório, são ferramentas poderosas para adquirir e testar conhecimentos, mas, por si só não são suficientes para fornecer conhecimentos teóricos, não obstante não são sempre necessárias. Uma matriz teórica

particular sempre conduz a um experimento. Desta forma, um dos maiores e mais danosos mitos de aprendizagem é a não interdependência experiência/teoria.

A experimentação pode-se dar de três maneiras:

- 1- A experimentação é realizada pelo professor como forma de demonstração ou pelos próprios alunos, através de um roteiro detalhado elaborado pelo professor.
- 2- A experimentação é realizada antes da explanação a fim de introduzir e explorar o que vai ser trabalhado nas aulas teóricas, ou depois, para a verificação do que foi exposto.
- 3- A experimentação pode ser de carácter indutivo e, nesse caso o aluno pode controlar variáveis e descobrir ou redescobrir relações funcionais entre elas, pode também ter um carácter dedutivo, quando eles têm a oportunidade de testar o que é dito na teoria.

Quando o ensino de Química segue o ritmo da aprendizagem teórica, sem ligação com o quotidiano, isso dificulta a compreensão dos conteúdos por parte dos alunos e a disciplina acaba sendo vista como um amontoado de teorias sem sentido prático. A experimentação é a oportunidade que o sujeito tem de extrair de sua acção as consequências que lhe são próprias e aprender com os erros tanto quanto com os acertos [11].

Muitas vezes ouvem os alunos a fazerem comentários do tipo:

“O laboratório e os relatórios são uma pura perda de tempo roubando-nos imenso tempo para estudar.”

Infelizmente, muitos dos trabalhos laboratoriais que são propostos nas escolas são mal estruturados, não proporcionando oportunidades para o desenvolvimento de capacidades nos alunos que os ajudem a actuar de uma maneira mais científica na sua vida futura como profissionais e como cidadãos. Por isso para que as actividades práticas possam ser consideradas efectivas como facilitadoras no ensino e aprendizagem, as mesmas devem ser cuidadosamente planeadas, criando possibilidades para uma maior motivação na sua realização por parte do aluno, despertando o seu interesse em particular no processo de aprendizagem.

A Química é uma ciência, eminentemente experimental, daí a importância das aulas práticas. As aulas no laboratório proporcionam uma maior aproximação dos alunos com a disciplina.

Segundo Giordan, (2003), a experimentação desperta forte interesse entre os alunos, proporcionando um carácter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. As actividades experimentais possibilitam que o aluno construa seu conhecimento [11].

O ensino de ciências deve despertar no discente o interesse para a compreensão do mundo em que vive, possibilitando o desenvolvimento do senso crítico e do espírito inovador, problematizado, contextualizado e significativo.

Há uma corrente de opinião que defende a ideia de que muitos dos problemas do ensino de ciências se devem à ausência de aulas laboratoriais. Para os que compartilham esta opinião, uma condição necessária para a melhoria da qualidade de ensino consiste em equipar as escolas com laboratórios e treinar os professores para usá-los [12].

Para Carvalho (Carvalho et al, 1998), a importância do trabalho prático é inquestionável na ciência e deveria ocupar lugar central no seu ensino. Houve época em que os experimentos serviam apenas para demonstrar conhecimentos já apresentados aos alunos e verificar leis plenamente estruturadas. Passou-se depois a utilizar o laboratório didáctico como um local onde se pretendia que os alunos redescobrissem todo o conhecimento já elaborado [12].

As aulas práticas podem ajudar no desenvolvimento de conceitos científicos, além de permitir que os estudantes aprendam como abordar objectivamente o seu mundo e como desenvolver soluções para problemas complexos [13].

Além disso as aulas práticas são uma estratégia que pode auxiliar o professor a retomar um assunto já abordado, construindo com seus alunos uma nova visão sobre um mesmo tema.

A própria sala de aula torna-se um ambiente de prática através do deslocamento de materiais para a mesma. No entanto, as aulas práticas no ambiente de laboratório podem despertar curiosidade e conseqüentemente o interesse do aluno visto que a estrutura do mesmo pode facilitar, entre outros factores a observação de fenómenos estudados em aulas teóricas.

A Química não é só a ciência experimental por excelência, como é a mais útil de todas as ciências. A química é uma aventura intelectual, uma prática laboratorial e uma actividade social. Em nenhum tempo foi unicamente uma ciência indutiva ou uma ciência dedutiva, mas em todos os tempos foi sempre uma ciência experimental, com instrumentos e técnicas, como bem cedo reconheceu Lavoisier.

2.4. A ACTIVIDADE DE PROJECTO LABORATORIAL NO ENSINO DA QUÍMICA

Foi o pensador americano, John Dewey (1859-1952) autor da famosa teoria “aprender fazendo”, que mais contribuiu para o desenvolvimento do conceito de projectos na educação.

Para ele, um projecto tem quatro pré-requisitos:

- 1- um processo de reflexão comum, que forma o seu crescimento e o seu desenvolvimento;
- 2- observação das condições do ambiente onde é idealizado;
- 3- conhecimento do que se passou em situações semelhantes no passado;
- 4- uma abordagem que sintetiza a observação do futuro e o conhecimento do passado, identificando o seu significado [14].

Por isso deve-se ter em conta que uma actividade de projecto laboratorial no ensino da Química é um método que nos permite saltar de uma teoria para a acção prática, estruturando as diferentes fases desse processo.

As actividades de projectos laboratoriais são muito importantes para o ensino da Química, desenvolvendo uma motivação crescente na comunidade estudantil. Pretende, também abrir novas perspectivas aos alunos, dando-lhes oportunidade de com base na pesquisa ou investigação actual poderem trabalhar em áreas com aplicação prática no dia-a-dia.

Uma das formas de articular ensino e pesquisa ou investigação na escola, reside na integração dos alunos em projectos de actividades laboratoriais, desenvolvendo competências de construção e disseminação do conhecimento científico.

A Actividade de Projecto Laboratorial pretende proporcionar a ocasião para os alunos efectuarem um trabalho prático que se afasta do modelo “execução do protocolo” e se aproxime do modelo “projecto de investigação”, com pesquisa de soluções para o problema

proposto, determinação de variáveis a controlar e ensaios laboratoriais para verificar as hipóteses [15].

Dadas as importâncias do projecto das actividades laboratoriais atrás referidas, as duas escolas realizaram uma série de actividades.

A Escola Secundária Pedro Gomes, (ESPG) de acordo os objectivos das unidades temáticas da disciplina da Química realiza actividades de projecto laboratorial diversificadas, nomeadamente visitas de estudos à empresa de dessalinização, a grandes fábricas industriais como por exemplo Coca-Cola, Água trindade, etc. Também visitam o instituto nacional de gestão dos recursos hídricos (INGRH), responsável pela análise da água.

É de salientar ainda que de acordo com o protocolo existente entre a ESPG e as Universidades, os alunos vão frequentemente visitar os laboratórios e assistir a algumas experiências realizadas pelos alunos do curso de Química e outras áreas afins.

Em relação à Escola Secundária Severim de Faria, (ESSF), ao abrigo do projecto de colaboração educacional estabelecido entre a escola e o Departamento de Química da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, existe um projecto que visa facilitar a integração dos alunos do ensino secundário nas estruturas dos cursos universitários, cujo objectivo é orientar esses alunos na escolha do curso de acordo com as suas vocações e mostrar-lhes novos métodos de técnicas laboratoriais.

Na unidade 3, plásticos, vidros e novos materiais é realizada uma actividade de projecto laboratorial que consiste na organização, realização e avaliação de uma visita de estudo a uma instalação industrial portuguesa de preferência plásticos, vidreira ou cerâmica. Deverão ser os alunos a planificar o trabalho, podendo usar como orientação as etapas já consideradas na actividade proposta no Programa de Física e Química A do 11º Ano. Para tal, é necessário fazer o levantamento das indústrias portuguesas existentes relacionadas com os tópicos abordados nesta unidade e a identificação das que poderiam ser visitadas tendo em conta o interesse do tema, da tecnologia utilizada, e acessibilidade.

Os projectos acima referidos envolvem as seguintes tarefas: pesquisa bibliográfica, actividade laboratorial supervisionada e elaboração de um relatório com apresentação oral.

CAPÍTULO III. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. POLÍMEROS

Polímero é por definição um composto, de elevado peso molecular que resulta da ligação covalente entre várias moléculas (monómeros). No entanto, há que realçar que esta definição nem sempre foi bem aceite [16,17]. Muita da resistência inicial vinha dos químicos sintéticos que, estavam interessados na síntese e caracterização de compostos “puros” (aqueles que possuíam uma estequiometria bem definida) e que rejeitavam os produtos secundários das reacções, produtos negros ou oleosos, e que justificavam como sendo devidos a um ”estudo coloidal” e não a compostos de elevado peso molecular [17].

No entanto só nos anos 20, com o trabalho de Staudinger em polímeros sintéticos [18] e de Svedberg, que utilizou a ultra centrifugação, para caracterizar a hemoglobina e outras proteínas [19], o conceito de polímeros, ou macro moléculas, tal como o utilizamos nos nossos dias, começou a ser aceite.

A origem da palavra polímero, ou da sua utilização, parece advir de Berzelius que em 1827 a utilizou para descrever o produto buteno, que Faraday tinha isolado e que se descobriu possuir a mesma composição elementar do etileno [17].

Foi Carothers (Químico orgânico), ”pai” do nylon que em 1929 introduziu a definição de polímero como sendo um composto cuja fórmula pode ser representada por unidades estruturais, ligadas covalentemente e representadas genericamente por $[-R- R-]_n$.

Shirakawa, MacDiarmid e Heeger deram um passo muito importante no desenvolvimento da química de polímeros, ao notarem que o poliacetileno possuía propriedades muito próximas das metálicas quando dopado com agentes oxidantes como é o caso do iodo. Isto conduziu ao rápido crescimento da área dos polímeros conjugados e condutores.

O primeiro plástico comercial (celulóide) foi produzido por John Wesley Hyatt em 1868. Na década seguinte, Fredrich Kekulé sugeriu que os polímeros naturais são composto por longas cadeias, dos quais derivam as suas propriedades especiais. Poucos anos depois, esta estrutura era confirmada e os químicos passaram a tentar produzir polímeros a partir de moléculas mais pequenas. No início do século seguinte, Leo Bakeland produziu um polímero pela adição de

fenol e formaldeído (baquelite). Outros polímeros foram preparados a partir da junção de gases em condições extremas de temperatura e pressão (preparação do polietileno a partir de etileno gasoso).

O conhecimento mais profundo da estrutura de polímeros resultantes de vários métodos de polimerização, permitiu um vertiginoso aumento na elaboração de novos polímeros e consequentemente novas aplicações.

Os materiais poliméricos são usados desde a antiguidade, só que nessa época somente eram usados materiais poliméricos naturais. A novidade é a síntese artificial de materiais poliméricos que é um processo que requer tecnologia sofisticada, pois envolve reacções químicas orgânicas. Os polímeros sintéticos surgiram em parte por limitações dos polímeros naturais. Actualmente os polímeros fazem parte em grande escala, do nosso dia-a-dia salientando-se como exemplos comuns as embalagens e os contentores.

O ensino da Química de polímeros em Portugal, foi introduzido pelo professor Doutor Manuel Alves, há mais de 30 anos, ao leccionar Química Macromolecular no Departamento de Química da Universidade de Coimbra. Actualmente este tema é leccionado em muitas Universidades e Institutos Politécnicos Portugueses.

Os polímeros sintéticos convencionais como polietileno (PE), polipropileno (PP), poli (cloreto de vinilo) (PVC) e poli (tereftalato de etileno) (PET) permanecem inalterados, química e fisicamente, por vários anos após a sua utilização. Isto deve-se ao fato de que a sua estrutura química não facilita absorção da radiação UV ou que se degradem por outros mecanismos, como acção enzimática via microrganismos como bactérias, fungos e algas. Além do que, nas próprias formulações industriais há adição de aditivos foto e termo estabilizantes que retardam a degradação [20].

Em contrapartida, existem os polímeros biodegradáveis (PBs), que sofrem uma degradação activada biologicamente por meio da acção enzimática. Além dessa via, as suas cadeias poliméricas também podem ser quebradas por processos não enzimáticos, como a hidrólise e a fotólise.

Entende-se por biodegradação um processo conduzido por bactérias, fungos ou enzimas, com uma completa assimilação e desaparecimento do material, resultando resíduos não tóxicos e seguros no meio ambiente. Este processo é cada vez mais explorado e algumas aplicações surgem no domínio das duas famílias principais de materiais, os polímeros sintéticos e os naturais.

A substituição de materiais plásticos convencionais por biodegradáveis na fabricação de embalagens passa a ser uma solução para se diminuir o volume de resíduos. Estes materiais, por exemplo, o PHB Poli (ácido 3-hidroxi-butírico), degrada-se completamente pelo ataque microbiano (fungos, bactérias e enzimas) em curto intervalo de tempo, sob condições apropriadas do meio ambiente.

Na actualidade, um dos objectivos nesta área é a de produzir um material com durabilidade em uso e degradabilidade após o desperdício.

Outra característica importante refere-se ao facto dos mesmos serem provenientes de fontes renováveis. Tais materiais encontraram aplicações na área médica em decorrência de uma biocompatibilidade, capacidade de dissolução no interior dos organismos e propriedades mecânicas adequadas a tais aplicações [21].

Os polímeros biodegradáveis ainda não são capazes de competir com os polímeros tradicionais, especialmente devido ao custo elevado e desempenho inferior. Estes polímeros chegam a custar quatro vezes mais que os polímeros tradicionais. Em consequência, o interesse por estes materiais aliado à maior preocupação ambiental levou a um expressivo aumento nas investigações para o uso dos mesmos.

Os principais polímeros biodegradáveis são poliésteres baseados nos ácidos hidroxi-carbónicos. Entre eles pode-se mencionar: PHB - Poli (ácido 3- hidroxi-butírico); PHBV-poli(hidroxi-butirato-co-hidroxi-valerato); PLA - poli(ácido láctico); PCL - poli(caprolactona). Tanto o PHB, como o PHBV pertencem à família dos polihidroxi-alcanoatos (PHAs), que se enquadram na classe dos poliésteres microbiais [22].

3.2. PLÁSTICOS VERSUS POLÍMEROS

3.2.1. Tipos de Polímeros

Os polímeros podem ser classificados de diversas maneiras entre elas, em relação à sua estrutura, à sua ocorrência, à disposição espacial das suas unidades repetitivas ao comportamento mecânico e ao tipo de reacção que lhe deu origem. Mas de acordo com o objectivo do nosso trabalho e por ser a mais importante, vamos apenas tratar da classificação quanto ao tipo de reacção que lhe deu origem (ver figura 1).

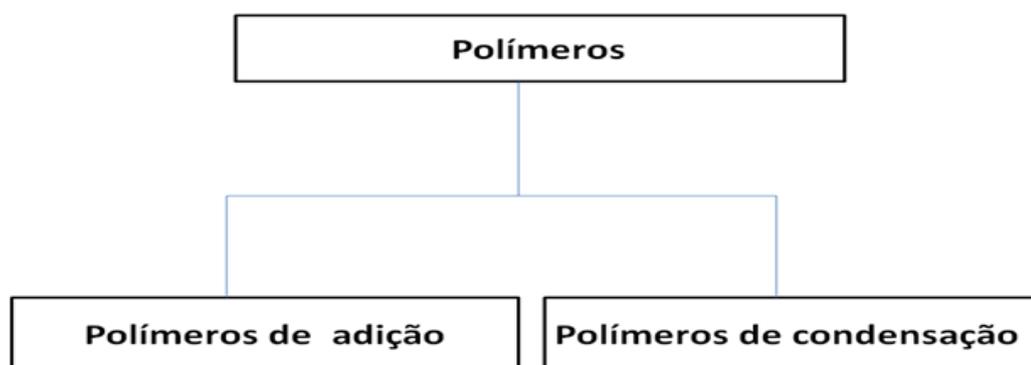


Figura 1 - Classificação de polímeros quanto ao tipo de reacção

Os polímeros de adição obtêm-se a partir da adição de uma molécula a outra, estas moléculas são constituídas por um só monómero (Andrade; 1995). A fórmula geral dos polímeros de adição está representada na figura 2. Estas reacções dão-se com compostos insaturados, os quais contem ligações duplas ou triplas, em especial C=C e C≡C [23].

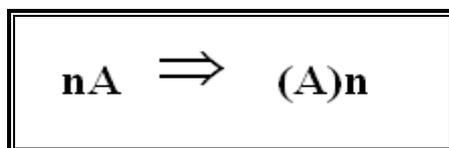


Figura 2 - Fórmula geral dos polímeros de adição

O resultado da polimerização de uma só classe de monómeros é um homopolímero. No entanto, se polimerizam dois ou mais tipos diferentes de monómeros o polímero recebe a denominação de co-polímero [24].

O homopolímero é um polímero resultante da polimerização de uma única espécie monomérica, sendo a sua cadeia constituída por uma única unidade estrutural repetitiva.

Exemplos: polietileno, polipropileno, poli(cloreto de vinilo), etc.

Polietileno: É obtido a partir do etileno (eteno) (Ver figura 3).

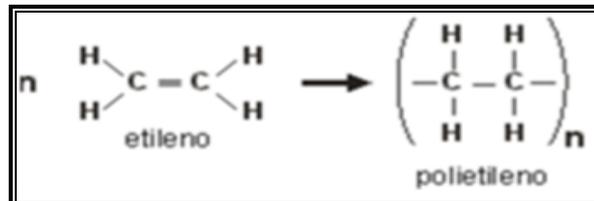


Figura 3 - Fórmula geral da obtenção do polietileno

O polipropileno é obtido a partir do propileno (propeno).

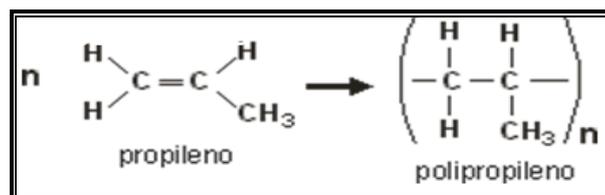


Figura 4 - Fórmula geral da obtenção do polipropileno

O poli(cloreto de vinilo) é obtido a partir do cloreto de vinilo.

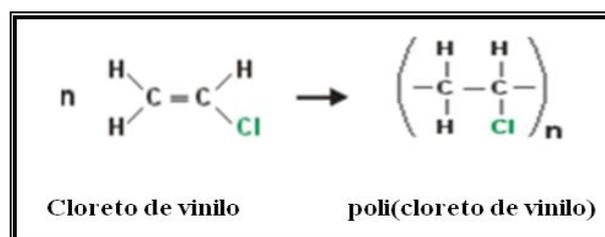


Figura 5 - Fórmula geral da obtenção do poli(cloreto de vinilo) [25].

O copolímero é obtido pela polimerização de duas ou mais espécies monoméricas e como consequência, a sua cadeia mais complexa apresenta unidades estruturais resultantes desses monómeros. São exemplos: copolímero acetato de vinilo-acrilato de etilo, copolímero de estireno-acrilato de butilo, etc [26].

O poli (acetato de vinilo) é obtido a partir do acetato de vinilo. É muito usado na produção de tintas à base de água (tintas vinílicas), de adesivos e de gomas de mascar.

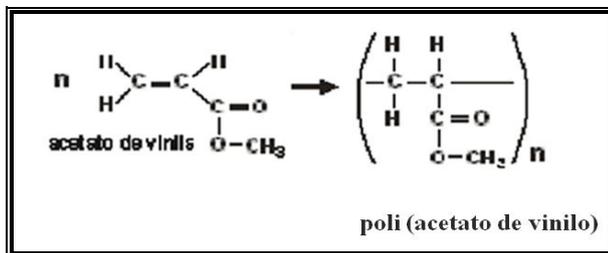


Figura 6 - Fórmula geral da obtenção do poli (acetato de vinilo)

Podem existir 4 tipos fundamentais de copolímeros, a saber: aleatórios, alternantes, em bloco e de inserção [27]. De uma forma geral, quando se copolimeriza **A** e **B** podem obter-se estes tipos de copolímeros:

1- Copolímeros aleatórios, quando os monómeros se inserem na cadeia sem qualquer ordem aparente, isto é, os monómeros são agrupados de forma aleatória:

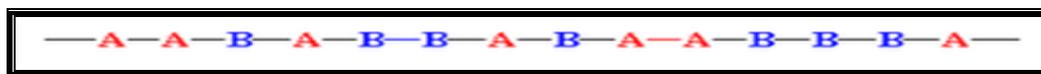


Figura 7 - Esquema de copolímeros aleatórios

2- Copolímeros alternantes, quando os monómeros se inserem regular e alternadamente na cadeia:



Figura 8 - Esquema de copolímeros alternantes.

3- Copolímeros em bloco, os monómeros dispõem-se na cadeia em blocos sequenciais:



Figura 9 - Esquema de copolímeros em bloco

4- Copolímeros de inserção, quando os blocos de um monómero se inserem, como ramificações, na cadeia constituída pelo outro monómero:

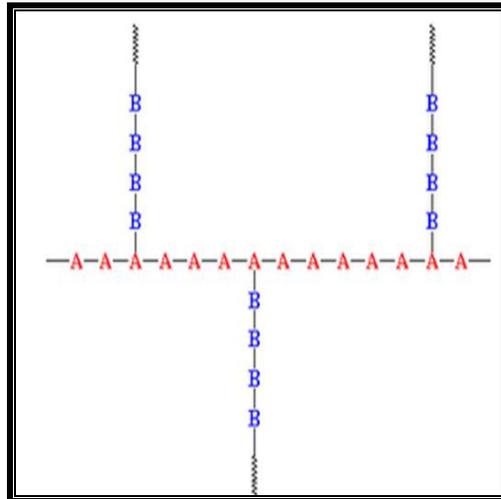


Figura 10 - Esquema de copolímeros de inserção

Os polímeros de condensação consistem na formação de uma macro molécula a partir de monómeros que reagem entre si com eliminação de água ou de outras pequenas moléculas que não participam em reacções posteriores. Na figura 10 está representada a fórmula geral de polímeros de condensação. Como exemplos destes temos o polifenol ou baquelite, celulose, etc.



Figura 11 - Fórmula geral dos polímeros de condensação

A baquelite é obtida pela condensação do fenol com o formaldeído.

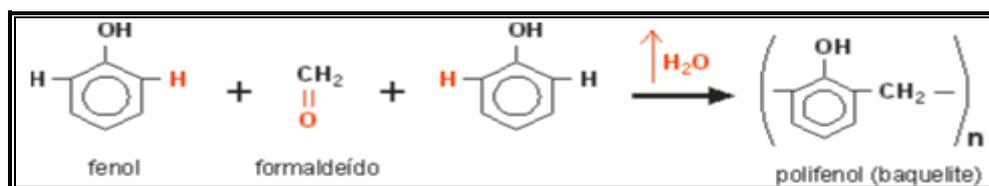


Figura 12- Fórmula geral da obtenção do polifenol ou baquelite

3.2.2. Aplicações de Polímeros

A utilização de materiais poliméricos é vasta. Não há dúvida, que estes materiais receberam maior atenção devido à sua aplicação imediata e pelos seus mais variados usos.

Actualmente os polímeros são empregados maioritariamente em sectores como: construção civil, indústria de automóveis, indústria eléctrica e electrónica, no desporto, no campo da medicina, no calçado, em embalagens, entre outros.

Os polímeros super-absorventes são materiais hidrofílicos capazes de absorver grandes quantidades de água ou soluções aquosas, tem sido habitualmente produzidos pela polimerização de ácido acrílico, ésteres acrílicos, acrilamida e outros monómeros insaturados [28]. Este tipo de polímero é utilizado em produtos de uso higiénico, como as fraldas para bebés.

Um outro potencial domínio de aplicação é na agricultura e floresta, podendo-se conseguir resultados tais como: melhoramento das condições ecológicas em áreas desertificadas ou em vias de desertificação, podendo mesmo o super-absorvente ser o suporte da vida nestas zonas [28].

Ainda no domínio da geologia (sondagens para água e petróleo) e da construção civil (sustentação de valas), encontram inúmeras aplicações.

Também no campo da medicina, os polímeros super-absorventes encontram inúmeras aplicações, como lentes de contacto flexíveis.

É na medicina que os polímeros mais se destacam, principalmente na cirurgia reconstrutiva e plástica. As modernas técnicas de prótese e cirurgia plástica teriam sido impossíveis sem os materiais plásticos.

A córnea do olho pode ser substituída por uma lâmina cartilaginosa do próprio corpo do doente, na qual se faz um orifício que é preenchido de plástico acrílico transparente.

Com plásticos acrílicos confeccionam-se os dentes postiços e com plásticos epoxídicos, as próteses de extremidades [29].

No domínio da engenharia electrónica surgem os polímeros condutores que são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades eléctricas, magnéticas e ópticas típicas de metais e semicondutores. Esses polímeros são materiais orgânicos do tipo plástico, geralmente derivados do petróleo, que conduzem electricidade podem ser utilizados em muitas aplicações como mostra a tabela 1 [30].

Tabela 1- Algumas aplicações dos polímeros condutores

Aplicação	Fenômeno	Uso
Eletrodos	transferência de carga	baterias recarregáveis, sensores, capacitores
Dispositivos electrocrômicos	variação de cor com aplicação de potencial	janelas inteligentes
Músculos artificiais	movimentação mecânica de um filme pela aplicação de potencial	transdutor mecânico para robótica
LEDs	emissão de luz	monitores e mostradores
Protetor antiestático	eliminação de carga estática	microeletrônica
Anticorrosivos	proteção contra corrosão	tintas
Células solares	transformação de energia luminosa em energia elétrica	fonte alternativa de energia
Blindagem eletromagnética	absorção de radiação (diminui interferência nos equipamentos eletrônicos)	marinha, aeronáutica e telecomunicações

3.2.3. Tipos de Plásticos

Os plásticos podem ser classificados em termoplásticos, termorrígidos e elastômeros.

Os termoplásticos são plásticos com cadeias lineares ou ramificadas, que podem sofrer repetidamente fusão por aquecimento e solidificação por arrefecimento. No aquecimento os termoplásticos sofrem fusão e as suas cadeias macro moleculares apresentam-se enroladas. No arrefecimento do plástico, essas cadeias podem formar regiões ordenadas, cristalinas, com base nesse comportamento, plásticos que não apresentam regiões ordenadas são denominadas de amorfos e aqueles com esta propriedade são denominados de semi-cristalinos ou cristalinos, conforme o grau de ordenação das moléculas. O aumento da porção cristalina torna o plástico menos transparente [31].

Os termoplásticos são polímeros de peso molecular muito elevado, rígido ou flexíveis à temperatura ambiente, mas moles e elásticos a temperaturas elevadas. Assim, podem ser moldados plasticamente tantas vezes quantas necessárias, voltando ao estado sólido depois de arrefecidos (Calapes, 1998).

O termoplástico é um dos tipos de plástico mais encontrados no mercado. Pode ser fundido diversas vezes, alguns podem até dissolver-se em vários solventes. Logo sua reciclagem é possível, característica bastante desejável actualmente. Esta elevada reciclabilidade acontece

porque as suas cadeias macromoleculares encontram-se ligadas por Forças de Van der Waals ou por ligações de H que se quebram por acção do calor, fundindo o material. Ao ser novamente resfriado, voltam a ser restabelecidas as suas ligações inter-moleculares, não havendo dessa forma quebra das ligações covalentes dos monómeros que formam as macro moléculas.

Adicionalmente à sua versatilidade e facilidade de utilização, a transformação dos termoplásticos não exige máquinas e equipamentos muito elaborados e financeiramente dispendiosos.

Em geral os termoplásticos reciclados não podem ser empregados em embalagens de alimentos a fim de evitar contaminações, proveniente de tintas e produtos tóxicos, previamente utilizados, podendo surgir na forma de baldes, mangueiras, sacos de lixos e outros

Desta categoria fazem parte as principais seis famílias de plásticos:

- 1- polietileno de baixa densidade (PEBD);
- 2- polietileno de alta densidade (PEAD);
- 3- polipropileno (PP);
- 4- poliestireno (PS);
- 5- politereftalato de etileno (PET) ;
- 6- policloreto de vinilo (PVC);

Segundo Mano (1999), os termorrígidos ou termofixos são plásticos que, por aquecimento ou outra forma de tratamento, assumem a estrutura tridimensional, reticulada, com ligações cruzadas tornando-se insolúveis e infusíveis. A sua estrutura molecular pode ser vista como um conjunto de cordões, ligados fisicamente formando uma rede, presos entre si através de numerosas ligações, não permitindo a movimentação com tanta liberdade como nos termoplásticos. Pode-se fazer uma analogia com uma rede de malha fina.

Os termorrígidos são rígidos e frágeis, sendo muito estáveis a variações de temperatura. Uma vez prontos, não mais se fundem. O aquecimento do polímero acabado promove decomposição do material antes de sua fusão, tornando a sua reciclagem complicada. Desta

forma quando curados com ou sem aquecimento, não podem ser reamolecidos por um próximo aquecimento. As matérias-primas destes polímeros são resinas oligoméricas, ainda termoplástica, que na moldagem em produtos são curados e transformadas em termofixos, insolúveis.

Os termorrígidos são conformáveis plasticamente apenas num estágio intermediário da sua fabricação. O produto final é duro e não amolece mais com o aumento da temperatura. Uma conformação plástica posterior não é portanto possível e consequentemente não são recicláveis. Os termorrígidos são completamente amorfos, isto é, não apresentam estrutura cristalina. Exemplos típicos de termorrígidos são: baquelite, resinas epoxídicas, poliéster e poliuretanos [32].

Além destas duas classes fundamentais, os termoplásticos e os termorrígidos, existe outra, a dos elastómeros. É uma classe intermédia de materiais não fusíveis, mas que apresentam alta elasticidade, não sendo rígidos como os termofixos. A sua reciclagem é complicada pela incapacidade de fusão, de forma análoga aos termorrígidos.

A estrutura molecular é similar à do termorrígido mas, neste caso, há menor número de ligações entre os “cordões”, ou seja, é como se fosse uma rede, mas com malhas bem mais largas que os termorrígidos.

Os elastómeros são materiais macromoleculares que à temperatura ambiente depois de serem submetidos a uma deformação por tensão fraca e posterior libertação de tensão, retornam rapidamente para sua a dimensão e formato original. Apresentam, geralmente moléculas reticulares de malha pouco espessa. Por isso permitem propriedades elásticas e suportam grandes deformações antes da ruptura. O termo borracha é um sinónimo usual de elastómero. Os elastómeros são também materiais conformáveis plasticamente, que se alongam elasticamente de maneira acentuada até à temperatura de decomposição e mantêm estas características a baixas temperaturas. Os elastómeros são estruturalmente similares aos termoplásticos, isto é, eles são parcialmente cristalinos. Exemplos típicos de elastómeros são: borracha natural, neopreno, borracha de estireno, borracha de butilo e borracha de nitrilo [32].

3.2.4. Aplicações de Plásticos

Nas páginas anteriores algumas aplicações de polímeros e plásticos foram sendo referidas, mas nas páginas seguintes as aplicações dos plásticos de forma mais sistematizada será feita.

Durante as últimas décadas, o crescimento da população mundial, juntamente com a procura de bem-estar e melhoria das condições de vida conduziu ao aumento do consumo de polímeros, principalmente plásticos.

O plástico embora seja um produto popular, a sua imagem não pode ser vinculada à de materiais de pouco valor. Pelo contrário, o plástico representa um material moderno, capaz de servir inclusive como indicador de desenvolvimento de um país.

Os plásticos, uma das mais versáteis e importantes famílias de materiais criados ou desenvolvidos desde sempre, estão presentes em todos os aspectos da vida moderna com centenas de aplicações [33]. Impermeáveis, maleáveis, duráveis e com uma excelente relação custo/benefício, contribuem para o desenvolvimento social, económico e científico, podendo contribuir para a protecção do meio ambiente [34].

A preferência pelo plástico nas mais diversas áreas da actividade humana é justificada pelas excelentes propriedades evidenciadas por este material. O plástico tem grande aplicação em quase todos os sectores de actividade, com relevância nos sectores da construção civil, desporto, indústria automóvel e embalagem. Também a indústria eléctrica e electrónica, a agricultura moderna, a saúde, utilizam materiais plásticos, com alguma intensidade.

Utilização dos materiais plásticos na construção civil

O plástico é utilizado na construção civil nas portas, janelas e persianas, no revestimento impermeável, nas coberturas de piscinas, nas canalizações de gás, água e esgotos, no material de isolamento de cabos eléctricos, no "mobiliário" de casa de banho e higiene, no material de isolamento térmico, mostrando que, hoje em dia, já é possível construir uma casa utilizando apenas materiais plásticos.

A utilização de matérias plásticas na construção civil prende-se fundamentalmente com duas questões: a sua durabilidade e fiabilidade, e as suas qualidades enquanto material de isolamento térmico.

Plástico no sector de automóvel

A introdução do plástico na indústria automobilística, na década de 70, foi devido à crise do petróleo e à necessidade de se produzir veículos mais leves, a fim de reduzir o consumo de combustível, mas mantendo a qualidade final do produto.

Hoje em dia, no entanto, além da questão económica, o plástico passou a desempenhar papel imprescindível na composição dos automóveis por outras razões. Ele possibilita designs modernos, redução de peso, aumento da segurança, redução de custos e tempo de produção, além de ser imune à corrosão.

Existem infinitas áreas de aplicação destes materiais, sendo o plástico utilizado neste sector em filtros e tubos de entrada de ar, em depósitos de combustível, nos faróis, nas luzes traseiras e nas janelas laterais e traseiras, também já é utilizado nos componentes dos motores de alguns veículos [35].

Plástico e a electrónica

O plástico é aplicado nos monitores de computadores, nas peças de aparelhos de TV, vídeo, cassetes, microondas e telefones celulares, aparecendo, em todos eles, como elemento fundamental.

A alta tensão contida no interior dos equipamentos torna praticamente inviável a aplicação de outro tipo de matéria-prima, como metal ou cerâmica.

As suas características especiais fazem com que os plásticos desempenhem um papel insubstituível nesta área. As suas propriedades térmicas e isoladoras são utilizadas para quase tudo em casa e nos nossos electrodomésticos [33].

Plástico no sector de saúde

A aplicação de materiais plásticos na área da medicina vai muito além das seringas descartáveis. Actualmente, uma infinidade de produtos, como tubos traqueias, materiais colectores, frascos para oxigénio, bolsas de sangue, entre outros, são produzidos a partir do plástico, devido à versatilidade que o material apresenta. O plástico pode ser aplicado ainda em próteses, que substituem ossos e articulações.

O desenvolvimento alcançado nesta área permite até mesmo, em casos de urgência, a instalação temporária de órgãos artificiais em seres humanos, como pulmão e coração, fabricados a partir do plástico.

Plástico no sector de aviação

A aplicação do plástico na aeronáutica é evidente em toda a estrutura, desde o revestimento das paredes internas até aos próprios assentos dos aviões. Uma das novidades é a sua aplicação, principalmente na parte externa, reduzindo assim, o ruído externo, a necessidade de manutenção dos aviões e por filtrarem a entrada de raios ultravioleta.

Plástico no sector da agricultura

O plástico está presente em sistemas de irrigação de solos, na cobertura de silos para armazenagem de grãos e em tubos para ventilação de cereais armazenados, nos solos como protecção de culturas, entre outras aplicações.

Plástico no sector de embalagens

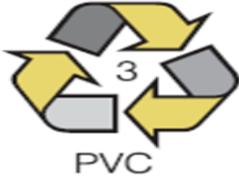
Dentro do mercado da embalagem, o sector agro-alimentar é o maior consumidor de embalagens de plástico. Eles são utilizados na embalagem de uma grande percentagem dos produtos alimentares. Utilizam-se alguns miligramas de plásticos para proteger e selar carne, fruta, vegetais, queijo, garantindo-se que estes produtos chegam ao consumidor frescos e em bom estado de conservação.

Plástico no sector de desporto

No desporto, o plástico está presente, entre outras, nas seguintes aplicações: ténis de corrida, raquetes de ténis, botas de sky, pranchas de snow-board, velas e cascos de embarcações, pranchas de surf e de windsurf, vestuário desportivo diverso (fatos de banho, óculos, vestuário de protecção), soalhos desportivos, etc.

Numa perspectiva mais sintetizada, surge na tabela seguinte um conjunto de aplicações para os plásticos mais comuns.

Tabela 2 - Plásticos mais utilizados no fabrico de artigos de uso corrente

Código de Reciclagem	Aplicações
 PET	Poli (tereftalato de etileno) - Plástico transparente, inquebrável e muito leve, é usado principalmente nas garrafas de refrigerantes e em frascos. O PET é utilizado em cerca de 25% das garrafas de plástico produzidas. Além da Indústria alimentar está também presente nos sectores hospitalar, cosmética, têxtil, etc.
 HDPE	Polietileno de alta densidade - Plástico leve, inquebrável, rígido e com excelente resistência química, sendo muito usado em embalagens de produtos para uso doméstico tais como: detergentes, amaciadores, sacos e bolsas de supermercado, garrafas de óleo, recipientes diversos, utilidades. A sua utilização para uso industrial também é muito grande como, por exemplo em embalagens de óleo, bidões para produtos químicos, tambores de tinta, peças técnicas, etc. O polietileno de alta densidade é usado em mais de 50 % das garrafas produzidas
 PVC	Poli(cloreto de vinilo) - Plásticos especialmente resistentes e não biodegradáveis. Formas rígidas de PVC são utilizadas no sector de construção civil, principalmente em tubos e esquadrias. Formas flexíveis são empregadas em tecidos de vinil, e na indústria alimentar em embalagens para água mineral, óleos comestíveis, etc. Também no sector hospitalar são utilizadas nas bolsas de soro e de sangue.

 <p>LDPE</p>	<p>Polietileno de baixa densidade - Plástico flexível, leve, transparente e impermeável. Pelas suas qualidades é muito usado em embalagens flexíveis tais como: sacos para supermercados, leites e iogurtes, sacos de lixo, plasticultura, embalagens têxteis, etc.</p>
 <p>PP</p>	<p>Polipropileno - Plástico rígido, brilhante, bastante leve, com capacidade de conservar o aroma e resistente às mudanças de temperatura, é usado habitualmente no empacotamento de comida (margarina, iogurte, etc.).</p> <p>É utilizado também no fabrico de peças técnicas, em embalagens industriais, utilidades domésticas, fios e cabos, caixas e caixotes, seringas descartáveis e embalagens mais resistentes.</p>
 <p>PS</p>	<p>Poliestireno - Plástico impermeável, leve, rígido e brilhante. É usado em embalagens para iogurtes, gelados e doces, e em pratos, copos de café, utensílios de plástico, aparelhos de barbear descartáveis, videocassetes, etc.</p> <p>A sua versão expandida, conhecida como esferovite, é utilizada em embalagens de equipamentos electrónicos e como isolante térmico em frigoríficos.</p>
 <p>Outros</p>	<p>Outros - Neste grupo estão classificados os outros tipos de plásticos diferentes dos indicados acima, assim como eventuais misturas. Normalmente são encontrados em peças técnicas e de engenharia, solas de calçado, material desportivo, corpos de computadores e telefones, CD'S, etc.</p>

3.3. PLÁSTICO E DESPERDÍCIOS PLÁSTICOS

3.3.1. O Porquê da Reciclagem de Plásticos

A questão da gestão dos resíduos sólidos urbanos ganhou nos últimos anos uma importância vital, dado o aumento das quantidades geradas em todo o mundo. De entre os resíduos, os plásticos ganharam, ao longo dos anos, uma reputação negativa, sendo acusados de não se decomporem. Sem dúvida, a maior parte dos plásticos não são biodegradáveis.

A reciclagem é a forma de tratamento de resíduo plástico que mais tem concentrado esforços no âmbito das empresas e dos governos. Ou seja é uma das formas de tornar a longa vida dos plásticos uma característica útil para as empresas e saudável para o meio ambiente e para a sociedade. Esses esforços estimulam o surgimento de uma variedade de legislação, tecnologias e centros de pesquisas e desenvolvimento voltados para o sector. Por isso a reciclagem apresenta-se como método de reaproveitamento do resíduo plástico que contribui para a redução desse resíduo e recuperação do material dos plásticos descartados.

A reciclagem de plásticos tem um elevado potencial, quer em termos ambientais, quer em termos económicos. Daí a importância da sensibilização e da informação dos cidadãos, no reconhecimento de que, com materiais reciclados se produzem produtos de qualidade. A indústria do plástico tem contribuído desde sempre para a racionalização da utilização do plástico, nomeadamente através da política dos 3R: Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Por outro lado, as indústrias recicladoras de Plásticos processam vários milhares de toneladas de resíduos plásticos anualmente, com as mais diversas origens, com destaque para os resíduos industriais e comerciais. Daqui resulta que a reciclagem de plástico é uma responsabilidade de todos nós, como cidadãos, consumidores e empresários

Os factores que incentivam a reciclagem de materiais plásticos decorrem da necessidade de poupar e preservar os recursos naturais e da possibilidade de minimizar resíduos, o que reduz o volume a ser transportado, tratado e disposto. Estes materiais ocupam muito espaço nos aterros devido a dificuldades de compactação e pela sua baixa degradabilidade. Reciclando, reduzem-se os problemas ambientais e de saúde pública, assim como os económico-sociais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos. Quando os resíduos são dispostos em aterros (sanitários ou industriais, dependendo das características dos mesmos), a reciclagem contribui para minimizar a quantidade dos resíduos aterrados, o que aumenta a vida útil desses locais de disposição.

A reciclagem, do ponto de vista económico, proporciona a redução do custo da gestão dos resíduos, com menor investimento em instalações de tratamento e disposição final, e promove a criação de empregos. Socialmente, possibilita a participação da população no processo de separação, consciencializando-a quanto à sua responsabilidade perante os problemas ambientais.

Quando o lixo plástico é depositado em lugares impróprios os problemas principais relacionados provêm da sua queima indevida e sem controlo. Quando a disposição é feita em aterros, os plásticos dificultam sua compactação e prejudicam a decomposição dos materiais biologicamente degradáveis, pois criam camadas impermeáveis que afectam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica.

Sendo assim, sua remoção, redução ou eliminação do lixo são metas que devem ser perseguidos com todo o empenho. A separação de plásticos do restante do lixo trás uma série de benefícios à sociedade, como o aumento da vida útil dos aterros, geração de empregos, economia de energia, etc.

A importância desta reciclagem resulta do facto de ter ocorrido um aumento muito grande na produção e no consumo dos produtos plásticos.

A quantidade de lixo produzido diariamente por um ser humano é aproximadamente 5kg. Se somarmos toda a produção mundial, os números são assustadores, o aumento excessivo da quantidade de lixo deve-se ao aumento do poder aquisitivo e pelo perfil de consumo de uma população. Além disso, quanto mais produtos industrializados, mais lixo é produzido, como embalagens, garrafas, etc.

Nos países desenvolvidos como a França e Alemanha a iniciativa privada é encarregada também pelo tratamento do lixo. Fabricantes de embalagens são considerados responsáveis pelo destino do lixo e o consumidor também tem que fazer a sua parte. Por exemplo, quando uma pessoa vai comprar uma pilha nova, é preciso entregar a usada, ou um electrodoméstico.

Separando todo lixo produzido nas nossas habitações ou local de trabalho, estaremos evitando a poluição e impedindo que a “sucata” se misture aos restos de alimentos, facilitando assim o seu reaproveitamento pelas indústrias. Além disso, poupamos o meio ambiente e contribuimos para o nosso bem-estar futuro. Com esta atitude estamos a reduzir o consumo de petróleo (recurso natural não renovável) e de energia, logo reduzimos também a poluição.

Três características são decisivas para o processo de sua reciclagem: a composição da embalagem, o padrão de uso e as características de deterioração. Os resíduos plásticos

possuem certas particularidades como a densidade e a composição que dificultam a organização de uma infra-estrutura de recolha. No meio destes ganha notoriedade, o PET, polímero termoplástico que tem a vantagem de ser 100% reaproveitável: “um material de embalagem não deve ser apenas reciclável, deve ser, de facto, reciclado” [36].

O plástico, por excelência e natureza é um poluidor do meio ambiente, demora mais de 400 anos para ser neutralizado pelo solo, dependendo do tipo de plástico segundo os químicos, no entanto, cabe-nos mudar esta faceta menos positiva deste material [37].

3.3.2. Tipos de Reciclagem

A reciclagem é uma operação de valorização de produtos e materiais que depois de usados não mantém, em geral intactas as suas funcionalidades, podendo alguma parte ou a totalidade ser reaproveitada. O termo reciclagem também é utilizado, por vezes, para referir o aproveitamento da energia contida nos resíduos [38].

Para compreendermos a reciclagem, é importante “reciclarmos”, o conceito que temos de lixo, como uma coisa suja e inútil na sua totalidade.

Existem vários processos de reciclagem de plásticos, cada um com suas características e formas de trazer o polímero de volta ao ciclo produtivo [39].

Podemos classificar a reciclagem de plásticos em quatro tipos: primária, secundária, terciária e quaternária.

A *reciclagem primária* consiste na conversão de resíduos poliméricos industriais, por métodos de processamento padrão, em produtos com características equivalentes aquelas dos produtos originais produzidos com polímeros virgens, podendo citar-se o caso das aparas de moldes e as rebarbas de peças que são novamente processadas [40].

A *reciclagem secundária* consiste na conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos resíduos sólidos urbanos por um processo ou uma combinação de processos em produtos que tenham menor exigência do que o produto obtido com polímero virgem, por exemplo, reciclagem de embalagens de polipropileno (PP) para obtenção de sacos de lixo [40].

A *reciclagem terciária* é o processo tecnológico de produtos de consumíveis químicos ou combustíveis a partir de resíduos poliméricos. Este tipo de reciclagem é designado por reciclagem química [40].

Pode-se também dizer que a reciclagem terciária é a conversão de resíduos plásticos em produtos químicos e / ou combustíveis.

A *reciclagem quaternária* é o processo tecnológico de recuperação de energia de resíduos poliméricos por incineração controlada. É também denominada *reciclagem energética* [41].

A reciclagem primária e a secundária são conhecidas como *reciclagem mecânica ou física*. O que diferencia uma da outra é que na primeira utiliza-se polímero pós-industrial e na secundária, pós-consumo [42].

Segundo Piva e Wiebeck (2004) há duas formas de realizar a reciclagem mecânica:

- reciclagem de resíduos industriais;
- reciclagem de resíduos pós-consumo.

Na reciclagem mecânica de resíduos industriais, os processos mais empregados são a moagem e a extrusão, podendo ser utilizado também o processo de aglutinação. A vantagem do uso de resíduos industriais reside na composição polimérica geralmente definida, sem variações, com baixa contaminação por corpos estranhos. Os processos de lavagem e secagem podem ser eliminados dependendo do estado do resíduo. A desvantagem está na dificuldade de se conseguir o material, pois os resíduos industriais são muito disputados [40].

A reciclagem mecânica de resíduos pós-consumo exige lavagem cuidadosa após a moagem, a fim de prevenir danos nos equipamentos pela presença de materiais estranhos ao processo, ou outros plásticos. A vantagem de sua utilização em relação ao resíduo industrial consiste na facilidade de obtenção e no seu baixo custo. As desvantagens consistem no risco de contaminação e na necessidade de selecção de materiais. Os maiores problemas, no entanto, residem na eventual contaminação das águas de lavagem e na falta de fonte de suprimento regular e confiável de material para o processamento.

A Figura 13 ilustra um processo esquemático de reciclagem mecânica de resíduos pós-consumo. Nesta figura pode-se verificar que esta reciclagem se inicia pelo produto descartado, passando pela moagem, onde se obtêm os resíduos da moagem pó e borra. De seguida o produto é lavado com a água já tratada e segue para a secagem e posteriormente para a extrusão até a obtenção do produto final.

A diferença entre os processos para resíduos pós-consumo e resíduos industriais é que, neste último, as etapas de lavagem e secagem são, muitas vezes, eliminadas [42].

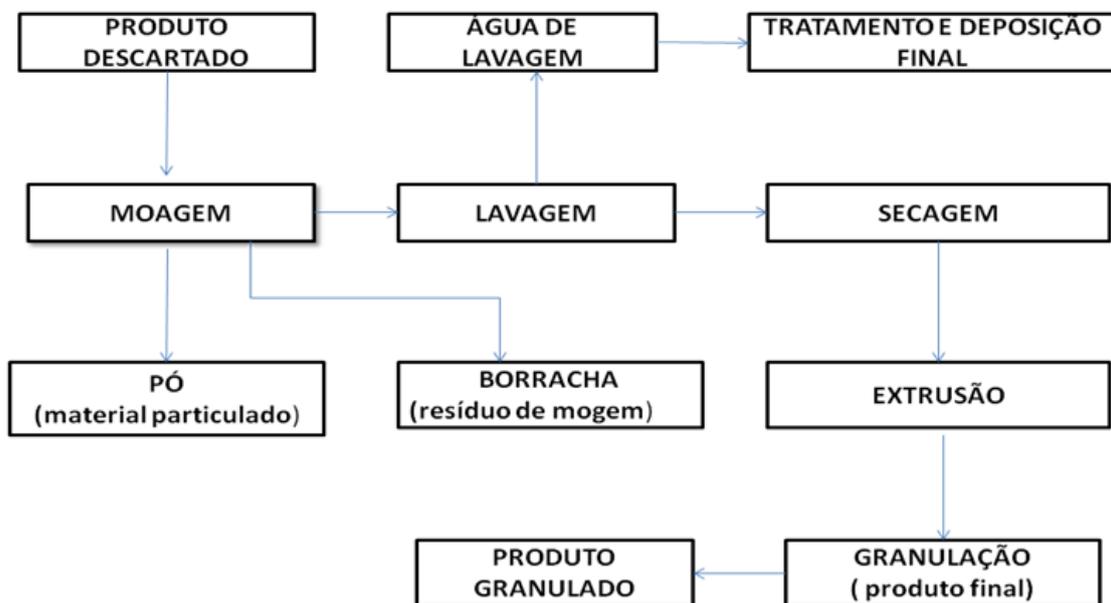


Figura 13 - Fluxograma esquemático da reciclagem de plásticos após a separação por tipo de resina [42].

Dependendo da origem do resíduo plástico o processo pode incluir diferentes etapas como [39]:

- 1- Triagem e separação dos tipos de plásticos;
- 2- Moagem;
- 3- Lavagem;
- 4- Aglutinação;
- 5- Secagem;
- 6- Processamento por extrusão;
- 7- Transformação do plástico num produto acabado.

A *separação* realiza-se numa esteira, onde se seleccionam os diferentes tipos de plásticos, de acordo com a identificação ou com o aspecto visual. Nesta etapa são separados também rótulos de diferentes materiais, tampas de garrafas e produtos compostos por mais de um tipo de plástico, embalagens metalizadas, grampos, etc. Por ser uma etapa geralmente manual, a eficiência depende directamente da prática das pessoas que executam essa tarefa. Outro factor determinante da qualidade é a fonte do material a ser separado, sendo que aquele oriundo da recolha selectiva é mais limpo em relação ao material proveniente dos lixões ou aterros [43].

A etapa de separação é importante, pois através dela é necessário limitar as impurezas a níveis inferiores a 1% m/m. A presença de macrocontaminantes, como vidro, papel, metal ou outros polímeros, mesmo em concentrações pequenas pode alterar as propriedades do polímero [44]. A identificação dos polímeros é uma medida decisiva para facilitar a separação dos mesmos e pode ser utilizada por todos os ramos da indústria de reciclagem de polímeros [45]. Para Azapagic, (Azapagic et al. 2003) a reciclagem de plásticos exige esta separação por tipo, seja por razões técnicas ou por questões de saúde ou ambientais. Por exemplo, a reciclagem mecânica só é economicamente e tecnicamente viável para um tipo de material, enquanto nos incineradores é necessário separar o PVC dos restantes resíduos sólidos urbanos de forma a evitar a formação de dioxinas.

Na moagem as embalagens de plástico que conhecemos nas diversas formas (exemplo: garrafas, caixas, filmes) são produzidas a partir de material granulado, razão pela qual os resíduos de plástico são facilmente convertidos em fragmentos que sejam, tanto quanto possível, semelhantes aos que lhe deram origem [46].

Depois da separação, os plásticos são triturados em moinhos de facas rotativas ou moinhos de martelos, iniciando aqui de facto o processo industrial da reciclagem. É nesta parte do processo que o material que antes era considerado lixo começa a ganhar valor comercial. Esta etapa permite acomodar melhor o material no equipamento de processamento, como a extrusora ou a injectora. É importante que o material moído tenha dimensões uniformes para que a fusão também ocorra uniformemente. A presença de pó proveniente da moagem é inconveniente, pois este funde antes e não facilita o escoamento do material nos equipamentos do processo [46].

Na lavagem após o plástico ser triturado, ele é lavado com água para que se elimine qualquer tipo de contaminação que o plástico tenha sofrido durante os outros processos. Esta etapa é mais comum em materiais de origem de pós-consumo, pois é neste tipo de resíduos que se tem uma maior probabilidade de contaminação do material.

Nesta etapa é também necessária a remoção de resíduos de detergente, posteriormente é ainda necessário que a água de lavagem receba um tratamento para a sua reutilização ou emissão como efluente [45]. Normalmente a água é misturada com uma solução de lavagem contendo soda cáustica [47]. A lavagem é entendida como a descolagem e separação de sujidade aderente aos resíduos plásticos reprocessados [48].

A secagem tem como objectivo a redução do teor em humidade do plástico lavado. A humidade adere primariamente à superfície do plástico, razão pela qual quanto maior for a superfície do material maior é o seu teor em humidade [49].

Brognoli (2006) afirma que esta etapa é importante, pois alguns polímeros, como os poliésteres ou as poliamidas, podem sofrer hidrólise durante o reprocessamento. O resíduo de detergente pode agir como catalisador na hidrólise e aumentar a degradação do plástico.

Os plásticos podem ser secos por processos mecânicos e/ou térmicos [50]. Nos processos mecânicos a humidade é removida por força da gravidade ou inércia. Na secagem térmica são utilizados três mecanismos: condução térmica, convecção e radiação

Segundo Spinacé e Paoli (2005), nas últimas fases, a aglutinação além de completar a secagem, o material é compactado, reduzindo-se assim o volume que será enviado à extrusora. O atrito dos fragmentos contra a parede do equipamento rotativo provoca elevação da temperatura, levando à formação de uma massa plástica. O aglutinador também é utilizado para incorporação de aditivos, como cargas, pigmentos e lubrificantes.

Na fase final do processo surge a *extrusão* utilizada na composição e processamento de plásticos, isto é, permite a produção de produtos semi-acabados, como o granulado na indústria de reciclagem, ou produtos reciclados, como tubagens e sacos [49].

Awaja e Pavel, (2005) afirmam que na sequência das etapas referidas para a reciclagem mecânica, a extrusão aplica-se na produção de granulado. O processo consiste na fusão do plástico triturado, por fricção e por acção do calor, tornando-o homogéneo. À saída da extrusora encontra-se a feira, da qual sai um fluxo de plástico contínuo, que é arrefecido com água. Em seguida, o plástico é cortado e transformado em grãos (*pellets*).

Nesta etapa o material pode ser aditivado e reforçado para melhorar as suas propriedades. Para que ocorra este processo é necessário um equipamento denominado extrusora. As extrusoras são equipamentos que tem a função de fundir o material, compactá-lo e através de dispositivos especiais, dar ao material o formato de grânulo [51].

A título ilustrativo apresenta-se na figura 14 uma foto do equipamento utilizado no processo da extrusão.

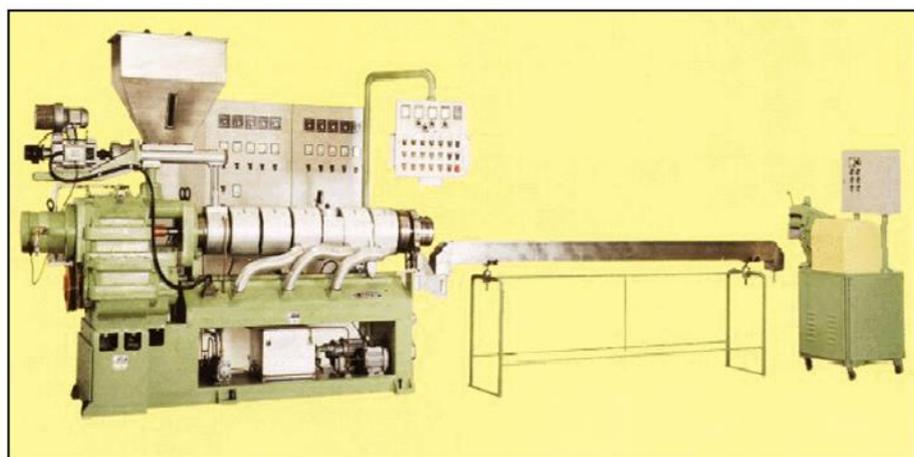


Figura 14 - Extrusora utilizada na reciclagem mecânica de plásticos

Outra via de reciclar cada vez mais importante é a reciclagem química que permite transformar resíduos poliméricos em monómeros, oligómeros, etc., por decomposição química e/ou térmica [52]. A reciclagem química recupera espécies químicas para que possam ser reaproveitados. Esta reciclagem pode resultar tanto numa substância combustível quanto em um produto químico, a ser utilizado para a obtenção do polímero que lhe deu origem. Existem vários processos desenvolvidos para a decomposição química de polímeros que originam espécies monoméricas.

A reciclagem química ocorre essencialmente através de processos de despolimerização por solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), ou por métodos térmicos (pirólise a baixa e alta

temperatura, gaseificação, hidrogenação) ou ainda métodos térmicos/catalíticos (pirólise e a utilização de catalisadores selectivos) [46].

A *solvólise* é utilizada para polímeros como os poliésteres, as poliamidas e os poliuretanos [53]. É um método que utiliza um solvente, que pode ser a água ou um álcool, na presença ou não de um catalisador e altas temperaturas, para recuperação dos monómeros. Os métodos térmicos e/ou catalíticos são mais utilizados para poliolefinas.

Na *hidrólise* faz-se a recuperação dos monómeros de partida através de uma reacção com excesso de água a alta temperatura na presença de um catalisador [54]. Por exemplo, através da reacção de hidrólise do PET, uma das experiências que foi executada ao longo do nosso trabalho, verificamos que é possível obter os produtos de partida que são o etileno glicol e o ácido tereftálico. Estes podem ser utilizados para obtenção do polímero novamente.

A *alcoólise* ou especificamente a metanólise é o processo de despolimerização do PET por adição de metanol a altas temperaturas e pressões. O PET fundido é misturado com metanol na presença de um catalisador ácido ou básico. Tipicamente, as condições de metanólise são pressões de 2-7 MPa e temperaturas de 160 - 240 °C [42].

A *amilose* utiliza a molécula que se apresenta na forma helicoidal, em cujo interior da hélice se dispõem átomos de hidrogénio, enquanto os grupos hidroxilos permanecem na parte externa da mesma [55]. A presença de átomos de hidrogénio no interior da hélice torna-a hidrofóbica e permite que a amilose forme complexos com ácidos gordos livres, com componentes glicerídeos dos ácidos gordos, com alguns álcoois e com iodo.

Na figura 15 esquematiza-se resumidamente a reciclagem química.

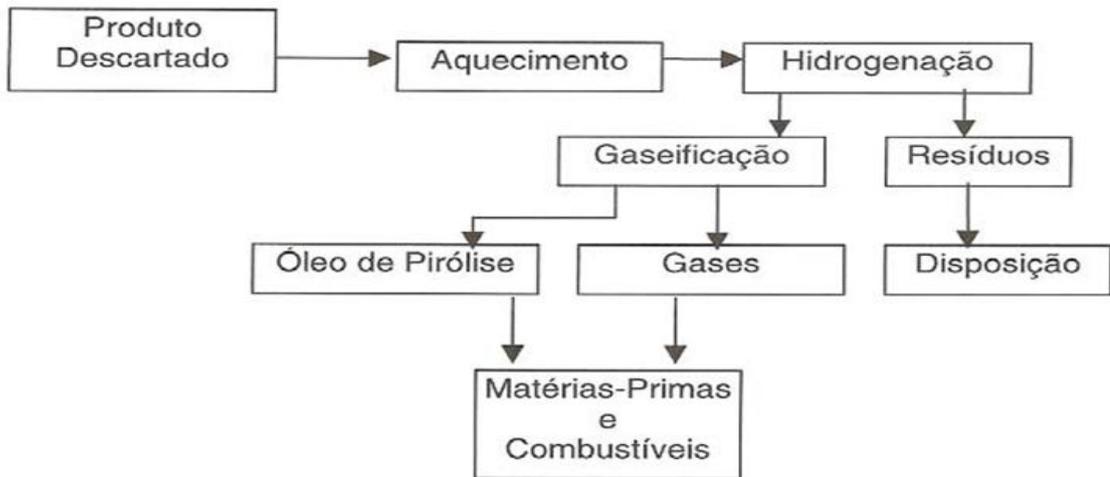


Figura 15 - Fluxograma genérico da reciclagem química

No processo de glicose o agente da despolimerização principal do PET é o etileno glicol mas podem ser usados também o dietilenoglicol, o propilenoglicol e o dipropilenoglicol [55]. Baseia-se no tratamento do polímero com excesso de glicol, ocorrendo uma reacção de transesterificação.

Na *pirólise à baixa temperatura* dá-se a degradação térmica na ausência de ar ou deficiência de oxigénio. Neste caso ocorre principalmente a despolimerização e formação de pequena quantidade de compostos aromáticos e gases leves, como o metano.

Na *pirólise à alta temperatura* ocorre a decomposição térmica na ausência de ar ou deficiência de oxigénio, obtendo-se óleos e gases que, posteriormente, serão purificados por métodos petroquímicos padrões [41]. A pirólise é uma reacção endotérmica, portanto é necessária a adição de calor, que pode ser fornecido directamente (oxigénio-ar) ou indirectamente (troca de calor).

Na *gaseificação* os plásticos são aquecidos com ar ou oxigénio, gerando-se gás de síntese contendo monóxido de carbono e hidrogénio [34]. Geralmente é realizada a uma temperatura compreendida entre 1200 a 1500°C. Para além da recuperação do CO e H₂, também são recuperadas pequenas quantidades de CH₄, CO₂, H₂O e alguns gases inertes.

A *hidrogenação* assenta na quebra das cadeias poliméricas mediante o tratamento com hidrogénio e calor, gerando produtos capazes de serem processados em refinarias, ocorrendo em temperaturas entre 440 a 480°C e pressões de 15 a 25 GPa [34].

O grande passo em frente neste domínio da reciclagem tem que ver com os novos processos desenvolvidos que permitem a reciclagem de misturas de plásticos diferentes, com aceitação de determinado grau de contaminantes como, por exemplo, tintas, papéis, entre outros materiais.

A reciclagem química é um dos processos mais eficientes apesar de seu custo elevado, além de ser mais vantajosa em relação aos outros tipos de reciclagem por permitir reciclar os polímeros mesmo misturados e também por fazer a recuperação de alguns componentes químicos.

Algumas das vantagens da reciclagem química do PET são a disponibilidade de um vasto leque de agentes de despolimerização e uma grande variedade de produtos, tais como monómeros para síntese de polímeros e resinas e outros aditivos para materiais poliméricos [55]. Assim a reciclagem química é particularmente atractiva no que se refere aos resíduos industriais porque os monómeros resultantes podem ser utilizados directamente no processo diminuindo a necessidade de compra de matérias-primas, reduzindo conseqüentemente os custos das empresas [57].

A reciclagem energética é a derradeira hipótese em termos de reaproveitamento, consiste em recuperar a energia contida nos resíduos sólidos na forma de energia eléctrica ou térmica. Vale apenas lembrar que a presença dos plásticos na composição dos resíduos urbanos é extremamente positiva, pois esses materiais possuem alto poder calorífico, libertando grande quantidade de calor quando submetidos a temperaturas elevadas.

A transformação dos resíduos em energia por queima é um processo que liberta gases, e tem uma pequena sobra de resíduos, os quais devem ter um tratamento adequado, evitando assim maiores problemas com a pequena quantidade de resíduos restantes. Particular atenção tem que ser dada ao tratamento dos gases, muitos deles tóxicos, gerados nesta fase.

O conteúdo de energia dos polímeros é alto e muito maior que de outros materiais. O valor calorífico de 1kg de resíduo polimérico é comparável ao de 1 L de óleo combustível e maior que o do carvão. Os resíduos poliméricos contidos no resíduo sólido urbano contribuem com 30% deste valor calorífico, permitindo a produção de electricidade, vapor ou calor [58].

Os polímeros que contenham halogéneos (cloro ou flúor) em suas cadeias podem causar problemas durante a combustão devido à libertação de HCl ou HF, podendo também ser uma fonte de emissão de dioxinas [59]. Actualmente é utilizado gás de lavagem reduzindo a emissão de HCl aos limites legais.

Os resíduos heterogéneos representam um problema para a indústria, mas a recuperação de energia oferece uma solução para tal dificuldade, através dos processos de combustão.

A reciclagem energética é hoje uma realidade e uma importante alternativa para combater o lixo urbano. É um processo amplamente utilizado na Europa, EUA e no Japão onde se aproveita o alto poder calorífico contido nos plásticos para serem usados como combustível. Países que adoptam esse processo, além de criar novas matrizes energéticas, conseguem reduzir substancialmente o volume de seus resíduos, um benefício incalculável para cidades com problemas de espaço para a deposição do lixo urbano [34].

A figura15 representa um esquema da reciclagem energética, onde o produto descartado sofre o processo da incineração, gerando energia e resíduos sólidos e gasosos. Após a eliminação desses resíduos pelos processos ou técnicas acima referidas, a energia é transformada em vapor e electricidade.

A reciclagem energética diferente da mecânica, não traz o resíduo de volta ao ciclo de produção, mas transforma-o em energia através do processo de queima.

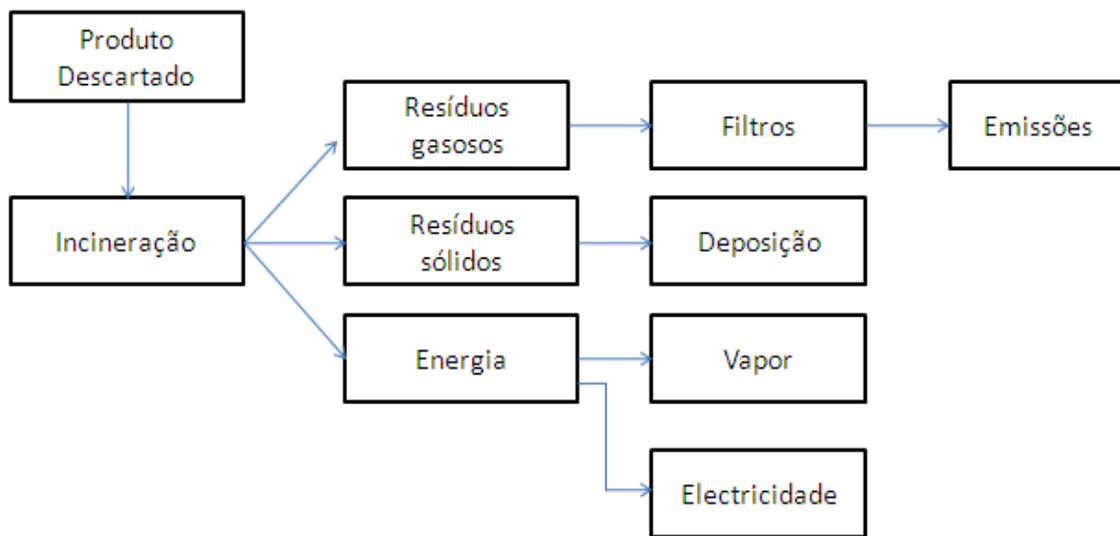


Figura 16 - Esquema ilustrativo da reciclagem energética [34]

3.4. CÍCLO DE VIDA DOS PLÁSTICOS

3.4.1. Uma gestão integrada e equilibrada

O ciclo de vida é a história do produto, desde a fase de extracção das matérias-primas, passando pela fase de produção, distribuição, consumo, uso e até sua transformação em lixo ou resíduo.

A avaliação do ciclo de vida é uma metodologia utilizada para avaliar o impacto ambiental de bens e serviços. Consiste em uma avaliação sistemática que permite quantificar os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida do produto [60].

Os resíduos sólidos são gerados desde o início da existência do homem, mas nos tempos actuais a quantidade de resíduos gerada é de tal dimensão que resultou em vários problemas na saúde, no meio ambiente, sociais, económicos e outros.

A gestão integrada de resíduos sólidos é um conjunto de metodologias com vista à redução não só da produção e eliminação de resíduos, como do melhor acompanhamento durante todo o seu ciclo produtivo. Tem como finalidade reduzir a produção de resíduos na origem, gerir a produção dos mesmos no sentido de atingir um equilíbrio entre a necessidade de produção de

resíduos e o seu impacto ambiental. É uma gestão transversal a todo o ciclo, o qual analisa de maneira holística [61]. A utilização dos recursos deve ser realizada de forma sustentável, isto é, de forma a satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades [62].

Assim, tendo consciência que não é possível parar a produção de resíduos e que o consumo de recursos aumenta como consequência do estilo de vida actual. Como é difícil de se alterar, torna-se importante a implementação de estratégias de gestão de resíduos e integração de recursos. Reduzir a produção de resíduos na origem é um dos pontos fundamentais de uma boa estratégia e equilibrando as reais necessidades, com a produção de resíduos menos nocivos, assim como evitar o recurso a materiais de difícil aproveitamento ou valorização, é um dos pontos essenciais.

Em Portugal a maior parte dos resíduos gerados são enviados para aterro, muito embora esta percentagem esteja a reduzir. A redução na fonte, a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação de energia, através da utilização destes resíduos como combustível, está a contribuir para a minimização da deposição destes resíduos em aterro [63].

Em Cabo Verde os resíduos sólidos urbanos produzidos são encaminhados para lixeiras a céu aberto, depositados sobre o solo não protegido onde vão sendo queimados para redução do seu volume e muitas vezes sem qualquer controlo ambiental e de saúde pública deste tipo de solução. Neste âmbito foi financiado um projecto de gestão integral dos resíduos sólidos na ilha de Santiago, que tem como principal objectivo melhorar a situação sanitária do país e em particular a da população mais desfavorecida da Ilha de Santiago. Foi implementado um sistema inter-municipal durável de gestão dos resíduos sólidos urbanos na parte sul da ilha de Santiago, respeitador do ambiente. Este sistema inclui um aproveitamento de minimização da produção dos resíduos e de reciclagem da fracção com valor económico, tendo em conta as condições específicas de Cabo Verde.

O desenvolvimento sustentável deve combinar duas áreas importantes: o uso de recursos e a gestão de resíduos. Concentrando-nos materiais e produtos poliméricos, é importante compreender o que conduz e limita a sua produção, utilização, reutilização e reciclagem.

A legislação sobre gestão de recursos e resíduos é uma das áreas chave das políticas de desenvolvimento ambiental na Europa. É dominada pela conciliação de leis e desenvolvimento de objectivos, que contribuem para um uso mais eficiente dos recursos e a reutilização de resíduos.

3.4.2. Alguns números e estatísticas

Desde 1950, a nível mundial, tem havido um aumento médio anual na produção e consumo de plásticos de 9%. Este tem sido impulsionado por uma inovação contínua. De 1,5 milhões de toneladas em 1950, a produção global total atingiu 245 milhões de toneladas em 2008. Este crescimento contínuo foi revertido em 2008, como uma consequência directa da crise financeira global, que afectou praticamente todos os sectores [64].

A Europa produz cerca de 60 milhões de toneladas de plásticos, o que representa 25% da produção mundial de plásticos. A Alemanha é o maior produtor, correspondendo a (7,5%) da produção global seguida de Benelux (4,5%), França (3%), Itália (2%) e Reino Unido e Espanha (1,5%) (Figura 3).

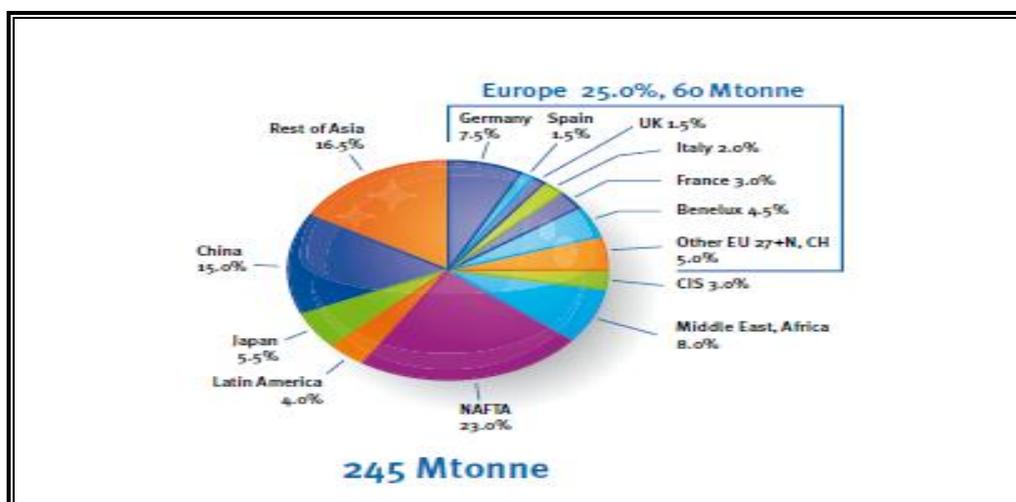


Figura 17 - A produção mundial de plásticos 2008 por país e região [63].

Os plásticos são reciclados desde 1970 de forma significativa. As quantidades que são recicladas variam geograficamente, de acordo com o tipo de plástico e aplicação. A reciclagem dos materiais de embalagem tem tido uma rápida expansão nas últimas décadas em vários países. Avanços nas tecnologias e sistemas para a recolha, triagem e

reprocessamento de plásticos recicláveis criam novas oportunidades para a reciclagem, e com a acção conjunta da indústria, entidades públicas e governos pode ser possível desviar a maioria dos resíduos de plástico dos aterros para reciclagem [65].

A reciclagem é uma das acções mais importantes actualmente disponíveis para reduzir os impactos ambientais e representa uma das áreas mais dinâmicas da indústria de plásticos na actualidade. A reciclagem proporciona oportunidades para reduzir o uso de petróleo, as emissões de dióxido de carbono e as quantidades a eliminar de resíduos.

A figura 18 mostra que o desempenho da reciclagem, é semelhante na maioria dos países europeus mas que se verificam grandes diferenças na taxa de recuperação de energia, daí existir uma necessidade de cumprir as metas traçadas pelo parlamento europeu em particular neste item.

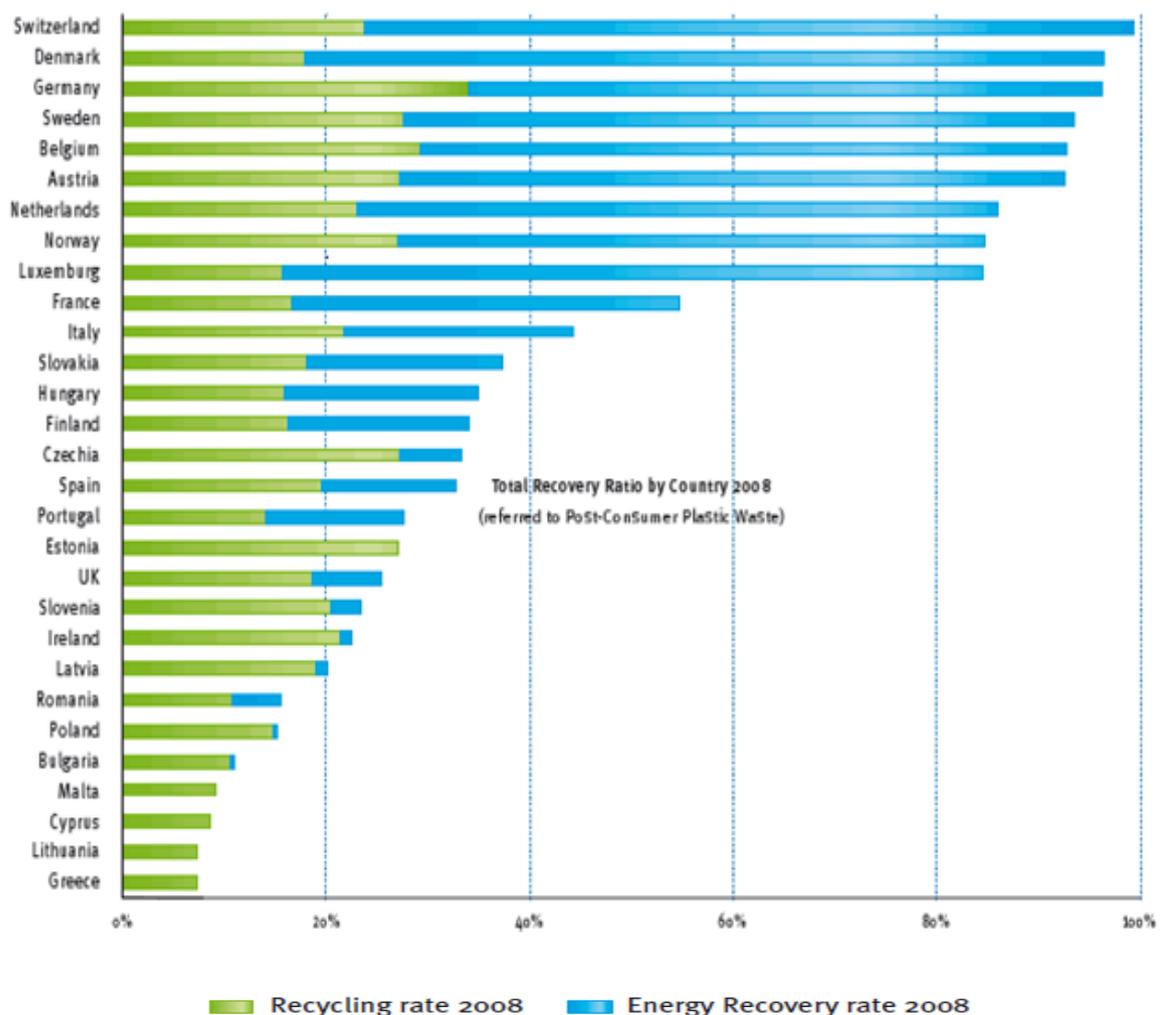


Figura 18 - Reciclagem e taxa de recuperação de energia por país [65]

Comparando a reciclagem efectuada na Europa com a realizada nos outros países do mundo verifica-se que a Europa tem maior índice de reciclagem de plásticos sendo até superior à reciclagem realizada nos EUA, com especial destaque para o PET. Este índice de reciclagem na Europa foi conseguido devido à norma que regulamentou que 25% a 40% da massa de embalagens no lixo fosse reciclada e no mínimo 50% fosse recuperada.

O Parlamento Europeu (PE) conseguiu introduzir uma meta de 50% de reciclagem para os resíduos sólidos urbanos (RSU) e 70% para os resíduos de construção e demolição (RCD), até 2020. Desta maneira a reciclagem reduz fortemente a emissão de gases com efeito de estufa, sendo provavelmente uma das opções estratégicas mais baratas ao nível da sociedade para combater as alterações climáticas e os potenciais benefícios económicos daí resultantes (cerca de 2.5 a 9.9 biliões de euros por ano para a UE, pressupondo que a UE atinja uma média de 53% de reciclagem de RSU) [65]. A meta de 50% de reciclagem de RSU até 2020, proposta pelo PE, podia evitar emissões de 89 milhões de toneladas de equivalente de CO₂ por ano, o que seria equivalente a tirar 31 milhões de carros da estrada [66].

A aprovação de metas globais para a reciclagem trará não só benefícios ambientais, como também económicos, já que o seu efeito empregador (a indústria da reciclagem gera 8 vezes mais empregos por cada tonelada de resíduo tratado que a incineração) será muito importante para a indústria da reciclagem. Países como a Alemanha já estão a dominar as tecnologias ambientais no sector dos RSU, cujo mercado mundial foi avaliado em 30 milhões de euros, do qual a UE detêm cerca de 50%. O avanço alemão deve-se em muito às políticas de estabelecer metas para RSU muito cedo na Alemanha [66].

As metas são particularmente importantes para Portugal, sendo possível inovar e fazer acordos entre a indústria da reciclagem e, por exemplo, a indústria de moldes. Estas inovações feitas em Portugal podem depois ser exportadas.

Em Dezembro de 2014 haverá uma avaliação para perceber se é necessário reforçar as medidas. De três em três anos, os estados membros devem apresentar um relatório à comissão sobre o seu desempenho no que diz respeito ao cumprimento das metas [65].

3.4.3. O panorama em Portugal e em Cabo Verde

A reciclagem de plásticos em Portugal é quase tão antiga como a própria indústria de transformação do plásticos, pois trata-se apenas de bom senso industrial reciclar resíduos de produção que se assemelham à matéria-prima inicialmente consumida. Profissionalmente, os primeiros recicladores apareceram no início da década de 70 tendo-se vindo a especializar e a expandir até aos dias de hoje [67].

O Instituto Nacional de Estatística revelou em Agosto de 2010 que a reciclagem em Portugal corresponde a 57% da média da União Europeia. Isto significa que cada português produz 511kg de resíduos por ano, sendo que apenas 13% (67kg) são separados e enviados para reciclagem. Segundo o INE, os resíduos de embalagens destacam-se como a fileira que tem registado a mais elevada taxa média de crescimento anual e que ascende a 32% nos últimos seis anos [68].

A deposição em aterro é o destino de 65 % da recolha indiferenciada em Portugal, oito pontos percentuais acima da média europeia. Segundo alguns especialistas, as unidades de tratamento mecânico biológico (TMB) poderão ser a melhor solução para minimizar as quantidades de resíduos depositados [69].

A reciclagem de resíduos em Portugal tem vindo a registar nos últimos anos um notável crescimento, no contexto de crescentes exigências legais em matéria de meio ambiental, maior controlo do cumprimento da legislação vigente e crescente sensibilização tanto da população como das empresas para a preservação do meio ambiente.

O sector de reciclagem integra actualmente cerca de 53 empresas privadas que fazem a reciclagem de embalagens e gerem um total de 62 centros de tratamento. Operam ainda em Portugal 34 sistemas municipais e algumas empresas que fazem a reciclagem dos resíduos industriais, ainda que sejam em número reduzido no nosso país. Porto e Aveiro são os distritos onde se concentra o maior número de centros de reciclagem, com 15 e 14 respectivamente, Setúbal com 7, Lisboa e Braga com 6 [69].

As metas para o ano 2011 encontram-se definidas e por sinal são bastante ambiciosas: uma valorização mínima de 60% (em peso) e reciclagem no mínimo de 55%, com contributo de

60% para resíduos de embalagens de papel/cartão e vidro, 50% para metais, 22,5% para plásticos e 15% para madeira [70].

Países como Portugal terão de investir ou canalizar resíduos para processos de reciclagem alternativos. O desafio está em, por um lado, garantir o crescimento e sustentabilidade da reciclagem mecânica (em todas as suas vertentes) e dos seus mercados, por outro, em procurar ou desenvolver processos alternativos de reciclagem como por exemplo a reciclagem química [66].

Para avaliar a reciclagem no ano de 2010 em Portugal recorreu-se aos dados do INE. Os dados apresentados na tabela 3 são ainda provisórios e respeitam unicamente às quantidades de resíduos de embalagens enviadas para reciclagem, provenientes dos SMAUTs (Sistemas Multimunicipais e Autarquias).

A tabela 3 apresenta a taxa de reciclagem de resíduos de embalagem em 2009. A taxa de reciclagem exprime a quantidade reciclada em percentagem da quantidade colocada no mercado. Por quantidade reciclada, entende-se a quantidade de resíduos de embalagens pós-consumo gerados em Portugal e encaminhados para reciclagem. Excluem-se os resíduos importados, mas incluem-se os resíduos reciclados fora do País [71].

Tabela 3- Evolução da Reciclagem no 1º Semestre de 2010 [71]

	1º Semestre 2009	1º Semestre 2010
Papel e Cartão:	54 373	55 292
Plástico	21 937	19 818
Vidro	84 675	84 051
Madeira	1 488	1 954
Metal	8196	10 112
TOTAL	170 669	171 227

Por quantidade colocada no mercado entende-se a totalidade das embalagens “consumidas” no País durante o ano, incluindo reutilizáveis e não reutilizáveis. Equivale ao consumo aparente de embalagens (produção mais importação, menos exportação), considerando-se, no

caso do comércio externo, não só as embalagens transaccionadas vazias, mas também as que entraram e saíram cheias.

Tabela 4 - Dados estatísticos de taxas de reciclagem em 2009

<p style="text-align: center;">Resíduos de Embalagens</p> <p style="text-align: center;">TAXAS DE RECICLAGEM - 2009</p>						
 INTERFILEIRAS	 Recipac PAPEL/CARTÃO	 PLASTVAI PLÁSTICO	 CERVA VIDRO	 embar MADEIRA	 fimet METAL	 TOTAL
Quantidades colocadas no mercado (toneladas e variação percentual relativamente ao ano anterior)	710.771 -1%	378.068 0%	414.000 -4%	551.472 -20%	101.200 -8%	2.155.511 -7%
Quantidades encaminhadas para Reciclagem (toneladas e variação percentual relativamente ao ano anterior)	489.670 -13%	88.599 20%	232.517 4%	72.000 -6%	64.483 -9%	947.252 -6%
TAXA DE RECICLAGEM 2009	68,9%	23,4%	56,2%	13,1%	63,7%	43,9%
Taxa de Reciclagem em 2008	78,5%	19,5%	51,8%	11,1%	64,7%	43,3%

Em Cabo Verde há produção de grande quantidade de resíduos sólidos. Não existem ligações à reciclagem e consequentemente não existe a cultura de separação de lixos.

Para o tratamento desses resíduos, além do projecto de gestão integral dos resíduos sólidos acima referido, existe um protocolo para a implementação do projecto entre o governo e a Associação dos Municípios de Santiago (AMS), que visa consensualizar as soluções técnicas e institucionais propostas para a prossecução dos objectivos a nível deste município.

Este projecto, prevê a criação de três aterros sanitários na região (um na fronteira Praia/São Domingos e dois em Santiago Norte), contribuirá para “tornar melhor e ainda mais apetecível e saudável o ambiente de Santiago” bem como de infra-estruturas necessárias à uma prestação de serviços de recolha e tratamento de resíduos “eficiente” e com “qualidade” para os seus residentes [72].

3.5. IMPORTÂNCIA DO PET

3.5.1. Aplicações do PET

O PET é um material de elevada importância nas indústrias de transformação de materiais termoplásticos e é utilizado na confecção de inúmeros produtos como: suporte de filme metálico para impressão em plástico, fitas magnéticas para gravação, mantas para filtros industriais, embalagem de alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos, filme e placas para radiografia, fotografia e reprografia, impermeabilidade de superfícies, frascos para refrigerantes gaseificados, fibras têxteis, na indústria automobilística, bomba, carburadores, escovas, limpa-vidros, componentes eléctricos, interior de fornos de micro-ondas, em compostos com fibra de vidro, componentes de móveis de escritório [73].

Uma das mais recentes aplicações do PET encontra-se no mercado de produtos de conveniência, especialmente refeições semi-prontas, onde a embalagem é retirada do congelador e aquecida directamente em forno convencional ou de micro-ondas. Para esta aplicação específica, a embalagem pode ser exposta a temperaturas que variam entre - 40°C a 220°C [74].

O sucesso da aplicação do PET deve-se às suas propriedades físico mecânicas, como rigidez, brilho, estabilidade térmica, estabilidade à luz, assim como propriedades de barreira a gases.

3.5.2. Síntese do PET

O processo da síntese de PET pode ser realizado em duas ou três etapas, dependendo da sua aplicação:

- I) pré-polimerização
- II) policondensação
- III) polimerização no estado sólido.

I) Pré-polimerização

Essa etapa consiste na fabricação do oligômero tereftalato de bis(2-hidroxi-etileno), BHET. Nela, o poliéster pode ser fabricado através de dois caminhos diferentes:

- a) esterificação directa;
- b) transesterificação.

Ia) Reacção de esterificação

A esterificação directa é obtida pela reacção do ácido tereftálico (TPA) com etileno glicol (EG). Na transesterificação há substituição do monómero ácido tereftálico por éster tereftalato de dimetileno (DMT).

Devido ao desenvolvimento de um novo método de purificação do monómero TPA, o processo de esterificação directa vem sendo o preferido para a produção industrial do PET.

De acordo com o novo método, o TPA é produzido a partir da oxidação do *p*-xileno com ácido acético. Entretanto, o rendimento desta reacção não é alto e são formadas impurezas como 4-carboxibenzaldeído (4-CBA). Como consequência, o grupo aldeído presente no 4-CBA, age como um terminador de cadeia na polimerização do PET, o que dificulta a obtenção do grau de polimerização ($DP = 150$) desejável para fabricação de embalagens. Devido às similaridades entre as estruturas do TPA e do 4-CBA, o processo de separação é complexo. A partir da dissolução do TPA em água e posterior hidrogenação com um catalisador de Pd/C, esse problema foi totalmente contornado [75].

Ib) Reacção de transesterificação

Na transesterificação o reactor é carregado com DMT: EG (razão molar = 1: 2,1 - 2,3) e catalisadores na temperatura entre 170-210°C. Durante a reacção, o metanol libertado é recolhido num receptor, permitindo estimar a extensão da reacção. Considera-se que a reacção é completa e que o BHET é obtido com um grau de polimerização entre 25 e 30% quando a destilação do metanol cessa.

Esse processo foi preferido por um longo período devido à facilidade de obtenção do monómero DMT que apresentava um maior grau de pureza [75].

Essas etapas de síntese do PET são mais usadas nos processos industriais, mas no entanto no nosso trabalho foi utilizado a etapa de pré-polimerização em que o poliéster poli(tereftalato) de etileno, PET, pode ser obtido através de duas rotas diferentes, que são a esterificação directa e a transesterificação.

A esterificação directa tem como reagentes de partida o ácido tereftálico e o etileno glicol. Devido às exigências em termos de pressão e temperatura elevada, esta síntese não foi realizada, mas sim, a transesterificação em que o ácido tereftálico foi substituído por éster tereftalato de dimetilo.

II) Policondensação

Neste método, o BHET é gradualmente aquecido a 280 °C após a sua síntese na etapa de pré-polimerização. Durante o aquecimento a pressão interna do reactor é reduzida para valores abaixo de $1,3 \times 10^2$ Pa e, conseqüentemente, o grau de polimerização é elevado para 100. O tempo reaccional total (2 etapas preliminares) pode variar de 5 a 10 horas e o EG é obtido como subproduto [76].

Na policondensação obtêm-se polímeros com massa molar em torno de $33.000 \text{ g mol}^{-1}$. Para se obter um polímero com elevada massa molar, é necessário realizar uma outra etapa, conhecida como polimerização no estado sólido.

Polimerização no estado sólido

A reacção de policondensação ou polimerização no estado sólido (PES) é feita a uma temperatura entre a temperatura de transição vítrea e a de fusão. Ela é utilizada para a produção de PET com alta massa molar ($> 30.000 \text{ g mol}^{-1}$). A polimerização no estado sólido é realizada a 220-230 °C por um período entre 10 e 30 horas.

O aspecto mais importante da PES, é aumentar o grau de cristalinidade do material num intervalo de tempo curto sob alto vácuo ou com um sistema de atmosfera inerte sob agitação,

evitando assim o processo de sintetização, no qual as partículas começam a aderir umas as outras [75].

3.5.3. Reciclagem do PET

A reciclagem é considerada uma das alternativas mais importante dentro do conceito de desenvolvimento sustentável definido pela Organização das Nações Unidas (ONU). O processo deve ser utilizado em dois casos:

- i) Quando a recuperação dos resíduos seja técnica e economicamente viável, bem como higienicamente utilizável;
- ii) Quando as características de cada material sejam respeitadas.

A reciclagem é o resultado final de actividades intermediárias de recolha, separação e processamento, através da qual materiais pós-consumo são usados como matéria-prima na manufactura de bens, antes produzidos com matéria-prima virgem. O sucesso da reciclagem está directamente ligado ao fornecimento de matéria-prima, tecnologia de reciclagem e mercado diferenciado.

O estudo económico da produção de PET, principalmente de embalagens, é importante, pois a matéria-prima da reciclagem é o material pós-consumo, produzido a partir de resina virgem. A avaliação do mercado de PET, virgem e reciclado, e os possíveis mercados para a mistura PET/HDPE, complementam esse estudo [77].

O PET pode ser reciclado de três maneiras diferentes.

- 1- Reciclagem química: separa os componentes do PET, fornecendo matéria-prima para solventes e resinas, entre outros produtos.
- 2- Reciclagem energética: a queima do produto gera calor que pode ser aproveitado na geração de energia eléctrica, alimentação de caldeiras e altos fornos. O PET tem alto poder calorífico e não emite substâncias tóxicas quando queimado.
- 3- Reciclagem mecânica: praticamente todo o PET reciclado passa pelo processo mecânico. Este último tipo de reciclagem é composta por três fases principais:

- recuperação: as embalagens recuperadas são separadas pela cor e prensadas. A separação pela cor é necessária para que os produtos que resultam do processo tenham uniformidade de cor, facilitando assim, sua aplicação no mercado. A prensagem, por outro lado, é importante para que o transporte das embalagens seja viabilizado. Como já sabemos, o PET é muito leve.

- revalorização: as garrafas são moídas, ganhando valor no mercado. O produto que resulta desta fase é o **floco** da garrafa. Pode ser produzido de maneiras diferentes e, os flocos mais refinados podem ser utilizados directamente como matéria-prima para a fabricação dos diversos produtos que o PET reciclado dá origem na etapa de transformação. No entanto, há possibilidade de valorizar ainda mais o produto, produzindo os grãos de PET reciclado.

- transformação: fase em que os flocos, ou o granulado, será transformado num novo produto, fechando o ciclo. Os transformadores utilizam PET reciclado para fabricação de diversos produtos, inclusive novas garrafas para produtos não alimentares.

3.5.4. Aplicações do PETr

Podemos abordar as inúmeras aplicações para o PET reciclado. O PET após passar pelo processo de reciclagem, torna-se um produto de largo uso na indústria que opera com produtos reciclados.

Na indústria têxtil, o PETr é usado na fabricação de vestuários, de cabides, das cobertas como edredões, travesseiros, mantas, tapetes e carpetes.

O PET reciclado está presente na área desportiva, por exemplo em equipamentos desportivos como camisolas, calções, sapatilhas, entre outros. Nos estádios, o PET reciclado pode ser encontrado em cadeiras e em mantas geotéxteis. Estas últimas são grande responsáveis pela eficiência do sistema de drenagem porque o produto feito a 100% de PET, funciona como filtro, ao reter a terra permite o escoamento da água. As mantas também são muito utilizadas em jardins, drenagem de estradas e fundações prediais.

As aplicações do PETr no mundo fashion não se resumem ao vestuário. A indústria de calçado também é grande consumidora [78].

Na construção civil, o PETr é utilizado nas caixas de água, nos tubos e conexões, nas torneiras, piscinas e telhas. Pode-se criar o mármore sintético, com PET reciclado, que é usado para produção de bancadas e pias.

Na indústria de tintas, o PETr é utilizado na composição de resinas insaturadas alquídicas, considerada a matéria-prima mais importante no fabrico de tintas (esmalte e vernizes).

PETr pós-consumo poderá ser aplicado também na produção de novas embalagens de alimentos e bebidas, ampliando ainda mais o mercado consumidor deste material.

O PETr é utilizado na indústria de automóvel no revestimento do piso do veículo, incluindo bagageira. Também é utilizado para revestir portas, tectos e outras partes do automóvel.

Uma aplicação importante do PETr é o seu reaproveitamento como plástico reforçado com fibra de vidro, para aplicações em engenharia.

Uma nova forma de reciclagem, recentemente levada a cabo em Portugal, consiste na fabricação de “madeira plástica”. Este processo, destina-se a produzir produtos semelhantes á madeira, embora com características próprias, dando origem a peças de grandes massas como barrotes, tábuas e outros perfis de grandes dimensões e ou outras peças moldadas também de grandes dimensões [63]. Encontram aplicações em jardins, praia, bares, restaurantes, agriculturas e outras.

3.5.5. PET para embalagens alimentares, o caso particular das garrafas

O uso do plástico como principal componente estrutural de embalagens de alimentos é uma decorrência da evolução das tecnologias e do processo produtivo dos materiais poliméricos. O mercado consumidor tem convivido com embalagens dos mais diversos formatos e tipos.

A comunidade científica internacional tem voltado sua atenção para os aspectos toxicológicos decorrentes da utilização de materiais de síntese química em embalagens de alimentos. O interesse em se estabelecer um controlo eficiente sobre os excessivos componentes associados à fabricação de materiais para contacto com alimentos tem atingido atenção especial, uma vez

que os materiais empregados não podem ser considerados totalmente inertes. Este controle reflecte principalmente a preocupação dos órgãos de regulamentação com a saúde do consumidor, que pode estar sujeito à exposição crónica de substâncias presentes nestes materiais, decorrente de processos de migração [79].

O caso da embalagem na segurança alimentar pode ser abordado segundo duas perspectivas, por um lado a embalagem desempenha um papel muito relevante na protecção e na conservação do produto, contribuindo assim para a segurança do produto. Por outro lado, a embalagem deve não ser ela própria uma fonte de perigos para a segurança e qualidade do produto, na medida em que se trata de materiais de natureza diversa, em contacto directo com os alimentos, que podem originar contaminação física, química e mesmo microbiológica [80].

Ainda, em relação à segurança do uso dos componentes de embalagens, generaliza-se a vontade de conciliar as regulamentações adoptadas em diferentes países através dos chamados *Mercados Comuns*, que tem como finalidade eliminar barreiras de mercado, favorecendo a importação e exportação de produtos alimentares. No entanto, esta tem sido uma tarefa árdua, uma vez que frequentemente as exigências e experiências de cada país diferem significativamente entre si.

O controlo no sector de embalagens para alimentos, em geral, é feito através de regulamentações que limitam a concentração das substâncias que irão compor as embalagens e através de ensaios de migração, que visam estimar o grau de contaminação dos alimentos com estas substâncias [78]. As Provas de cessão ou testes de migração são determinações cuja finalidade é avaliar a quantidade de substâncias passíveis de migrar da embalagem para o alimento. A importância destas determinações prende-se ao fato de que estes migrantes, além de potencialmente tóxicos ao homem, podem alterar as características do alimento [81].

O PETr tem sido, nos últimos anos, largamente utilizado como material de embalagem para alimentos. O PET é utilizado tanto na forma de garrafas para bebidas carbonatadas, bebidas alcoólicas e óleos vegetais, como na forma de filme simples ou laminado com outros materiais para os mais variados tipos de produtos alimentares [82].

Esse polímero possui alta resistência mecânica, além de ser barreira para gases e odores. Devido às características e ao baixo peso, o PET mostrou ser o recipiente adequado para uma série de bebidas, propiciando baixos custos de transporte e produção.

A regulamentação estabelece que garrafas ou embalagens de PET para alimentos podem ser reutilizadas no máximo vinte vezes. Depois disso, a reciclagem deverá ser efectuada, sendo a resina obtida utilizada para a confecção de outros produtos, excepto embalagens para bebidas, alimentos, brinquedos e utensílios domésticos para uso de crianças [80].

Paralelamente à tendência do crescimento da utilização de artigos plásticos para contacto com alimentos, surge a necessidade de um reaproveitamento, economicamente viável, com o propósito de evitar a acumulação destes materiais no ambiente.

CAPITULO IV. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E REAGENTES

Foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Garrafa de PET pós-consumo;
- Tesoura;
- Balão de fundo redondo de duas bocas - 250ml;
- Proveta;
- Papel de filtro;
- Funil de buchner;
- Pinça metálica
- Espátula;
- Tina;
- Lâmina de vidro para microscópio:
- Cronómetro;
- Pedacos de porcelana;
- Balança analítica;
- Placa de aquecimento (Marca ARE);
- Condensador;
- Termómetro;
- Estufa;
- 2 adaptadores em Y;
- Dispositivo para destilação fraccionada;
- Agitador magnético;
- Manta de aquecimento;
- Cadinho;
- Espectrofotómetro de infravermelho (FTiR);
- Analisador termogravimétrico (TGA);
- Difratómetro de raios X (DRX).

Foram utilizados os seguintes reagentes:

- Água destilada;
- Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 7,5mol/l;
- Ácido sulfúrico concentrado;

- Solução alcalina de bicarbonato de sódio 5% (m/v);
- Álcool etílico;
- Tereftalato de dimetilo;
- Etileno glicol;
- Sólido metálico;
- Ácido tolueno sulfónico;

4.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

4.2.1. Despolimerização

A hidrólise de poli(tereftalato de etileno) foi estudada desde o final dos anos 50 em virtude da sua importância enquanto processo degradativo [83]. A despolimerização consiste numa transformação química de um polímero para o seu monómero, ou para um polímero da mesma composição quantitativa mas de menor massa molecular. Esta transformação pode ocorrer quando o polímero é exposto a temperaturas muito elevadas, a determinados produtos químicos ou à humidade [84].

Pretende-se com este trabalho da despolimerização do PET pós consumo (proveniente de garrafas de água “continente”) alcançar os seguintes objectivos:

- 1- Estudar a despolimerização do PET via hidrólise alcalina com formação do ácido tereftálico (AT) e de etileno glicol (EG);
- 2- Identificar a presença de grupo carboxílico do AT;
- 3- Estudar a solubilidade do ácido tereftálico.

Para atingir esses três objectivos foi realizada a prática laboratorial da despolimerização do PET em Cabo Verde na Escola Secundária Pedro Gomes com alunos do 12º ano de escolaridade e em Portugal, cidade de Évora, Escola Secundária Severim de Faria também com os alunos do 12º ano.

O procedimento experimental iniciou-se com a montagem dos equipamentos e a lavagem das garrafas de PET com água destilada e posterior secagem à temperatura ambiente. Essas

garrafas foram cortadas em quadrados aproximadamente 0,5x0,5cm, sendo pesada uma massa cerca de 5 g transferidas para um balão erlenmeyer de 250 ml (ver figuras 19,20.21,22,23).



Figura 19 - Montagem do equipamento para a experiência da despolimerização do PET



a)

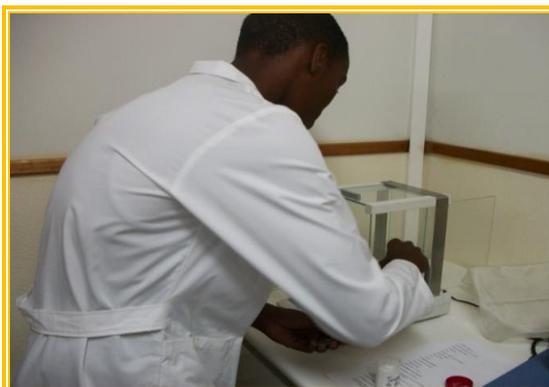


b)

Figura 20 - Corte de garrafa PET, a) alunos da ESSF, b) alunos da ESPG.



a)



b)

Figura 21 - Pesagem de garrafa PET, a) alunos da ESSF, b) alunos da ESPG.

Os pedaços do PET foram colocados numa solução básica (7,5 M de NaOH) num balão de reacção de duas bocas. Este foi colocado sob aquecimento, ou seja, numa tina com óleo sob a agitação magnética. Após a introdução dos reagentes, uma das bocas do balão foi conectada a um condensador de bolas resfriado com água para que a reacção ocorresse com refluxo durante 2 h. Na outra boca do balão adaptou-se um termómetro que permitiu controlar a temperatura da mistura em torno dos 90°C (ver anexos 1 e 2).

Após a reacção, observam-se duas fases: uma líquida e incolor (Tereftalato de sódio) e outra sólida constituída pelo PET não hidrolisado. Depois de 2 h arrefeceu-se a mistura em banho de gelo e fez-se a filtração a vácuo. Ao filtrado foi adicionado uma solução a 10% V/V de ácido sulfúrico concentrado para neutralizar todo o NaOH presente, para obtenção do ácido tereftálico (insolúvel), o qual é separado do etileno glicol e demais substâncias resultantes do processo reaccional também por filtração.

Com a adição do ácido sulfúrico verificou-se libertação de energia, a que permitiu identificar uma reacção exotérmica (ver figura 22).

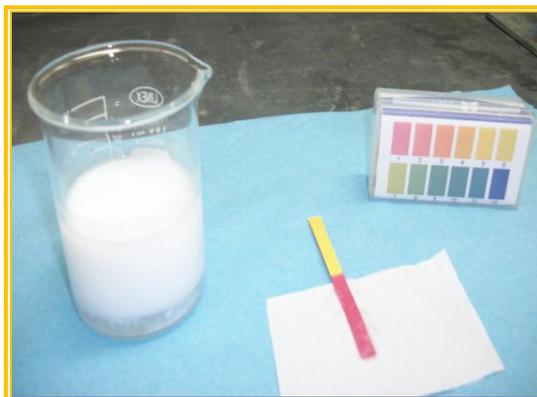


Figura 22 - Adição do ácido sulfúrico à solução

O monómero no papel de filtro foi lavado com água destilada em abundância, sendo em seguida seco a 75 °C em estufa e pesado para a obtenção da massa de ácido tereftálico recuperado (ver figura 23).



Figura 23 - Pesagem da massa do ácido tereftálico recuperado

A partir da massa recuperada de TPA e da fracção de ácido tereftálico teoricamente presente no PET, obtida estequiometricamente calculou-se o rendimento da reacção de despolimerização.

Cálculo do rendimento.

$$\eta = \frac{\text{Quantidade real de produto obtido (Qr)}}{\text{Quantidade teórica de produto (Qt)}} \times 100$$

Dados : Qr = 1,057g

Qt= 5,008g

$$\eta = \frac{1,057\text{g}}{5,008\text{g}} \times 100 \rightarrow \eta = 21,1\%$$

Para uma reacção de 2 h o valor de rendimento é aproximadamente 20%. O rendimento de 21% foi o valor encontrado pelos alunos da ESPG, o que foi muito próximo do valor do rendimento da despolimerização do PET para 2 h de reacção. O rendimento encontrado pelos alunos da ESSF foi um valor muito inferior a 20%. Para este resultado contribuíam vários factores nomeadamente a solução de ácido sulfúrico com concentração superior a 10%, o tipo de papel de filtro que havia na escola e porque no momento da secagem da amostra na estufa, houve uma avaria da mesma. Por essas razões optaram por trabalhar com os dados dos alunos da ESPG.

O ácido tereftálico (TPA), produto principal, é obtido com apenas uma reacção, conforme se mostra na figura 24.

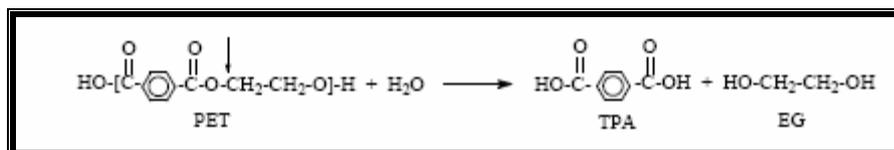


Figura 24 - Equação de despolimerização do PET via hidrólise alcalina com formação do ácido tereftálico (TPA) e o etileno glicol (EG).

A eficiência da reciclagem foi verificada através de teste qualitativo e de solubilidade, bem como a partir do cálculo do rendimento da reacção. (ver figura de solubilidade e tabela 5)

Tabela 5- Testes de solubilidade do ácido tereftálico.

Solvente	Água	Álcool Etílico
Solubilidade	Insolúvel	Pouco solúvel

A presença do carboxilo do TPA foi confirmada adicionando-se gotas de solução alcalina de bicarbonato de sódio 5% (m/v). A solução alcalina de bicarbonato de sódio reagiu com o ácido tereftálico (grupo carboxílico - COOH) e observou-se a libertação de CO₂ (ver figuras 25 e 26).

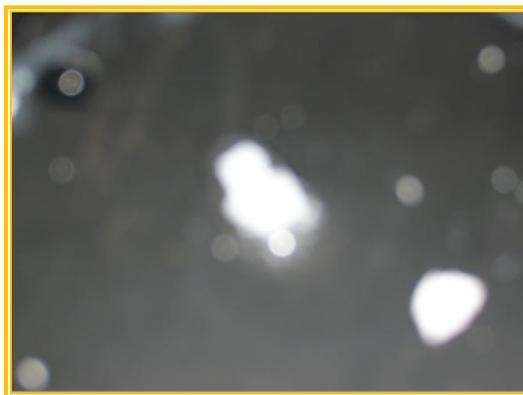


Figura 25 - Observação da libertação de CO₂ com adição da solução alcalina de bicarbonato de sódio



Figura 26 - Equação que mostra a libertação do CO₂

Quando a despolimerização do PET é realizada por meio da hidrólise, os produtos obtidos são o ácido tereftálico (TPA) e etileno glicol (EG). Para alcançar altos rendimentos, esses métodos necessitam do uso de soluções concentradas, altas temperaturas, catalisadores ou altas pressões [85].

Ruvolo Filho e colaboradores estudaram a despolimerização do PET e mostraram usando soluções de NaOH em etileno glicol 1,1 molL⁻¹ que a cinética de despolimerização abaixo da temperatura de fusão do PET (T_f = 255 a 265°C), é um processo heterogêneo que ocorre na superfície do PET e depende da velocidade de agitação a que é realizada a reacção [86].

4.2.2. Polimerização

A prática laboratorial da polimerização da síntese de poliéster PET realizada, teve por objectivo realçar conceitos importantes em química orgânica e apresentar a síntese de um dos polímeros mais importantes nos nossos dias.

O procedimento experimental iniciou-se com a montagem da instalação para aquecimento em refluxo e a pesagem do tereftalato de dimetilo (ver figura 27 e anexo 3).



Figura 27 - Montagem do equipamento para a experiência da polimerização do PET (1ª parte)



a)



b)

Figura 28 -Pesagem do tereftalato de dimetilo, a) alunos da ESSF, b) alunos da ESPG.

A amostra de poli(tereftalato de etileno) foi obtida através da reacção de condensação entre os monómeros de dimetilo e etileno glicol.

Os passos da polimerização de síntese de PET são independentes e não precisam de radicais ou iões transmissores de cadeias. Por isso em vez de uma reacção em cadeia, os poliésteres resultam de uma reacção sucessiva, com intervenção de dois monómeros, contendo, cada um deles mais de um grupo funcional idêntico. Ao reagirem formam longas cadeias macromoleculares e de peso molecular elevado.

Trata-se de uma reacção de equilíbrio, pelo que é reversível. Isto significa que é possível que o PET, formado em presença de água, despolimerize dando origem a tereftalato de dimetilo e etileno glicol [87].

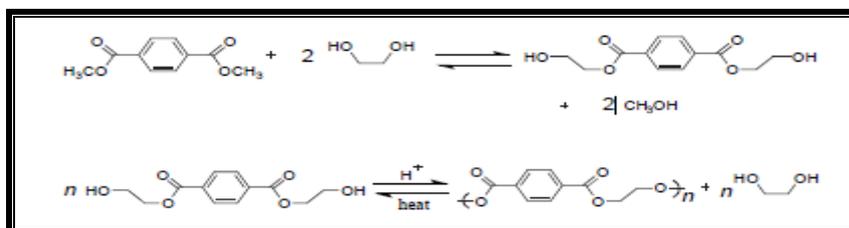


Figura 29 - Reacções químicas envolvidas na formação do intermediário e do produto da reacção.

O mecanismo da síntese é complexo e inicia-se com a activação do etileno glicol por parte do sódio metálico.

No estudo em questão, durante 30 min de aquecimento da mistura, verificou-se o refluxo, tendo-se registado uma temperatura de 73°C. Este valor encontrado pelos alunos encontra-se dentro do parâmetro das experiências realizadas pelo investigador no laboratório ($T_{\text{ref}} = 71$ a 75°C).

Depois arrefeceu-se a mistura em banho de gelo e alterou a disposição da montagem experimental (ver figura 30). Fez-se de seguida uma destilação simples, a 180°C e à pressão atmosférica de modo a extrair o metanol formado. O volume recolhido do metanol foi de 2,10 ml como se pode verificar pelos cálculos. Também nesta destilação foi retirado o etileno glicol em excesso, forçando, neste caso, a reacção a progredir no sentido de formação do produto desejado.



Figura 30 - Alteração da disposição do aparelho de refluxo e recolha do destilado

A previsão do volume de destilado esperado, metanol, foi calculada com base na estequiometria da reacção:

Cálculo do número de moles (n) de tereftalato de dimetilo

Dados: $M=194,2 \text{ g mol}^{-1}$ $m = 5,0181 \text{ g}$
--

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow n = \frac{5,0181 \text{ g}}{194,2 \text{ g mol}^{-1}} \rightarrow n = 0,026 \text{ mol}$$

Cálculo do número de mole de etileno glicol:

Dados: $V= 80 \text{ ml};$ $M= 62,07 \text{ g mol}^{-1};$ $\rho = 1,1132 \text{ g cm}^{-3}$

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow 1,1132 \text{ g cm}^{-3} = \frac{m}{80} \rightarrow m = 89,06 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow n = \frac{89,06 \text{ g}}{62,07 \text{ g mol}^{-1}} \rightarrow n = 1,435 \text{ mol}$$

Como a estequiometria entre o tereftalato de dimetilo e o etileno glicol é de 1:2 o reagente limitante é:

$$n_{\text{etileno glicol}} = \frac{1,435}{2} \rightarrow n = 0,718 \text{ mol}$$

Como $n_{\text{tereftalato de dimetilo}} < n_{\text{etileno glicol}}$, conclui-se que o tereftalato de dimetilo é o reagente limitante. O seu número de mole foi utilizado para prever a quantidade de metanol destilado.

De acordo com a estequiometria da reacção

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol}_{\text{tereftalato de dimetilo}} \quad \text{-----} \quad 2 \text{ mol}_{\text{metanol}} \\ 0,026 \text{ mol}_{\text{tereftalato de dimetilo}} \quad \text{-----} \quad x \\ x = 0,052 \text{ mol}_{\text{metanol}} \end{array}$$

Dados: $M_{\text{metanol}} = 32 \text{ g mol}^{-1}$; $\rho = 0,792 \text{ g cm}^{-3}$
--

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = 32 \text{ g mol}^{-1} \times 0,052 \text{ mol}_{\text{metanol}} \rightarrow m = 1,664 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow 0,792 \text{ g cm}^{-3} = \frac{1,664 \text{ g}}{v} \rightarrow v = 2,10 \text{ ml}$$

O volume obtido nas duas turmas foi praticamente igual ($V = 2,10 \text{ ml}$), o que foi muito próximo do esperado. É de salientar, que durante a experiência ocorreram problemas devido aos gradientes de temperatura entre as várias partes da montagem de destilação, (a manta de aquecimento não estava totalmente isolada) e não foi possível controlar rigorosamente a temperatura a 180° C durante toda a experiência, o que pode ter provocado alterações no volume de destilado.

Após a destilação deixou-se arrefecer lentamente a solução e dividiu-se a mistura em dois volumes iguais e em dois copos diferentes. No copo1 adicionou-se água destilada à mistura e no copo2 riscou-se a parede de vidro do copo com uma pinça. O objectivo foi comparar o efeito de cada uma destas vias para induzir o processo de cristalização, criando núcleos de cristalização. Numa última fase seguiu-se o processo de cristalização durante duas semanas (o tempo ideal deve ser quanto possível superior, cerca de 9 semanas) (ver figura 29).



Figura 31 - Divisão da solução em dois volumes iguais para indução do processo de cristalização “por risco no vidro” ou “adição de água destilada”.

Durante essas semanas registou-se a formação de cristais nos dois copos. Os cristais formados foram filtrados a vácuo e depois pesados.

Resultados dos alunos da ESPG $\left\{ \begin{array}{l} \text{mc. (copo com água)} = 1,1043\text{g} \\ \text{mc. (copo riscado)} = 1,2532\text{g} \end{array} \right.$

Resultados dos alunos da ESSF $\left\{ \begin{array}{l} \text{mc. (copo com água)} = 1,1013\text{g} \\ \text{mc. (copo riscado)} = 1,3152\text{g} \end{array} \right.$

Verificou-se nas duas turmas que o processo de indução de cristalização quando o sistema foi perturbado com a água, levou à formação de muitos cristais, mas pequenos. No processo onde o sistema é perturbado por riscos no copo formou-se poucos cristais mais de dimensões maiores. Estas diferenças justificam-se essencialmente pela velocidade de nucleação ser diferente nos dois casos.

Esta experiência foi delineada para reforçar conceitos importantes em química orgânica e apresentar a síntese do polímero PET. Os alunos foram capazes de observar, em tempo real, o equilíbrio de uma mistura de reacção e ver como a composição do produto podem ser determinada pela remoção de um componente (metanol) ou o uso de um reagente em excesso (EG). Eles realizaram uma reacção em refluxo, uma destilação e aplicaram conhecimentos adquiridos para calcular o volume de destilado.

4.3. OUTRAS TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO

Embora o objectivo principal não fosse a caracterização do monómero obtido no processo de despolimerização, nem do polímero obtido no subsequente processo de polimerização, entendemos ser importante fornecer alguma informação acessível com algumas técnicas normalmente disponíveis a nível das instituições universitárias.

As técnicas adicionais foram a espectroscopia de infravermelho, a difracção de raios X e a análise termogravimétrica. Enquanto na primeira é possível caracterizar do ponto de vista químico as várias substâncias, grupos químicos presentes e sua abundância, numa perspectiva mais qualitativa do que quantitativa, a segunda permite inferir do grau de maior ou menor cristalinidade ou amorficidade das diferentes amostras. Além do maior ou menor grau de organização do material analisado é possível também identificar muitas das “impurezas” neles presentes, como metais ou outros. Noutro sentido a análise termogravimétrica permite perceber o comportamento, em termos de variação de massa, da amostra em função da temperatura, sob atmosfera controlada (no nosso caso em atmosfera inerte).

É o conjunto de resultados obtidos com o polímero PET e respectivo monómero produzidos neste trabalho, que são apresentados nas figuras seguintes, a título de informação suplementar.

4.3.1. Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

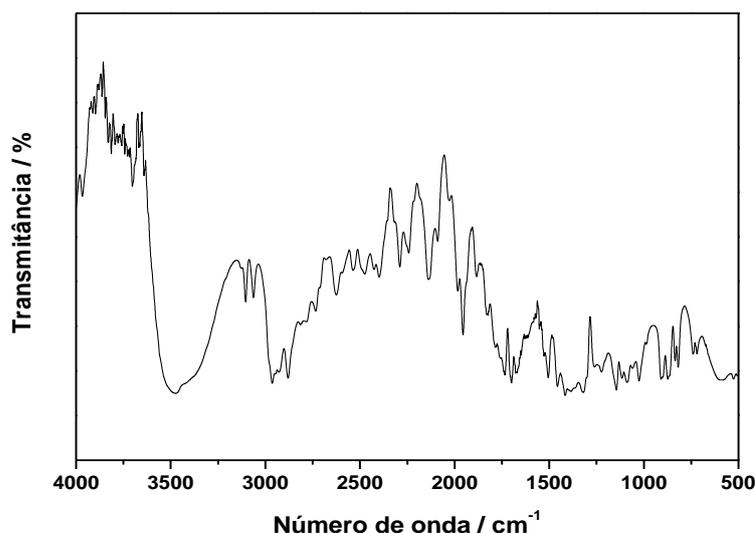


Figura 32 – Espectro de infravermelho do PET

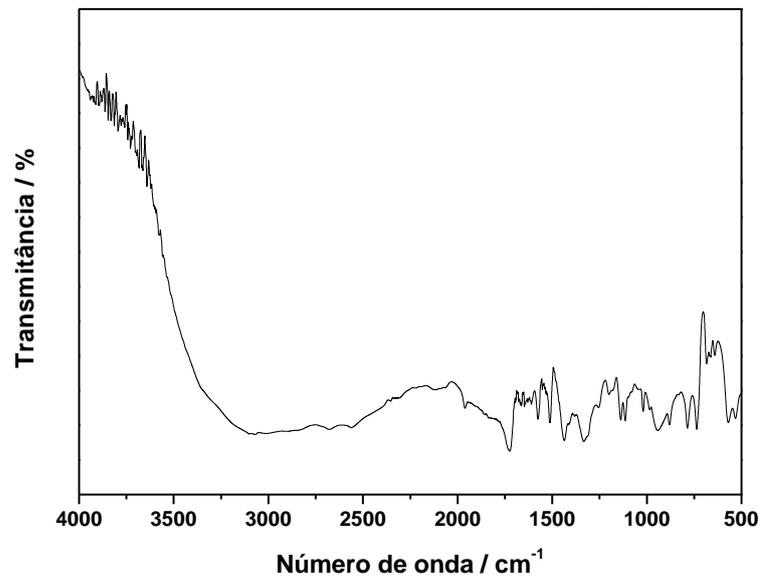


Figura 33 – Espectro de infravermelho do ácido tereftálico

4.3.2. Análise termogravimétrica (TGA)

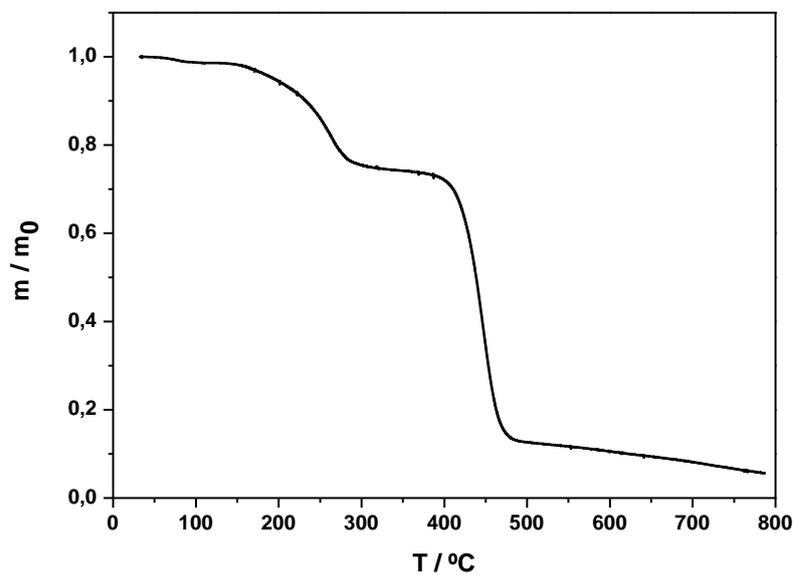


Figura 34 – Análise termogravimétrica do PET

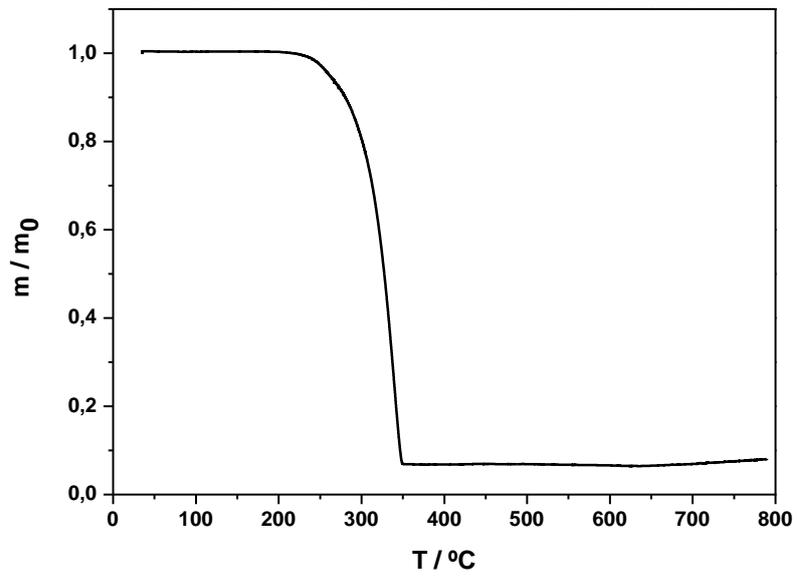


Figura 35 – Análise termogravimétrica do ácido tereftálico

4.3.3. Difracção de raios X (DRX)

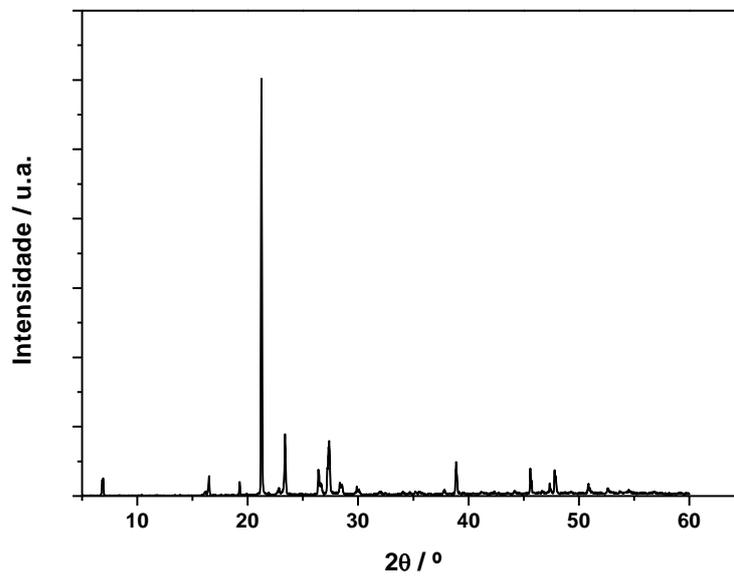


Figura 36 – Difractograma de raios X após smoothing dos valores experimentais do PET

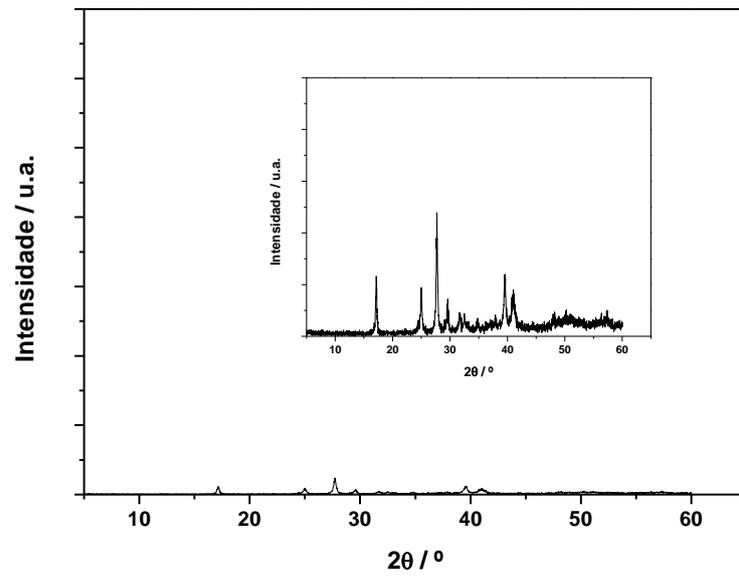


Figura 37 – Difractograma de raios X após smoothing dos valores experimentais do ácido tereftálico

CAPITULO V. ESTUDO DE CAMPO

5.1. TÉCNICAS DE INVESTIGAÇÃO E MATERIAL DE SUPORTE

No desenvolvimento da metodologia para a investigação, urge explicitar os passos que orientaram o estudo. Os elementos chave para qualquer pesquisa são o planeamento e a organização, sendo que estes elementos estão intrinsecamente ligados ao tempo e orçamento de que se dispõe. No início desta pesquisa foi feita uma calendarização prévia, que permitiu um certo grau de orientação no trabalho do investigador (ver anexo 4).

A investigação deve contemplar o facto que cada método de pesquisa se adequa mais à resolução de determinados problemas de pesquisa do que de outros. Assim, podemos considerar que existem dois grandes métodos de obtenção de dados, a pesquisa qualitativa e a pesquisa quantitativa.

Neste caso em particular, interessa-nos abordar o questionário enquanto instrumento de investigação e de recolha de dados, que de acordo com Muñoz (2003) é um instrumento versátil que permite a sua utilização como um instrumento de investigação e de avaliação de pessoas, processos e programas de formação. É uma técnica de avaliação que pode abarcar aspectos qualitativos e quantitativos, sendo muito usada na investigação quantitativa e nos estudos de opinião [88].

Como método de recolha e avaliação de dados optou-se por utilizar os inquéritos por questionário (ver anexos 5, 6 e 7). A construção dos inquéritos aplicados no grupo em estudo foi realizada nos meses de Janeiro e Fevereiro. As experiências e os questionários foram realizados durante os meses de Abril para os alunos da ESPG e em Maio para os alunos da ESSF.

Como foi difícil fazer a investigação com toda a população, optámos pela técnica da amostragem, por motivos que se prendem sobretudo com razões que podem ser colmatadas pelas vantagens da referida técnica, tal como foram definidas por Arnal, Ricón e Latorre (1992:75): a) poupança de tempo na realização da investigação; b) redução de custos, e c) possibilidade de maior profundidade e exactidão nos resultados.

Bravo (1991) afirma que no inquérito por questionário podemos salientar a confidencialidade/anonimato das respostas, a possibilidade de evitar a influência do investigador nas respostas dos sujeitos participantes no estudo.

Esta investigação inclui um estudo que permitiu concretizar os objectivos traçados nos inquéritos elaborados aos docentes e aos alunos, isto é, permitir caracterizar as opiniões desses participantes sobre os aspectos que se prendem, com o ensino dos polímeros na disciplina de química e questões relacionados com as práticas laboratoriais.

Para atingir os objectivos que foram propostos neste estudo, fizemos duas experiências em cada escola e elaboramos três questionários, que na essência apresentam similaridades, um para os professores do Ensino Secundário que leccionam a disciplina de química e os outros dois para os alunos do 12º ano de escolaridade. Aos alunos foram aplicados dois inquéritos, um antes da realização do trabalho laboratorial, e um outro após a sua conclusão.

Para tornar possível esta investigação, contou-se com o total apoio e disponibilidade dos alunos do 12º ano das duas escolas acima referida e dos professores de química dessas turmas. Os dois professores das turmas envolvidas neste estudo foram contactados em Janeiro para que fossem calendarizadas as actividades para o momento adequado no programa e planificação da disciplina. Foi também necessário informar os Conselhos Executivos das escolas sobre os objectivos deste trabalho de investigação, para que autorizassem a entrada do investigador e também os pais encarregados da educação para a inserção das fotografias dos seus educandos neste trabalho de pesquisa (ver anexo 8).

Durante o mês de Fevereiro foram também realizadas duas experiências despolimerização e polimerização pelo investigador nos laboratórios do Departamento de Química da Universidade de Évora, tendo como objectivo afirmar e confirmar procedimentos e resultados das mesmas.

A aplicação nas escolas teve a duração de cerca de quatro aulas para cada turma de trabalho. Estas aulas tiveram uma aplicação do tipo:

- 1ª aula - preenchimento do 1º inquérito e a fundamentação teórica sobre a reciclagem de PET via despolimerização e polimerização (ver figura 38);

- 2ª aula - actividade laboratorial sobre a reciclagem de PET via despolimerização ;
- 3ª aula - actividade laboratorial sobre reciclagem de PET via polimerização;
- 4ª aula observação da formação dos cristais e tratamentos de resultados das experiências;



a)



b)

Figura 38 - Aula de enquadramento sobre polímeros, a) alunos da ESSF, b) alunos da ESPG.

Entre a 3ª e 4ª aula houve um interregno pelo menos duas semanas, de modo a permitir a formação dos cristais de PET. No mesmo dia foi entregue o 2º inquérito aos alunos para preenchimento.

Durante a prática laboratorial as duas turmas foram divididas em dois grupos de trabalho, devido a falta de material e equipamentos, mas no tratamento de resultados das experiências, tanto a turma da ESSF como a da ESPG, foram divididas em quatro grupos. Cada um deles constituído pelos alunos que pertenciam a cada grupo já estipulado, desde o início do ano lectivo.

Após a realização das actividades foi aplicado o 2º inquérito que tinha como objectivo recolher informações sobre as aulas práticas laboratoriais realizadas.

As informações obtidas através dos inquéritos por questionário foram apresentadas de acordo com o tipo de questão colocada (aberta ou fechada). Em primeiro lugar, apresentamos a análise dos resultados na forma de tabelas e gráficos e depois descrevemos e interpretamos a informação de acordo com os objectivos balizados pelas categorias de análise definidas, fundamentadas na teoria.

O questionário é extremamente útil quando o investigador pretende recolher informação sobre um determinado tema, constituindo uma parte complementar ou mesmo fundamental de uma boa investigação. Para isso é necessário assegurar que as perguntas são as adequadas e que os dados recolhidos permitem responder à pergunta de partida [89].

5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

5.2.1. As escolas

A Escola Secundária “Pedro Gomes” situa-se na localidade de Achada Santo António, nos arredores do Palácio de Assembleia Nacional, na cidade da Praia, ilha de Santiago, Cabo Verde.

Em 1997/98, por portaria N° 85I87, publicado no B.O N° 50/97 1ª série de 29 de Dezembro, o governo criou através do então Ministério de Educação Ciência e Cultura a Escola Secundara de Achada Santo António, denominada Escola Secundária “ Pedro Gomes” e o respectivo quadro, por despacho da sua Ex.^a o Ministro da Educação de 6 de Maio de 1998.

A Escola funciona num espaço de 4 blocos, ocupando ao todo 32 salas de aulas, dos quatros blocos três são destinados à prática lectiva e outra aos serviços administrativos, sala de professores e direcção (ver tabelas 5 e 6).

Tabela 6 - Espaços físicos da ESPG

Espaço	Quantidade
Salas de aulas	32
Sala de informática	2
Sala de Professores	1
Gabinete	1
Secretaria	1
Direcção	4
Reprografia	1
Biblioteca	1
Total	42

Tabela 7 - Outros espaços

Outros espaços	Disponibilidade
Cantina	1 (uma) razoável
Casa de banho	14 (catorze) dividido 7 rapariga e 7 rapazes
Armazém/Dispensa	1(uma) razoável
Laboratório	1 Um de Química)
Total	17

A oferta educativa abrange os níveis do 7ºano ao 12ºano do ensino secundário, A Escola alberga, actualmente 1769 alunos, englobando um total de 84 docentes e 15 elementos de pessoal não docentes (ver tabela 7).

Tabela 8 - Repartição do número de turmas e alunos por ano de escolaridade

	Anos de escolaridade						Total
	7º ano	8º ano	9º ano	10º ano	11º ano	12º ano	
Número de Turmas	12	7	9	8	6	5	47
Número de Alunos	451	237	351	281	254	195	1769

A ESPG tem como oferta formativa os cursos de contabilidade e gestão, secretariado e relações públicas.

A população residente na localidade é oriunda de variadíssimas regiões do país e a actividade económica dominante é o comércio. Grande parte dos alunos desta escola pertence a famílias com baixo nível socioeconómico e cultural.

A gestão pedagógica e administrativa da Escola Secundária Pedro Gomes é assegurada pelos seguintes órgãos.

- a) A assembleia da escola;
- b) O conselho directivo;
- c) O conselho pedagógico;
- d) O conselho de disciplina.

Com base no documento, organização e gestão dos estabelecimentos de ensino secundário cabo-verdiano encontra-se a seguir indicado tabela 9 a composição da gestão pedagógica e administrativa da ESPG.

Tabela 9 - Órgãos de gestão da ESPG e sua composição

Órgão de gestão	Composição
Assembleia da Escola	1 Representante do pessoal docente
	1 Representante dos alunos
	1 Representante do pessoal não docente
	1 Representante dos pais encarregados da educação
	1 Representante da autarquia local
	1 Representante idónea da sociedade civil
	Os membros do conselho Directivo, Pedagógico e de Disciplina
Conselho Directivo	1 Director, 3 subdirectores e 1 secretária
Conselho Pedagógico	Subdirector pedagógico e 23 Coordenadores de disciplina

A Escola Secundária Severim de Faria localiza-se na Freguesia da Horta das Figueiras, em Évora e adaptou esta designação em 2 de Abril de 1986. É composta por um edifício único, tem pavilhão gimnodesportivo e espaço verdes envolventes. Esta escola foi alvo de uma profunda remodelação, a dotou de melhores condições físicas e também de equipamento, nomeadamente do ponto de vista de tecnologias de informação.

A oferta educativa abrange os níveis do 7º ano ao 12ºano, funcionando das 8h 15 às 17h 30. A Escola alberga, actualmente 715 alunos, um total de 90 docentes e 30 elementos do pessoal não docente (ver tabela 10).

Tabela 10 - Repartição do número de turmas e alunos por ano de escolaridade

	Anos de escolaridade						Total
	7º ano	8º ano	9º ano	10º ano	11º ano	12º ano	
Número de Turmas	5	4	4	4	6	6	29
Número de Alunos	140	112	112	112	21	118	715

Com base na pesquisa feita e informação fornecida pela direcção da ESSF encontra-se a seguir indicado na tabela 11 a oferta formativa no ano lectivo 2010/11.

Tabela 11 - Oferta formativa da ESSF

Níveis de Ensino	Cursos
3º Ciclo	Cursos científicos humanísticos:
	- Ciências e tecnologias
	- Socioeconómicas
	- Língua e Humanidades
Ensino Secundário	Cursos profissionais:
	- Técnico de turismo 1
	- Animador sociocultural 1

Em termos de espaço físico e serviços, pode-se constatar na tabela 12 o seguinte:

Tabela 12 - Espaços físicos da ESSF.

Salas normais	Laboratórios	Outras	Desportivas
22	6 Ciências experimentais	2 Desenho	1 Pavilhão
	1 Matemática	4 Educação tecnológica	6 campos desportivos (ar livre)
	3 Informática		

Tabela 13 - Outros espaços.

Outros espaços	Disponibilidade
Centro de recursos (Biblioteca + Mediateca)	1
Auditório	1
Sala de alunos	1
Bar	1
Refeitório	1
Reprografia/papelaria	1
Sala EE/DT	1
Sala de professores	1
Gabinetes de docentes	12
GPS (Gabinete promoção para a saúde)	1
Total	21

Com base no Decreto-Lei nº 75/2008 de 22 de Abril, emanado do Ministério da Educação Portuguesa, os órgãos de direcção, administração e gestão dos agrupamentos de escolas e escolas não agrupadas são os seguintes:

- a) O conselho geral;
- b) O director;
- c) O conselho pedagógico;
- d) O conselho administrativo.

O conselho geral, sendo um órgão de direcção estratégica responsável pela definição das linhas orientadoras da actividade da escola, assegurando a participação e representação da comunidade educativa, [88] por isso o conselho geral da ESSF tem a seguinte constituição (ver tabela 13).

Tabela 14 - Concelho geral da ESSF e sua composição

Órgão de gestão	Composição
Concelho Geral	7- representantes do Pessoal Docente
	2- Representantes do Pessoal não Docente
	5- Representantes dos Pais e Encarregados de Educação
	1- Representante dos Alunos
	3- Representantes do Município de Évora
	3- Representantes da Comunidade Local

O Director faz parte da composição do concelho geral e participa nas reuniões, mas sem direito a voto, de acordo com o n.º 7 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 75/2008 de 22 de Abril. O director é coadjuvado no exercício das suas funções por um subdirector e por um a dois adjuntos.

O conselho pedagógico da ESSF é o órgão de coordenação, supervisão pedagógica e orientação educativa, é constituído por: (ver tabela 15).

Tabela 15 - Conselho pedagógico da ESSF e sua composição

Órgão de gestão	Composição
conselho pedagógico	4- Participação dos coordenadores dos departamentos curriculares
	2- Participação das demais estruturas de coordenação e supervisão
	1- Representação dos pais e encarregados de educação
	1- Representante dos alunos
	1- Coordenador de biblioteca
	1- Representante do pessoal não docente
	1- Psicóloga do serviço de psicologia e orientação
	Director

O conselho administrativo é o órgão deliberativo em matéria administrativa e financeira.

O conselho administrativo da ESSF tem a seguinte composição:

- a) O director, que preside;
- b) O subdirector ou um dos adjuntos do director, por ele designado para o efeito;
- c) O chefe dos serviços de administração escolar, ou quem o substitua.

5.2.2. Os alunos

Os alunos que participaram nesta investigação pertenciam a duas turmas do 12º ano de escolaridade, constituindo, deste modo, um grupo de trabalho de 33 elementos, sendo 15 alunos da ESPG e 18 da ESSF.

Os participantes nesta investigação responderam a um questionário que lhes foi proposto na aula de apresentação e enquadramento do tema sobre reciclagem do PET, com o objectivo de caracterizar o grupo de trabalho discente. As tabelas 16 e 17 apresentam alguns dos dados considerados significativos para essa caracterização.

Tabela 16 - Caracterização dos alunos do 12º ano da turma CT1, da ESPG.

Alunos	Idade	Sexo	Nacionalidade	Ano de escolaridade	Turma	Interrupção no processo escolar	Justificativo	Preferencia- Aulas laboratoriais/ teóricas
A1	17	M	caboverdeano	12º ano	Ct1	Não		Lab
A2	17	M	"	12º ano	Ct1	Não		lab
A3	18	M	"	12º ano	Ct1	Não		Lab
A4	18	F	caboverdeana	12º ano	CT1	Não		Lab
A5	18	F	"	12º ano	Ct1	Não		Teor + Lab
A6	17	F	"	12º ano	Ct1	Não		Lab
A7	17	F	"	12º ano	Ct1	Não		Lab
A8	17	F	"	12º ano	Ct1	Não		Lab
A9	18	M	Caboverdeano	12º ano	Ct1	sim	No 8º ano não just	lab
A10	18	M	"	12º ano	Ct1	Não		Lab
A11	18	F	Caboverdeana	12º ano	Ct1	sim	Gravidez	Lab
A12	18	F	"	12º ano	Ct1	Não		Lab
A13	18	M	caboverdeano	12º ano	Ct1	Não		Lab
A14	17	F	Caboverdeana	12º ano	Ct1	Não		Lab
A15	19	F	"	12º ano	Ct1	Não		Lab

Tabela 17 - Caracterização dos alunos do 12 ano da turma CT1, da ESSF.

Alunos	Idade	Sexo	Nacionalidade	Interrupção no processo escolar	Justificativo	Preferencia- Aulas laboratoriais/ teóricas
A1p	17	M	Portuguesa	Não		Laboratório
A2p	17	M	"	Não		"
A3p	17	M	"	Não		"
A4p	18	M	"	Não		"
A5p	16	M	"	Não		"
A6p	17	F	"	Não		Teoria + Laboratório
A7p	18	M	"	Não		N/ respondeu
A8p	17	F	"	Não		Laboratório
A9p	18	F	"	Não		"
A11p	17	F	"	Não		"
A12p	17	F	"	Não		"
A13p	18	M	"	Não		"
A14p	17	F	"	Não		Teórica
A15p	18	M	"	Não		"
A16p	18	F	"	Não		Teoria + Laboratório
A17p	17	M	"	Não		Laboratório
A18p	18	M	"	Não		"

5.2.3. Os professores

Além dos professores das turmas envolvidas neste projecto, estende-se o inquérito a outros docentes das mesmas escolas e outras (ver anexo 7). A população estudada foi constituída por 28 elementos distribuída da seguinte maneira;

- 4 Professores da Escola Secundária de Assomada, interior da ilha de Santiago;
- 15 Professores das Escolas Secundárias do capital do país;
- 1 Professor da ilha de São Nicolau;
- 8 Professores do distrito de Évora;

As tabelas 18 e 19 representam alguns dos dados significativos para a caracterização da amostra dos professores, recolhidos através de inquérito.

Tabela 18 - Caracterização dos professores das Escolas Secundárias de Cabo Verde

Docentes	Idade	Sexo	Profissão	Habilitaçã Literária	Formação Especifica	Anos de serviços	Disciplina que Lecciona	Níveis que lecciona	Ciclo que lecciona	Anos de serviços no Secundário
P1	47	M	Professor	Licen Física e Química	Professor Fis-Quim	14	Fis e quim	9º,10,11 e 12º	2º e 3º	4
P2	43	M	professor	Bacharel	Físico-Química	22	p	9º,11 e 12º	2º e 3º	15
P3	43	F	Professora	Licenciatura	Fis. Quim .ramo Quim	22	E.C/Quim/Fis	7º,9º e 11º	1º,2º e 3º	Não respondeu
P4	49	M	Professor	Bacharel	Física e química	30	Quim e Física	9º,11 e 12º	2º e 3º	10
P5	50	F	Professora	Bacharel	Ensino Física-química	26	E.C/Quim/Fis	7 e 12º	1º,2º e 3º	15
P6	31	M	professor	Bacharel	Ensino Física-química	9	Química	11º e 12º	3º	4
P7	35	F	Professora	Bacharel	Física e Química	12	Química	11º e 12º	3º	4
P8	30	M	Professor	Bacharel	Física e Química	10	E.C/Química	8º,9º e 11º	1º,2º e 3º	3
P9	27	M	Professor	Bacharel	Física e Química	5	E.C./Química	7º e 9º	1º e 2º	
P10	27	M	Professor	Licenciatura	Química-Ensino	4	E.C/Química	7º e 12º	1º e 3º	1
P11	43	M	Professor	Bacharel	Física e química	23	E.C/Química	7º,9º, 11º e 12º	1º,2º e 3º	2
P12	44	M	professor	Licenciatura	Fis/Quim ramo Quim	16	Fis e quim	2º e 3º	2º e 3º	14
P13 P13	35	M	professor	Mestrado	Física/Química	13	Fis / química e Estudos Cientifi-	8º,11º e 12º	1º e 3º	8
P14	33	M	Professor	Bacharel	Físico-Química	10	Química	9º e 11º	2º e 3º	10
P15	30	M	Professor	Bacharel	Físico-Química	8	Estudos Científicos	7º	1º	8
P16	30	M	professor	Licenciatura	Química	2	Química	9º e 12º	2º e 3º	2
P17	37	M	Professor	Bacharel	Físico-Química	15	E.C./Química	7º e 9º	1º e 2º	8
P18	52	F	Professora	Bacharel	Física e Química	28	Química	11º e 12º	3º	4
P19	37	M	Professor	Bacharel	Física e Química	13	Química, Física e est Científico	8º,10º,11º	1º,2º e 3º	11
P20	28	F	Professora	Bacharel	Física e Química	4	Química	9º, 11º, 12º	2º e 3º	3

Tabela 19 - Caracterização dos professores das Escolas Secundárias de Portugal - distrito de Évora

Docentes	Idade	Sexo	Profissão	Habilitaçã Literária	Formação Especifica	Anos de serviços	Disciplina que Lecciona	Níveis que lecciona	Ciclo que lecciona	Anos de serviços no Secundário
P21	34	F	Professora	Licenciatura	Ensino Físic/Química Ramo Química	10	Ciências Físico-Químicas	8º	3º	4
P22	28	F	Professora	Licenciatura	Ensino Química	3	Ciências Físico-Químicas	9º	3º	Não respondeu
P23	53	F	Professora	Licenciatura	Licen Quim/ ciências da Educação	31	Ciências Físico-Químicas , Físic e Química A	9º e 10º	3º e secundário	30
P24	44	F	professora Ens.sec	Licenciatura	Engº. Química	Não Resp.	Ciências Físico-Químicas , Físic e Química	9º, curso profissionais, CEF	3º e secundário	Não respondeu
P24	39	F	Professora	Licenciatura	Quimica ramo educacional	16	Física e Química A,Química 12º	10º e 12º	secundário	10
P26	44	F	Professora	Mestrado	Mestrado Química em contexto Escolar	22	Física e Quimi.A Ciências Físico-Químicas	7º e 11º	3º e secunda-rio	22
P27	47	F	Professora	Licenciatura	Ensino Física e Química	24	Física e Quimi.A Ciências Físico-Químicas	8º, 9º e 11º	3º e secunda-rio	24
P28	50	F	Professora	Licenciatura	Não respondeu	28	Física e Química A Ciências Físico-Quim	11º e 8º	3º e secundário	28

5.3. ANÁLISE DE RESULTADOS

5.3.1. Análise dos inquéritos aos alunos antes das actividades práticas laboratoriais

De acordo com os objectivos do inquérito, podemos constatar através dos anexos 10.1e 10.2 que os alunos dessas duas escolas já possuíam uma noção básica sobre os polímeros e a sua reciclagem.

Verificou-se que 94% dos alunos realizaram experiências na disciplina de química no ano lectivo 2009/10 e essas práticas laboratoriais foram efectuadas mensalmente e principalmente para os alunos da ESSF.

No que diz respeito ao grau de satisfação após à realização das aulas práticas, observou-se através da tabela que foi suficiente. Isto demonstrou que não foram realizadas muitas práticas laboratoriais e com frequências nas duas escolas porque nas tabelas 16 e 17 que foram utilizadas para caracterizar as amostras, todos os inquiridos preferiam aulas laboratoriais e não teóricas.

Quanto à questão 2.1, todos os alunos da ESPG realizaram no ano lectivo 2009/10 actividades laboratoriais sobre polímeros nomeadamente síntese de nylon 6.6 e de pega monstro. Os alunos da ESSF nunca tinham feitos experiências que envolvessem polímeros.

Sobre a questão da reciclagem verificou-se que a maioria dos estudantes da ESSF está habituada a fazer separação de objectos para a reciclagem, como por exemplo plásticos, vidros, papéis e pilhas. Como prova disto existe um ecoponto na ESSF para separação dos lixos.

Da análise feita concluiu-se também que no caso dos alunos da ESPG não existe o hábito de fazer separação de lixos, isto é, não têm uma atitude recicladora.

Verificou-se através da questão 29 do inquérito que os alunos da ESPG nunca visitaram uma instalação industrial onde se faz reciclagem, por causa da inexistência de uma instalação fabril

no país. Anotou-se que uma minoria de alunos da ESSF visitou uma instalação industrial da reciclagem.

5.3.2. Análise dos inquéritos aos Docentes

No que diz respeito aos professores inquiridos verificou-se que todos eles têm uma formação específica na área de física ou química e com longos anos de experiência como docentes.

Quanto aos tipos de materiais didáticos utilizados nas aulas de química, concluiu-se que a maioria dos professores usam-se manuais, ficha de trabalho, power point, filmes, modelos e materiais de laboratórios nas escolas que possuem laboratórios.

Dos vinte professores Cabo-verdianos inquiridos, somente dois afirmaram que na sua escola não existem laboratórios. Pode concluir-se que de uma maneira geral existe uma cobertura razoável de espaços laboratoriais nas escolas destes docentes. No entanto, isto não é obrigatoriamente sinónimo de boas condições nesses espaços para a realização de práticas laboratoriais, nomeadamente no nível de reagentes e equipamento.

De acordo com a recolha dos dados, verificou-se que os laboratórios dos professores do distrito de Évora apresentam melhores condições de trabalho do que os dos professores Cabo-verdianos.

No que diz respeito à carga horária, 85% dos professores manifestaram que há uma necessidade de um aumento da carga horária na disciplina de Química para um desenvolvimento adequado da prática laboratorial.

Os professores cabo-verdianos, no ano anterior e este ano lectivo realizaram poucas práticas laboratoriais devido às más condições dos laboratórios e falta de materiais, equipamentos e reagentes. Enquanto os professores do distrito de Évora, efectuaram um número muito significativo de práticas laboratoriais.

Os inquiridos apresentaram algumas razões da importância da abordagem do conteúdo dos polímeros numa perspectiva experimental, nomeadamente:

- maior motivação para o estudo da química e áreas afins;
- os alunos terão oportunidades de conhecer o processo de fabrico de materiais poliméricos com que lidam no seu quotidiano;
- uma vez que a maioria dos materiais sintetizados que fazem parte do nosso dia-a-dia são feitos à base de polímeros, torna-se importante a sua abordagem numa perspectiva experimental;
- tomar consciência da importância dos polímeros na sociedade actual;
- relacionar a reciclagem com a poupança de recursos energéticos;
- para compreender os diferentes tipos de reacção que levam à síntese dos vários polímeros e consequências nas suas características físico-químicas.

Os professores apontaram grandes dificuldades quando realizaram ou tentaram realizar actividades laboratoriais que envolvem polímeros. Grande parte dos inquiridos nunca tenha efectuado práticas laboratoriais que envolvem polímeros. Dos que já realizaram, enfrentaram dificuldades como faltas de materiais, equipamentos e reagentes.

Cerca de 100% dos inquiridos afirmaram que deveria haver formação contínua na capacitação metodológica das aulas práticas laboratoriais para os professores de química pelas seguintes razões:

- tornar os professores mais capacitados para dirigir actividades práticas;
- facilidade de transmissão dos conteúdos;
- melhoria no processo de ensino e aprendizagem e motivação pelas aulas práticas;
- aperfeiçoamento de algumas técnicas;
- maior habilidade para manusear e manipular os materiais e equipamentos.

De acordo com os resultados do inquérito, o estudo da química está mais voltado para a teoria. Por isso os inquiridos deixaram algumas sugestões para a melhoria do ensino da Química no ensino secundário:

- reformulação dos programas em vigor;
- maior componente laboratorial,
- aumentar o número de horas para as práticas, diminuindo a extensão dos programas a leccionar;
- equipar devidamente todos os laboratórios das escolas secundárias do país, ou arranjar outras alternativas como por exemplo laboratórios móveis;

- ter pessoal auxiliar no laboratório devidamente preparado para auxiliar os professores;
- o ensino da Química deve ser essencialmente com aulas práticas. Em vez de dois testes teóricos podemos substituir um dos testes por trabalhos práticos.

Pode-se ainda registar mais sugestões consultando anexo 9.

5.3.3. Análise dos inquéritos aos alunos após as actividades práticas laboratoriais

Da análise da resposta à questão 1.1, concluiu-se que 67% da totalidade dos alunos das duas turmas acharam que as aulas práticas laboratoriais realizadas foram boas e 33% muito boas.

Tiveram como justificação para tal, os seguintes aspectos:

Transcrições de algumas respostas à questão do inquérito 1:

- adquirir capacidades práticas de laboratório;
- visualizar conteúdos leccionados;
- podemos expor tudo o que aprendemos teoricamente e ver os possíveis erros que podemos cometer, pois no mundo não há só contas;
- com essas aulas práticas observamos a ocorrência de determinados fenómenos;
- adquirimos novos conhecimentos;
- ajudou-nos a perceber como se obtêm o polímero PET,
- aproximação à área científica e contacto com os reagentes e conhecimentos de várias aplicações dos polímeros;
- foi uma actividade experimental bem preparada e com resultados conclusivos;
- foi bom ter essas aulas práticas laboratoriais, porque aprendi que com o processo da reciclagem de plástico podemos melhorar o ambiente,
- muito boa, isto porque vi algo que nunca tinha visto antes, a reciclagem de garrafas de plásticos. Foi muito divertido também. Aprendi a fazer reciclagem laboratorial com garrafa de plástico. Tivemos um bom aproveitamento;

Podemos também encontrar mais justificações para esta questão consultando o anexo 10.

Tabela 20 - Opinião sobre as aulas práticas laboratoriais realizadas

	ESPG		ESSF		Total
	N= 14	%	N=13	%	%
Muito má	0	0%	0	0%	0%
Má	0	0%	0	0%	0%
Suficiente	0	0%	0%	0%	0%
Boa	6	43%	12	92%	67%
Mto Boa	8	57%	1	8%	33%

No diz respeito à questão 2.1, pela observação da tabela 19 regista-se que a realização dessas experiências corresponderam às expectativas de todos os alunos inquiridos, uma vez que em todas as expectativas verificou-se uma percentagem superior a 65% e com maior incidência na vertente de criar curiosidade em aprender mais em Ciência.

Tabela 21 - Expectativas dos alunos perante as aulas práticas realizadas.

Expectativas	ESPG N=14		ESSF N=13		Total
	Nresp	%	Nresp	%	%
a) Incentivar o trabalho em grupo	11	78%	9	69%	74.1%
b) Aumentar a motivação para o estudo da Química	11	78%	11	85%	81.5%
c) Criar curiosidade em aprender mais em Ciência	12	86%	13	100%	92.6%
d) Facilitar aquisição de conhecimentos	11	78%	11	85%	81.5%
e) Desenvolver habilidades na manipulação de materiais e técnicas laboratoriais	13	93%	10	77	85.2%

CAPITULO VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a realização deste trabalho o investigador teve grandes dificuldades a nível laboratorial devido à inexistência de alguns materiais, equipamentos e reagentes que não havia nessas duas escolas. Conseguiu ultrapassar essas dificuldades recorrendo à Universidade de Évora em Portugal e à Universidade de Jean Piaget em Cabo Verde para o auxílio na realização dessas experiências.

Os alunos tomaram consciência através das aulas ministradas pelo investigador e das experiências realizadas, que uma das saídas para a longa vida do plástico é a reciclagem, isto é, o processo de reaproveitamento deste material recuperado do lixo.

A origem da motivação para a realização deste trabalho surgiu de uma actividade assistida em sala de aula: a falta de interesse e o fraco desempenho dos alunos em relação ao conteúdo da química orgânica, nomeadamente os polímeros.

Os professores de Química, de modo geral mostraram-se pouco satisfeitos com as condições infra-estruturais dos laboratórios de química existente em suas escolas, principalmente os professores cabo-verdianos. Com frequência, justificaram a não realização das actividades experimentais devido à falta de materiais, equipamentos e reagentes.

Para que ocorra uma verdadeira transformação no processo de ensino, há no entanto, uma necessidade de mudança da postura dos professores que precisarão planear as aulas com muita perfeição e atenção. Aulas com carácter investigativo e a participação activa de alunos no processo ensino-aprendizagem requerem do professor um profundo senso de organização e análise constante da sua actuação e se necessário uma pré-disposição para alterar o que foi planeado, isto é uma capacidade de constante mudança.

Esta pesquisa contribuirá para outros projectos em relação à temática, como já está ocorrendo com o projecto de educação ambiental, realizado por alunos de biologia do 11º e 12º ano da ESPG, sob orientação dos professores de biologia.

Tendo em conta a importância do tema, as experiências realizadas, verificou-se através dos resultados encontrados no estudo deste caso, que ficou claro a eficiência e os benefícios da reciclagem do PET pós consumo. Trazendo resultados positivos principalmente para os

alunos e os professores incentivando-os a novas pesquisas para a reciclagem de outros materiais plásticos utilizados em embalagens e à implementação dessas actividades práticas nas aulas de Química.

É de salientar ainda que durante este estudo experimental os professores consideraram-no importante porque motivou intrinsecamente os alunos. Os mesmos estudos revelaram no entanto, que essa motivação pouco ocorre durante as aulas experimentais até ao momento da realização desse estudo. De acordo com os dados recolhidos, os alunos motivaram-se justamente por "verem" algo que é diferente da sua vivência diária.

Consentimos que, geralmente, a forma como um professor apresenta um assunto influencia o aluno em gostar e aceitar ou não o que está sendo apresentado. Os alunos e professores têm valores e atitudes que conseqüentemente podem influenciar suas acções nas práticas laboratoriais.

A partir da análise dos dados, apresentamos um conjunto de características realçadas nas transcrições de resultados dos inquéritos e que precisam ser consideradas na organização de actividades experimentais. Nesse sentido, argumentamos que as características emergentes da pesquisa apontam para a necessidade de apetrechar laboratórios com materiais, equipamentos e reagentes e uma formação contínua dos professores sobre as práticas laboratoriais.

Os resultados desta investigação permitem-nos combater em favor das práticas laboratoriais como um dos instrumentos da linguagem da Química, e como tal, a ser envolvido no ambiente de sala de aula.

As práticas laboratoriais precisam, no entanto, fazer parte de um discurso tal que professores e alunos possam estudar não só as teorias das ciências, entre elas a química, mas também como se constrói o conhecimento científico.

As actividades práticas realizadas possibilitaram a aprendizagem de uma variedade de conceitos básicos de química, que são parte do ensino secundário. Além disso, estimularam os alunos para uma aprendizagem associada aos aspectos tecnológicos, e ambientais. Um outro objectivo atingido neste trabalho foi o incentivo aos professores para a realização mais

frequente das práticas laboratoriais, exigindo às entidades responsáveis o apetrechamento dos laboratórios.

Como conclusão final, conseguiu-se provar que o projecto de actividade laboratorial realizado neste trabalho é viável para a aplicação no ensino secundário, por isso os professores que participaram nas actividades sentiram-se motivados para uma realização contínua das actividades experimentais nas suas aulas de Química.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

[1] Sousa, L.D. e Torres,M.C.M.(2004). Influência do tamanho das partículas e de tensoativos na reciclagem de PET in CD dos Anais do XLIV congresso Brasileiro de Química, Fortaleza.

[2] Sousa, L.D. e Torres,M.C.M.; Rocha M.K.; L. Carlos B.C. Uso de tensoativos para a retirada de tinta de superfícies de embalagens de PEAD.

[3] Mancini Sandro D.; Bezerra Maxwell N.; Zanin Maria. (Abr/Jun - 98) Reciclagem de PET Advindo das garrafas de Refrigerante pós-consumo.

[4] Lei de bases do sistema educativo Cabo-Verdiano. Lei nº103/III/90 de 29 de Dezembro.

[5] <http://dererummundi.blogspot.com/2009/07/ruben-landa-e-o-ensino-secundario-em.html>

[6] Afonso Ana Sofia; Leite Laurinda. Concepções de futuros professores de Ciências Físico - Químicas sobre a utilização de actividades laboratoriais. Universidade do Minho, Portugal

[7] Ministério da Educação. Departamento do Ensino Secundário Programa de Física e Química B 11º Ano, Portugal 2003.

[8] <http://ensquimica.blogspot.com/2008/03/experimentao-e-construo-de.html>

[9] Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências.

[10] http://eec.dgidec.min-edu.pt/documentos/publicacoes_repensar.pdf

[11] Goulart, Iris, Barbosa, (1995). A Educação na perspectiva construtiva, Petrópolis; Editora vozes.

[12] Borges A. Tarciso. Novos Rumos para o laboratório de ciências, caderno Brasileiro de Ensino de Física.

[13] (<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/98/147>)

[14] Melo J. Sergio Seixas; Moreno Maria João; Burrows Hugh D.; Gil Maria Helena. Química de Polímeros.

[15] Mourik Els Van; Heart Danny, (1999). Knowing me Knowing you: na intercultural training resource pack, Leargas.

[16] Ministério da Educação. Direcção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular Programa de Química 12º Ano

[17] Forlin F.J.; Faria J.A.F. Polímeros: Cienc Tecnol, 12, pag 112

[18] Mancini, S.D.; Zanin, M. Polímeros: Cienc Tecnol, 12, pag 86.

[19] Mancini, S.D.; Zanin, M. Tratamentos superficiais e sua influência na hidrólise do PET.

[20] Mahan, B.H. (1978). Química um curso universitário, São Paulo.

[21] <http://www.plastico.com.br>.

[22] Falcone Daniele M.B.; Agnelli José Augusto M.; Faria Leandro I. L. Panorama Sectorial e Perspectivas na Área de Polímeros Biodegradáveis. Departamento de Engenharia de Materiais e de Ciência da Informação.

[23] Andrade C. (1995). Compêndio de Nomenclatura Macromolecular, UNLZ, Zamora.

[24] <http://polimeros.no.sapo.pt/procpolimer.htm>

[25] <http://polimeros.no.sapo.pt/tipos.htm>

- [26] Fazenda Jorge M. R. Tintas e Vernizes, Ciência e Tecnologia.2ª Edição volume I
- [27] Pouzada António Sérgio; Bernardo Carlos Alves.(1983). Introdução à Engenharia de Polímeros
- [28] Rosa Fátima; Bordado João M.; Casquilho Miguel. Polímeros Super-absorventes Potencialidades e aplicações
- [29] Almeida Pedro Miguel Martins da Costa; Magalhães Victor Hugo da Silva (2004).Polímeros.Disciplina de Ciências dos Materiais. Universidade Fernando Pessoa (UFP)
- [30] Reis Roselena Faez Cristiane; Freitas Patrícia Scandiucci ; Kosima Oscar K.; Giacomo Ruggeri ; Paoli Marco-A. Polímeros condutores
- [31]http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Eufemia%20Paez%20Soares_M.pdf
- [32] Padilha Angelo Fernando. Materiais de Engenharia Microestrutura
- [33] Alves, Carlos A. (2006). Algumas questões técnicas sobre um resíduo em particular plástico. Curso de gestão de resíduos.
- [34] [http:// www.plastivida.org.br](http://www.plastivida.org.br)
- [35] www.plastval.pt
- [36] Dias Sylmara Lopes Gonçalves; Teodósio Armindo dos Santos de Sousa. Estrutura da cadeia reversa: "caminhos" e "descaminhos" da embalagem PET.
- [37] Accioly, Isalva (2001). Economize sempre; o planeta agradece e seu bolso também São Paulo.
- [38] Moura, Benjamin (2006). Logística: conceitos e tendência.
- [39] <http://www.fatecz/.edu.br/Tcc/2009-1/tcc.109.pdf>

[40] Brognoli, R. (2006). Desenvolvimento da qualidade na reciclagem de plásticos. SBRT - serviço brasileiro de respostas técnicas, Brasil.

[41] Silva Maria Aparecida; De Paoli Marco Aurélio. A Técnica da Reciclagem de Polímeros. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas.

[42] Silva Spinacé, Maria Aparecida; De Paol Marco Aurélio. (2005). A tecnologia da reciclagem de polímeros. Campina.

[43] <http://www.ambientebrasil.com.br>

[44] Sandani, J. (1995). Chem. Eng.

[45] L. Sammarco, C. Delfini, (1999). Plástico Industrial, p.7, 106.

[46] Silva Spinacé, Maria Aparecida; De Paol Aurélio Marco. (2005). A tecnologia da reciclagem de polímeros. Química Nova, Vol. 28, nº 1,pp.65-72.

[47] Awaja, F., Pavel, D. (2005). Recycling of PET. European polymer journal 41

[48] Brandrup, J. (1992). Makromol. Chem.; Macromol

[49] Brandrup, J.; Bittner, M.; Michaeli, W.; Menges, G.(1995). Recycling and recovery of plastics. Hanser Publishers, Alemanha, 893 p.

[50] Al-AbdulRazzak,S.; Jabarin, S. A.(2002). Processing characteristics of poly(ethylene terephthalate): hydrolytic and thermal degradation, Polymer International Vol.51.

[51] Piva, A. E Wiebeck, H. (2004).Reciclagem de plástico.

[52] Antunes ,Adelaide. Sectores da indústria Química Orgânica

[53] Paszun, D.; Spychaj, T. (1997); *Ind. Eng. Chem. Res.*

- [54] Brandrup, J.; Bittner, M.; Michaeli, W.; Menges, G.(1996). Recycling and recovery of plastics; Willenberg, B., ed.; Hanser Publishers ed.: Munich,
- [55] Buléon, A.; Colonna P.; Planchot, V.; Ball, S.(1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 23, n. 2, p. 85-112.
- [56] Deng, H., Zhang, R., Reynolds, C.T., Bilotti, E., Peijs, T., (2003). *Macromolecular Materials and Engineering*. Wiley-VCH, pp. 288, 326-336.
- [57] Goje, A.S., Mishra, S. (2003). Chemical Kinetics, simulation, and Thermodynamics of glycolytic depolymerization of poly(ethylene terephthalate) waste with catalyst optimization for recycling of value added monomeric products. *Macromolecular Materials and Engineering*, p. 288, 336-326.
- [58] Kaminsky, W.; Ullmann's (1992). *Encyclopedia of industrial Chemistry*, VHC Verlags Publishes Inc, A 21, cap. 2.
- [59] Mader, F. W.; *Makromol* (1992). *Chem., Macromol. Symp.*,
- [60] Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J. G. L., Mierzwa, J.C., de Barros, M.T.L. Spencer, M., Porto, M., Nucci, N., Juliano, N., Eiger, S. (2006). *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo.
- [61] http://pt.Wikipedia.org/wiki/Gest%C3%A3o_integrada_de_res%C3%ADuos:s%C3%B3lidos.
- [62] Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future/Relatório Brundtland*, Comissão Mundial das Nações Unidas para o Desenvolvimento e o Ambiente
- [63] Alves Carlos Alberto. Algumas questões técnicas sobre um resíduo em particular plástico.

[64] <http://www.plastval.pt/conteudos/File/Publicacoes/The%20Compelling%20Facts%20About%20Plastics%20Brochure%202009.pdf>

[65] <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/364/1526/2115.short>

[66] http://www.carloscoelho.org/apresentacao/view_faq.asp?faq=74&submenu=0

[67] Letras, João. A reciclagem de plásticos em Portugal desafios para 2011.

[68] <http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=9567>

[69] http://www.tormo.pt/noticias/6185/Preocupacao_com_reciclagem_cresce_em_Portugal.html

[70] http://www.abcdoambiente.com/index.php?option=com_content&task=view&id=465&Itemid=303

[71] <http://www.interfileiras.org/site.asp?info=estatisticasinfo>

[72] <http://www.macauhub.com.mo/pt/2008/03/24/4746/>

[73] Prof.Sandrp. Materiais e Reciclagem - Engenharia Ambiental- UNESP/Sorocaba.

[74] Freire Maria Teresa de A.; Reyes Felix G. R.; Castle Laurence. (Jan/Mar - 98). Estabilidade térmica de embalagens de poli (tereftalato de etileno (PET): determinação de Oligômeros

[75] Wanderson Romão; Spinacé Márcia A. S.; Paoli. Marco-A. Poli(Tereftalato de Etileno), PET.(2009). Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem. vol. 19, nº 2.

[76] Chegolya, A. S.; Shevchenko, V. V.; Mikhailov, G. D. J. - J. (1979).Polym. Sci.: Part A Polym. Chem., 17, p.889

[77] Pacheco Elen B.; Hemais Carlos A. Mercado para Produtos Reciclados à Base de PET/HDPE/Ionômero

[78] <http://balbacch15.blogspot.com/2011/07/o-pet-reciclado-e-sua-aplicacoes-no.html>

[79] Grupo Mercado Comum, MERCOSUL (1992). Disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contacto com alimentos. Resolução 56/92

[80] Poças Maria de Fátima Filipe; Moreira Raquel. Segurança Alimentar e Embalagem Serviços de Tecnologia e Inovação.

[81] http://www.gipescado.com.br/arquivos/met_fis-quim_ial/cap14.pdf

[82] Freire, MT. de A.; Reyes, F.G.R. A importância do polietileno tereftalato (PET) na indústria de embalagens para alimentos. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de alimentos, no prelo.

[83] McMahon, W.; Birdsall, H.A.; Johnson, G.R.; Camili, C.T.J. (1959) Chem. Data, v.4, n.1, p57

[84] [http://www.infopedia.pt/\\$despolimerizacao](http://www.infopedia.pt/$despolimerizacao)

[85] Curti Priscila S.; Ruvolo Adhemar. (2006) Estudo Cinético da Reacção Heterogénea de Despolimerização do PET Pós-Consumo em Meio Alcalino - Influência da Velocidade de Agitação. Vol. 16, nº 4, p. 276-285.

[86] Di Sousa, Luiz; Torres; M.Maria Conceição.; Ruvolo Adhemar Filho C. (UFSCar) (2008). Despolimerização do poli (tereftalato de etileno) - PET: efeitos de tensoativos e excesso de solução alcalina. Departamento de Química (UFSCar).

[87] Lopes, Margarida Pinho; Lopes, Maria de Lourdes; A Durabilidade dos geossintéticos

[88] Bell, Judith (2004). Como realizar um projecto de investigação. Lisboa: Gradiva.

[89] Lei de Bases do Sistema Educativo português, n.º 4, artigo 48º.

ANEXOS

ANEXO 1. PROTOCOLO - RECICLAGEM DO PET VIA DESPOLIMERIZAÇÃO



Actividade de Projecto Laboratorial

“Reciclagem do PET via Despolimerização e Polimerização”



“Despolimerização”

1- Título

“Reciclagem de PET via despolimerização e polimerização”: uma Actividade de Projecto Laboratorial

1- Objectivos

- 1- Estudar a despolimerização do PET via hidrólise alcalina com formação do ácido tereftálico (AT) e de Etileno glicol (EG)
- 2- Identificar a presença de grupo carboxílico do AT
- 3- Estudar a solubilidade do ácido tereftálico

2- Introdução

O desenvolvimento industrial e tecnológico trouxe muitos benefícios para a sociedade, nomeadamente na melhoria da qualidade de vida das pessoas. Contudo, como resultado desse desenvolvimento, muitas vezes a exploração dos recursos naturais e a produção de resíduos, têm posto em risco a própria sustentabilidade do planeta.

Deste modo torna-se importante e urgente sensibilizar todos, docentes, alunos e população em geral, que a área da Química recorrendo ao conhecimento técnico-científico necessário, apresentam também uma preocupação e um compromisso com as problemáticas ambientais actuais, procurando desenvolver metodologias e técnicas no sentido de evitar ou minimizar os impactos causados pela actuação humana.

Nesse sentido, propõe-se como actividade prática na disciplina de Química ao nível do 12º ano de escolaridade, a reciclagem química de garrafas de PET, poli (tereftalato de etileno).

Nesta actividade prática, para além do ensino de conceitos básicos de Química, da prática laboratorial, da confrontação do aluno com um problema actual e uma possível solução, pretende-se aumentar a motivação e o interesse científico também em questões com pendor ambiental.

4- Materiais utilizados

- Garrafa de PET pós-consumo
- Tesoura
- Balão de 250ml
- Balança
- Placa de aquecimento com agitação
- Condensador
- Papel de filtro
- Termómetro
- Cronómetro
- Funil

5- Reagentes utilizados

- Água destilada
- Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 7,5mol/L
- Ácido sulfúrico concentrado
- Solução alcalina de bicarbonato de sódio 5% (m/v)
- Álcool etílico

6- Procedimento experimental

- 1- Lave a garrafa de PET com água destilada e deixe secar à temperatura ambiente. Corte a garrafa de PET com uma tesoura em quadrados de aproximadamente 0,5x0,5cm.
- 2- Pese cerca de 5g dos quadrados cortados da garrafa de PET e coloque no balão de 250ml. Adicione 50ml de solução de hidróxido de sódio no balão onde se encontram os pedaços da garrafa de PET. Coloque o condensador de refluxo na boca central do balão.
- 3- Prepare o sistema de circulação de água.
- 4- Introduza o termómetro noutra entrada e tape a terceira boca do balão.
- 5- Aquece o sistema até atingir uma temperatura de 90°C e mantenha a mistura sob agitação por um período mínimo de 2h.

- 6- Deixe arrefecer durante alguns minutos.
- 7- Faça a filtração da mistura.
- 8- Adicione ácido sulfúrico concentrado (10%) ao filtrado até o término da reacção.
- 9- Meça o pH utilizando uma fita de papel indicador universal.
- 10- Faça a filtração à solução depois da adição do ácido sulfúrico.
- 11- Lave o monómero no papel de filtro com água destilada em abundância e depois seque a 75°C numa estufa.
- 12- Coloque no exsiccador até ao arrefecimento.
- 13- Pese o ácido recuperado e registe a sua massa.
- 14- Adicione a este ácido algumas gotas de solução alcalina de bicarbonato de sódio 5% (m/v) para verificar a presença do grupo carboxílico no AT.
- 15- Faça testes de solubilidade do AT tomando como solvente a água e o álcool etílico.

Tratamentos de Resultados

- 1- O que é que se observa após a reacção do hidróxido de sódio com os pedaços da garrafa de plástico?
- 2- Escreva a reacção química da despolimerização do PET via hidrólise alcalina.
- 3- Que ácido se formou quando da adição do ácido sulfúrico concentrado.
- 4- Indique o tipo da reacção que se verificou com a adição do ácido sulfúrico.
- 5- Como é que se verifica a presença do grupo carboxílico do AT?
- 6- Calcule o rendimento da reacção.
- 7- Indique a solubilidade do ácido tereftálico para os dois solventes utilizados na experiência.
- 8- O que observa após a adição de algumas gotas de solução alcalina de bicarbonato de sódio 5% (m/v)?

Bibliografia

[1] Suzan da S. Lessa 1 (IC), André H. Rosa 1 (PQ), Fabiana A. Lobo1 (PG), Sandro D. Mancini ,Reciclagem de garrafas PET via hidrólise alcalina: uma atividade prática alternativa para o ensino de química orgânica e conscientização ambiental

[2] Luiz Di Souza, Maria Conceição M. Torres, Adhemar C. Ruvolo Filho, Despolimerização do Poli (Tereftalato de Etileno) - PET: Efeitos de Tensoativos e Excesso de Solução Alcalina

**ANEXO 2. MONTAGEM DO EQUIPAMENTO PARA A EXPERIÊNCIA
DA DESPOLIMERIZAÇÃO DO PET.**



ANEXO 3. PROTOCOLO - RECICLAGEM DO PET VIA POLIMERIZAÇÃO



Actividade de Projecto Laboratorial

“Reciclagem do PET via Despolimerização e Polimerização”



“Polimerização”

1- Título: Síntese de Poliéster (PET)

2- Objectivo:

- Reforçar conceitos importantes em química orgânica e apresentar a síntese do polímero

3- Introdução

Neste trabalho faz-se uma introdução à síntese de polímeros, através da síntese de um poliéster. O poliéster mais importante do ponto de vista de produção industrial é o politereftalato de etileno, PTE (PET em inglês). O processo de síntese industrial envolve duas etapas, tendo como reagentes de partida o ácido tereftálico e o etilenoglicol. Devido às exigências em termo de pressão e temperatura elevada, esta síntese não é facilmente reproduzível nem adequada à realização em laboratório. No entanto, em laboratório é possível simular a mesma mediante uma reacção de transesterificação a partir do tereftalato de dimetilo. É ainda possível determinar em tempo real, a evolução do equilíbrio da reacção e a composição do produto por remoção de um dos componentes.

4- Materiais utilizados:

- Balança analítica
- Proveta de 50 ml
- Balão de fundo redondo de duas bocas – 250ml
- 2 adaptadores em Y
- Pedacos de porcelana
- Dispositivo para destilação fraccionada

- Condensador
- Termómetro 200°C
- Agitador magnético
- Manta de aquecimento pequena
- Placa de aquecimento
- 2 espátulas
- Pinça
- Lâmina de vidro para microscópio
- Copos de 100ml
- Papel de filtro
- Funil
- Cadinho

5- Reagentes utilizados

- Tereftalato de dimetilo
- Etilenoglicol
- Sólido metálico
- Ácido tolueno sulfónico

6- Procedimento Experimental

1- Pese 5g tereftalato de dimetilo

2- Meça 80ml etilenoglicol e introduz num balão de fundo redondo de 250ml, juntamente com o tereftalato de dimetilo

Com máximo cuidado adicione 0,1g de sólido metálico

Coloque no balão o adaptador em Y, um termómetro e o condensador de acordo com a figura 1a).

5 - Submeta a mistura a aquecimento (manta de aquecimento), até se verificar refluxo por um período mínimo de 30min.

6 -Regista a temperatura a que se verifique o refluxo

7 - Arrefeça a montagem anterior e altere a sua disposição para a da figura 1b)

8 - Reinicie o aquecimento e proceda à recolha do destilado, parando a sua recolha quando a temperatura atinge os 180°C

9- Deixe arrefecer lentamente a solução, decantando-a em seguida (recolher os pedaços de porcelana).

- 10 - Devida a solução em dois volumes iguais, deixe arrefecer e introduza o processo de cristalização por duas vias. (Introduz o processo “risque” o copo ou adicione água destilada)
- 11- Filtre os cristais com o auxílio de uma trompa de água.
- 12 - Seque os cristais com papel de filtro.
- 13- Coloque os cristais obtidos sob uma lâmina de vidro e submete-los a um lento aquecimento.
- 14 - Com o máximo cuidado e periodicamente recolha alguns cristais e analise as suas propriedades físicas a pós arrefecimento.
- 15 - Repita o procedimento experimental a partir do ponto 12- mas utilizando neste caso uma amostra seca à qual adiciona um pequeno cristal de ácido tolueno sulfónico (ao material fundido)

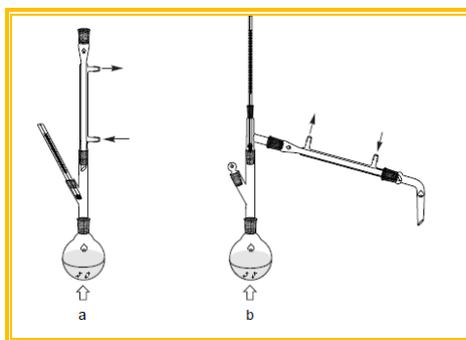


Figura 1 - Dispositivo Experimental

Tratamentos de Resultados

Questões

Escreva a reacção química envolvida no processo de síntese do PET.

Porque se adicionou um pedaço de sódio metálico?

Qual o destilado obtido?

Estime justificando qual o volume de destilado que seria esperado obter.

Qual o aspecto dos cristais após arrefecimento (ponto 13 e 14)?

Qual o produto libertado durante o aquecimento dos cristais?

Bibliografia

[1] Fred W. Billmeyer, Jr., Textbook of Polymer Science, Wiley- Interscience Publication, 1984.

[2] Journal of Chemical Education, Vol. 76,nº 2, 1999

ANEXO 4. GUIÃO DO INQUÉRITO

Guião de Inquérito

1- Objectivo do inquérito

Recolher informações sobre a reciclagem das garrafas de plásticos (PET) após o consumo, sobre as práticas laboratoriais, as dificuldades encontradas nessas práticas e os tipos de experiências realizadas com os alunos

2- Calendarização

2.1 - Elaboração do inquérito: meses de Janeiro e Fevereiro.

2.2 - Realização das práticas laboratoriais e aplicação dos questionários: mês de Abril para os alunos da ESPG e mês de Maio para os alunos da ESSF.

2.3 - Recolha de dados: meses de Abril e Maio

2.4 - Acesso e preparação dos dados: Abril e Maio

3 - População Alvo

O inquérito destina-se aos professores do ensino secundário e alunos do 3º ciclo da ESPG, Cabo Verde e aos professores e alunos da ESSF de Évora, Portugal.

4 - Dimensão da amostra requerida

Estima-se que o inquérito irá ser feito a 30 alunos e 20 professores.

5 - Recolha dos Dados

Os dados serão recolhidos através de questionários em papel e através do correio electrónico para os que não são possíveis ter o contacto directo.

6 - Análise dos Dados

Os resultados serão analisados pelo grupo, em seguida irão ser apresentados em forma de dados estatísticos (tabelas ou gráficos).

ANEXO 5. INQUÉRITO AOS ALUNOS ANTES DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS LABORATORIAIS

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

MESTRADO EM QUÍMICA EM CONTEXTO ESCOLAR

Inquérito Discentes

Actividade de Projecto Laboratorial

*“Reciclagem do PET via Despolimerização e
Polimerização”*



O presente inquérito foi elaborado no âmbito do estudo intitulado, Actividade de Projecto Laboratorial “Reciclagem do PET via Despolimerização e Polimerização”, conducente à obtenção do grau de mestre em Química em Contexto Escolar pela Universidade de Évora.

Este inquérito tem como objectivo recolher informações sobre aspectos que se prendem com o ensino dos polímeros na disciplina de química do ensino secundário em Cabo Verde e Portugal. Simultaneamente envolverá questões relacionadas com as práticas de ensino, nomeadamente ao nível teórico e laboratorial, a importância da transmissão de conhecimentos e atitudes positivas em relação à interacção com o meio que nos rodeia. Concretamente, ambiente, reciclagem, mudança de comportamentos, entre outros, ao nível dos estudantes.

Este inquérito é anónimo e confidencial, não tendo por isso qualquer impacto na tua avaliação.

Agradeço a tua colaboração e disponibilidade, na expectativa de que este estudo contribua para um maior conhecimento sobre a prática laboratorial, o ensino da química no teu país.

Octávio Correia Moniz

1- Idade:

2 - Sexo: M F

3 - Nacionalidade _____

4 - Ano de Escolaridade _____

5 - Turma _____

6 - Houve alguma interrupção no teu processo escolar? Sim Não

7 - Se respondeu sim, quais os principais motivos

8 - Preferes aulas teóricas ou laboratoriais? _____

9 - Indica duas vantagens e desvantagens das aulas teóricas?

10 - Indica duas vantagens e desvantagens das aulas laboratoriais?

11- Indica três exemplos de aplicações dos polímeros.

12 - Sabes qual a diferença entre polímeros e plásticos?

13 - Indica um polímero que não seja um plástico e outro que seja um plástico.

14 - Os polímeros são moléculas de grandes dimensões com determinadas sequências, designadas por:

Monómero Unidade repetitiva Ácido

15 - As cadeias poliméricas resultam da reacção entre várias moléculas, designadas por:

Monómero Unidade repetitiva Base

16 - No ano lectivo anterior realizaste actividades laboratoriais na disciplina de química?

Sim Não

17 - Realizas aulas laboratoriais com frequência? Sim Não

18 - Se sim, qual a frequência? Semanal Quinzenal Mensal

19 - Qual é o grau de satisfação após a realização das aulas laboratoriais?

Elevado Suficiente Reduzido

20 - Achas que os laboratórios da tua escola têm condições? Sim Não

21 - Já realizaste alguma actividade que envolvesse polímeros? Sim Não

22 - Se sim, descreve-a resumidamente.

23 - O que entendes por reciclagem?

24 - No teu dia-a-dia tens uma atitude *recicladora*? Sim Não

25 - Dá um exemplo da mesma.

26 - Fazes separação do lixo em casa? Sim Não

27- Se sim, indica os tipos de reciclagem que fazes.

Plástico Vidro Papel Pilhas

28 - Pressupondo a reciclagem dos plásticos, assinala as afirmações que são verdadeiras.

Reduz a emissão de gases de efeito estufa

Diminui a vida dos aterros sanitários

Prolonga a vida dos aterros sanitários

Os produtos feitos a partir de plásticos reciclados são mais baratos

Aumenta a contaminação do meio aquático

29 - Já visitou alguma instalação industrial onde se faz reciclagem? Sim Não

30 - De que tipo? _____

ANEXO 6. INQUÉRITO AOS ALUNOS APÓS A REALIZAÇÃO DAS ACTIVIDADES PRÁTICAS LABOARATORIAIS

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

MESTRADO EM QUÍMICA EM CONTEXTO ESCOLAR

Inquérito aos Discentes

*Após Actividade de Projecto Laboratorial
“Reciclagem do PET via Despolimerização e
Polimerização”*



Este inquérito tem como objectivo recolher informações sobre as aulas práticas laboratoriais realizadas. Assinala as afirmações com que concordas.

1- Qual é a tua opinião sobre as aulas práticas laboratoriais realizadas?

Muito Má Má Suficiente Boa Muito Boa

1.1 - Justifica a tua resposta indicando vantagens e desvantagens das mesmas.

2 - Achas que as aulas práticas laboratoriais que realizastes satisfizeram as tuas expectativas em termos de:

a) Incentivar o trabalho em grupo; Sim Não

b) Aumentar a motivação para o estudo da Química; Sim Não

c) Criar curiosidade em aprender mais em Ciência; Sim Não

d) Facilitar aquisição de conhecimentos; Sim Não

e) Desenvolver habilidades na manipulação de materiais e técnicas laboratoriais. Sim
Não

3- Faz duas sugestões para melhorar este tipo de actividades laboratoriais. Indica também um tema na área dos polímeros que gostasses que fosse abordado no futuro.

Obrigado

ANEXO 7. INQUÉRITO AOS DOCENTES

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

MESTRADO EM QUÍMICA EM CONTEXTO ESCOLAR



Inquérito Docentes

Actividade de Projecto Laboratorial

“Reciclagem do PET via Despolimerização e Polimerização”



O presente inquérito foi elaborado no âmbito do estudo intitulado, Actividade de Projecto Laboratorial “Reciclagem do PET via Despolimerização e Polimerização”, conducente à obtenção do grau de mestre em Química em Contexto Escolar pela Universidade de Évora.

Este inquérito tem como objectivo recolher informações sobre aspectos que se prendem com o ensino dos polímeros na disciplina de química do ensino secundário em Cabo Verde e Portugal. Simultaneamente envolverá questões relacionadas com as práticas de ensino, nomeadamente ao nível teórico e laboratorial, a importância da transmissão de conhecimentos e atitudes positivas em relação à interacção com o meio que nos rodeia. Concretamente, ambiente, reciclagem, mudança de comportamentos, entre outros, tanto a nível docente como discente.

Este inquérito é anónimo e confidencial.

Agradeço a sua colaboração e disponibilidade, na expectativa de que este estudo contribua para um maior conhecimento sobre a prática laboratorial, o ensino da química no seu país.

Octávio Correia Moniz

1 - Idade:

2 - Sexo: M F

3 - Profissão _____

4 - Habilitação literária _____

5 - Formação Específica _____

6 - Anos de Serviço

7 - Disciplinas que lecciona _____

8 - Níveis que lecciona _____

9 - Ciclos que lecciona: 1º ciclo 2º ciclo 3º ciclo

10 - Há quantos anos trabalha como professor de ensino secundário?

11 - Que tipos de materiais didácticos utiliza nas aulas de Química?

12 - Existe laboratório de Química na sua escola? Sim Não

13 - Como classifique os laboratórios existentes na sua escola?

Muito bom Bom Suficiente Mau Muito mau

14 - A carga horária semanal é suficiente para um desenvolvimento adequado da prática laboratorial? Sim Não

15 - Quantas aulas (horas) práticas laboratoriais fez no ano passado?

E este ano lectivo?

16 - Indique os conteúdos que foram abordados nas aulas práticas laboratoriais neste ano lectivo. _____

17 - Qual a receptividade dos alunos a esse tipo de aulas?

Muito bom Bom Suficiente Mau Muito mau

18 - Realizou algumas actividades laboratoriais relativas a polímeros? Sim Não

19 - Qual a receptividade dos alunos a esse tipo de actividades (relativas a polímeros)?

Muito bom Bom Suficiente Mau Muito mau

20 - Acha importante que o conteúdo dos polímeros seja abordado numa perspectiva experimental? Sim Não. Indique algumas razões para isso.

21 - A questão da reciclagem, nomeadamente em relação aos polímeros, é abordada nas suas aulas? Sim Não. Como?

22 - Os alunos demonstram maior interesse pelas actividades desenvolvidas nas aulas teóricas ou nas laboratoriais? Teóricas Laboratoriais

23 - Enumere 3 vantagens e desvantagens da realização de actividades laboratoriais?

24 - Quais as dificuldades que enfrenta quando realiza ou tenta realizar actividades laboratoriais envolvendo polímeros?

25 - Acha que deveria haver formação contínua na capacitação metodológica das aulas práticas laboratoriais para os professores de Química? Sim Não

26 - Frequentou alguma acção de formação nesse sentido? Sim Não

27 - Se respondeu sim, quais os benefícios que essa formação trouxe para a sua vida profissional?

28 - Dada a importância dos polímeros, concorda ou não, que esse conteúdo deva ser abordado num maior número de aulas? Sim Não

29 - Diga em poucas palavras como é o ensino de Química no ensino secundário no seu país, sem esquecer de fazer uma referência à sua escola.

30 - Apresente algumas sugestões para a melhoria do ensino da Química no ensino secundário.

ANEXO 8. AUTORIZAÇÃO DOS PAIS ENCARREGADOS DA EDUCAÇÃO PARA A INSERÇÃO DAS FOTOGRAFIAS DOS SEUS EDUCANDOS NESTE TRABALHO

Exmo. Senhores pais e Encarregados
da Educação dos alunos da Química 12º CT

Venho por este meio solicitar a sua autorização para permitir a inserção de fotografias na minha tese de mestrado, em que eventualmente surja o seu educando. Essas fotografias ilustram etapas de um trabalho experimental a desenvolver nas aulas da disciplina de Química de 12ºAno.

O trabalho referido, enquadra-se no meu projecto de mestrado com o título, Actividade de Projecto Laboratorial“Reciclagem do PET via Despolimerização e Polimerização”, o qual prevê a realização de um conjunto de actividades laboratoriais.

Esta actividade enquadra-se no protocolo coordenado pelo Dr. Henrique Chaveiro, celebrado entre a Escola Secundária de Severim de Faria e o Departamento de Química da Universidade de Évora.

Agradecendo antecipadamente despeço-me com os meus melhores cumprimentos,

O Investigador
(Dr. Octávio Correia Moniz)

Universidade de Évora, 9 de Maio de 2011

ANEXO 9. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS AOS DOCENTES

ANEXO 9.1. Resposta de inquérito de algumas questões fechadas dos professores Cabo-verdianos

Questões											
Inquiridos	12	13	14	15	17	18	19	22	25	26	28
P1	Sim	Mau	Não	N.R.	N.R.	Não	N.R.	N.R.	Sim	Não	Sim
P2	Sim	Mau	Não	0	N.R.	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P3	Sim	Mto mau	Não	2 e 6	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P4	Sim	Suficiente	Não	4 e 3	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P5	Não	Mto mau	Não	10 e 0	Mto bom	Sim	Mto bom	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P6	Sim	Bom	Sim	9 e 4	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P7	Sim	Suficiente	Não	4 e 6	Mto bom	Sim	Mto bom	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P8	Sim	Bom	Não	0 e 5	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P9	Sim	Bom	Sim	2 e 3	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P10	Sim	Suficiente	Não	0	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Não	Sim
P11	Sim	Bom	Não	0 e 2	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Não	Sim
P12	Não	N.R.	Sim	4 e 4	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P13	Sim	Mau	Não	N.R.	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P14	Sim	Suficiente	Não	5 e 0	Bom	Não	N.R.	N.R.	Sim	Sim	N.R.
P15	Sim	Suficiente	Não	6 e 4	Mto bom	Não	N.R.	N.R.	Sim	Não	N.R.
P16	Sim	Suficiente	Não	4 e 5	Bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P17	Sim	Mau	Não	4 e 8	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P18	Sim	Mau	Não	6 e 6	Bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Não	N.R.
P19	Sim	Bom	Não	0 e 4	Mto bom	Sim	Mto bom	Laboratoriais	Sim	Não	Sim
P20	Sim	Bom	Não	10 e 4	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim

ANEXO 9.2. Resposta de inquérito de algumas questões fechadas dos professores Portugueses, distrito de Évora

Questões											
Inquiridos	12	13	14	15	17	18	19	22	25	26	28
P21	Não	N.R.	Não	15 e 10	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Não	Sim
P22	Sim	Suficiente	Não	N.R.	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Não	Sim
P23	Sim	Bom	Sim	6 e 4	Bom	Não	Bom	Laboratoriais	Sim	Sim	Nr
P24	Sim	Suficiente	Não	0	Bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim
P25	Sim	Bom	Sim	0 e 10	Mto bom	Sim	Bom	Laboratoriais	Sim	Não	Não
P26	Sim	Bom	Não	20 e 20	Bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Não	Sim
P27	Sim	Bom	Sim	30 e 25	Mto bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Não	N.R.
P28	Sim	Bom	Não	14 e 12	Bom	Não	N.R.	Laboratoriais	Sim	Sim	Sim

ANEXO 9.3. Transcrição de inquérito feito aos docentes Cabo-verdianos

11 - Que tipos de matérias didácticos utiliza nas aulas de química

P1 - Manuais e fichas de trabalhos com propostas de exercícios para serem resolvidos pelos alunos.

P2 - Tabela periódica, giz, peneira, funil, balões, papel de filtro, copos, provetas, etc.

P3 - Quadro, giz de várias cores, tabela periódica, data show, funil, balões, varetas, papel de filtro, peneira, peneira, provetas, copos e alguns reagentes.

P4 - Reagentes como sódio, potássio, enxofre, ácidos fracos, soluções alcalinas, etc.

P5 - Livros, tabelas, materiais de experiências e computador.

P6 - Teoria - Quadro, giz livros.

Prática - Quadro, giz, protocolos, materiais e reagentes necessários.

P7 - Materiais tradicionais - livros.

Filmes, laboratório.

P8 - Data show, quadro, giz, livros.

P9 - Livros data show com imagens, vídeos.

P10 - não respondeu.

P11 - Quadro, giz, computador e data show.

P12 - Quadro, giz

P13 - Livros, computador, data show.

P14 - Modelos químicos.

P15 - Não respondeu.

P16 - Portátil, data show, quadro, cartazes e modelos.

P17 - Tabela periódica.

P18 - Manuais de química, fotocópias tiradas na internet.

P19 - Tabela periódica, Modelos atómicos e retroprojectores.

P20 - Livros, materiais de laboratório, internet.

16 - Indique os conteúdos que foram abordados nas aulas práticas neste ano lectivo

P1 - Não respondeu.

P2 - Não respondeu.

P3 - Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura e reacções químicas.

P4 - Reacções de alguns metais com a água.

P5 - Equilíbrio ácido/ base, equilíbrio de solubilidade; química orgânica.

- P6 - Titulação ácido/ base e reacção de precipitação.
- P7 - Titulação ácido/ base, solubilidade, reacção redox.
- P8 - Espectros de emissão e absorção.
- P9 - Misturas homogéneas, heterogéneas; solução concentrada, diluída e saturada; processos de separação de componentes de uma mistura.
- P10 - Processos de separação de componentes de uma mistura; transformação química; princípio de Le Chatelier, titulação; reacção redox, etc.
- P11 - Identificação de substância.
- P12 - Reacção ácido – base e titulação.
- P13 - Síntese da luz branca; emissão da luz; solubilidade e titulação.
- P14 - Não respondeu
- P15 - Misturas de substâncias e transformações químicas.
- P16 - Velocidades das reacções química, Reacção redox; Reacção ácido/ base e solubilidade.
- P17 - Processos de separação e identificação de substâncias por ensaios químicos.
- P18 - Reacção ácido – base e titulação.
- P19 - Titulação; polimerização e precipitação.
- P20 - segurança no laboratório; medições (volume); velocidade das reacções; titulação ácido/ base e reacção de precipitação.

20 - Acha importante que o conteúdo dos polímeros seja abordado numa perspectiva experimental? Indique algumas razões para isso.

- P1 - Não indicou as razões.
- P2 - Maior receptividade, mais motivações, aulas interactivas, maior compreensão dos conteúdos.
- P3 - Motivação; melhor compreensão; desenvolver interesse para o estudo da química e áreas afins, etc.
- P4 - Não indicou as razões.
- P5 - São materiais de uso diário.
- P6 - Facilitar a compreensão dos conteúdos; ver se produz os polímeros de acordo com as reacções possíveis (por exemplo saponificação).
- P7 - Polímeros e todos os demais conteúdos. A enorme utilização dos polímeros neste século, justifica a sua prática.
- P8 - Os alunos terão a oportunidade de conhecer o processo de fabrico dos materiais com que lidam no quotidiano.

P9 - Não respondeu.

P10 - Tendo em conta que os polímeros estão a nossa volta com quantidades enormes, por vezes há muitos que demoram a degradar e é fonte de poluição ambiental.

P11 - A observação directa da formação das moléculas, a visualização do resultado indicado pelos conceitos.

P12 - Não respondeu.

P13 - pela sua importância. Sabe-se que hoje em dia, cerca de 90% de químicos e bioquímicos trabalham com polímeros naturais ou artificiais.

P14 - Não respondeu.

P15 - Não indicou as razões.

P16 - Ver a aplicação prática, relacionar conteúdo e prática.

P17 - Não respondeu.

P18 - Não respondeu.

P19 - Tendo em conta o nosso planeta através dos polímeros podemos incentivar a reciclagem.

P20 - Uma vez que a maioria dos materiais sintetizados que fazem parte do nosso dia-a-dia são feitos à base de polímeros, torna-se importante a sua abordagem numa perspectiva experimental.

21 - Como é abordada a questão da reciclagem dos polímeros nas suas aulas?

P1 - Em termos teóricos, realçando sempre a importância da preservação do meio ambiente.

P2 - Não respondeu.

P3 - A título de exemplo de aproveitamento de polímeros, minimizar a poluição ambiental, etc.

P4 - Fazendo referência. Mas de forma superficial.

P5 - Na abordagem química e ambiente.

P6 - Os polímeros não são abordados nas aulas.

P7 - Na identificação de diferentes tipos de plásticos, e depois na reciclagem.

P8 - Para chamar atenção a problemática do meio ambiente.

P9 - Os polímeros não são abordados nas aulas.

P10 - Os polímeros não são abordados nas aulas.

P11 - Os polímeros não são abordados nas aulas.

P12 - Muito pouco. Através de exemplos do dia-a-dia e de leituras de textos

P13 - Não respondeu.

P14 - Não respondeu.

P15 - Não respondeu.

P16 - Noção, formação, importância, por alto, sem anotação no caderno.

P17 - Não respondeu.

P18 - Não é abordado.

P19 - No sentido de adquirir o conhecimento.

P20 - Não se fala muito, mas o que se fala é abordado dentro de um tópico a Química e a sociedade.

23 - Enumere 3 vantagens e desvantagens da realização de actividades laboratoriais.

Vantagens:

P1 - Consolidar a teoria, isto é, relacionar a teoria com a prática; adquirir o gosto pela pesquisa; saber fazer.

P2 - Aulas interactivas, mais interesse; conhecimentos mais claros e sólidos.

P3 - Motivação, interesse, melhor compreensão.

P4 - Observação directa, manuseamento de materiais; espírito de equipa.

P5 - Os alunos aprendem a manusear material, desperta motivação e consolida a teoria.

P6 - Os alunos vão podendo manusear os materiais, conhecê-los melhor; vão produzir os seus próprios conhecimentos; facilita a compreensão da matéria.

P7 - Química passa ser a ciência muito aplicada no dia-a-dia; assimilação melhor dos conteúdos; aplicabilidade.

P8 - Despertam maior interesse nos alunos; consegue confrontar a teoria com a prática.

P9 - Os alunos mostram uma maior motivação; participação activa dos alunos.

P10 - O aluno consegue consolidar a teoria.

P11 - Maior interesse pela aprendizagem; a confirmação daquilo que se aprende teoricamente, o saber fazer.

P12 - Maior interesse por parte dos alunos; envolvimento de todos e facilita a aprendizagem.

P13 - Ligar teoria à prática; permite a confirmação; cria “espírito investigativo”

P14 - Não respondeu

P15 - Consolida aula prática; comprova a teoria.

P16 - Motivação pela disciplina; relacionar prática com a teoria.

P17 - Relacionar teoria á prática; incentivar ao alunos a gostarem da química; despertar interesse nos alunos de criar inovação, comprovar, etc.

P18 - Com a prática os alunos percebem melhor a teoria; a prática desperta mais interesse ao conteúdo estudado.

P19 - Mais habilidades no uso dos materiais; solidificação dos conhecimentos; maior interesse

P20 - As aulas laboratoriais são vantajosas uma vez que permite aos alunos o seguinte:

- fazer uma correlação teoria-prática;
- facilita a compreensão da matéria, que muitas vezes parece ser complexa;
- leva o aluno a fazer a sua própria descoberta e as conclusões são tiradas de imediato.

Desvantagens:

P1 - Penso que não existem.

P2 - Atraso no cumprimento do programa; turmas numerosas; alunos irrequietos.

P3 - Turmas numerosas, extensão de programa e dificuldade por parte dos alunos no manuseamento de materiais.

P4 - Só alguns alunos trabalham realmente devido à escassez de materiais; número de alunos por aula bem como o tempo disponível.

P5 - Exige mais tempo (+ aulas); exige cuidado por parte do professor.

P6 - Não vê desvantagens.

P7 - Não respondeu.

P8 - Não respondeu.

P9 - Turmas superlotadas e os alunos não conseguem fazer as suas próprias experiências.

P10 - Não respondeu.

P11 - Não respondeu.

P12 - Perda de tempo, quando a escola não tem laboratórios.

P13 - Elevado número de alunos por turmas; custo, eliminação de resíduos

P14 - Não respondeu.

P15 - Não respondeu.

P16 - falta de materiais e reagentes; carência de espaço.

P17 - Não respondeu.

P18 - Não respondeu.

P19 - Cansativo, perigo de acidente.

P20 - Não respondeu.

24 - Quais as dificuldades que enfrenta quando realiza ou tenta realizar actividades laboratoriais envolvendo polímeros?

P1 - Falta de equipamentos, falta de reagentes.

P2 - Não respondeu.

P3 - Não respondeu.

P4 - Não respondeu.

P5 - Falta de reagentes.

P6 - A quantidade de materiais é insuficiente, tempo curto; falta de materiais como escovilhão para lavar tubos de ensaios, matraz, pipeta, bureta e mais.

P7 - Pouca familiarização dos alunos com actividades laboratoriais, nomeadamente no manuseamento e identificação de materiais, o que acaba por trazer muita insegurança.

P8 - Reagentes

P9 - Não respondeu.

P10 - Não respondeu.

P11 - A falta de materiais/ reagentes.

P12- Não é possível. A escola não tem laboratório e não há materiais de laboratório disponíveis.

P13 - Não respondeu.

P14 - falta de reagente

P15 - Não respondeu.

P16 - falta de reagente.

P17 - Falta de reagente e outros materiais.

P18 - Não há condições mínimas exigidas no laboratório. Não há materiais adequados às experiências. Os materiais e os reagentes são improvisados.

P19 - Encontrar reagentes e materiais de laboratório para o efeito.

P20 - Tipos de experiências e materiais simples.

27 - Se respondeu sim, quais os benefícios que essa formação trouxe para a sua vida profissional?

P1 - Não respondeu.

P2 - Manusear certos materiais laboratoriais; deixar de ser um pouco teórico e trazer o mundo real mais para junto dos alunos.

P3 - Facilidade de transmissão dos conteúdos.

P4 - Não muita, já que os meios para a realização de experiência são exíguas.

P5 - Poderia ser favorável, mas falta condições de aplicação na escola.

P6 - Essa formação me fez sentir mais capacitado para dirigir as actividades laboratoriais.

P7 - A Química deixa de estar apenas na sala de aula e laboratório e passa também a estar em outros lugares comuns.

P8 - Reciclagem.

P9 - Uma melhoria no processo de ensino aprendizagem mais intenso e motivação pelas aulas práticas.

P10 - Não respondeu.

P11 - Não respondeu.

P12 - Foi depois dessa formação que começamos a realizar as experiências supramencionadas na minha escola.

P13 - Saí mais bem preparado e mais actualizado.

P14 - A realização das actividades laboratoriais é benéfica no sentido de relacionar teoria com a prática.

P15 - Não respondeu.

P16 - Maior habilidade para manusear e manipular os materiais e reagentes.

P17 - Saber relacionar teoria com a prática.

P18 - Não respondeu.

P19 - Não respondeu.

P20 - Algumas práticas simples podem ser feitas nas salas de aulas com materiais alternativos.

29 - Diga em poucas palavras como é o ensino de Química no ensino secundário no seu país, sem esquecer de fazer uma referência à sua escola.

P1 - É sobretudo teórico, baseado em aulas expositivas, descritivas, com uma ausência total de actividades laboratoriais, experimentais, salvo raras excepções, em algumas escolas secundárias recentes, onde existem professores com boa vontade (verdadeiros sacerdotes!) e onde há laboratórios minimamente equipados.

Da parte do Ministério da Educação falta ainda muita sensibilidade para o assunto.

P2 - Ensino baseado mais na teoria, com recursos à utilização de fichas de exercícios, TPC, trabalho de grupo, trabalho individual e pesquisa.

P3 - Ensino baseado na teoria, dado a falta de equipamentos laboratoriais, feita com os meios indicados na questão 11.

P4 - É muito teórico, livresco, portanto precisa de todo o modo fazer das práticas laboratoriais uma prática para todas as escolas.

P5 - Falta prática.

P6 - O ensino da Química é geralmente feita com base nas aulas teóricas e exercícios de aplicação.

Com os professores muitas vezes sem formação específica para o ensino da Química, torna esta disciplina cada vez mais difícil para os alunos, o que reflecte em insucesso nesta disciplina.

A minha escola já tem reagentes e materiais, estamos a tentar introduzir paulatinamente as actividades experimentais.

P7 - Muitos conteúdos para serem leccionados em pouco espaço de tempo. Muitas vezes informações importantes não são mencionadas. A Química deveria ser aplicada em eventos que fazem parte da nossa realidade e também com trabalhos laboratoriais.

Na minha escola é um desafio para a maioria que precisa no entanto, de fundamentação prática.

P8 - O ensino da Química no nosso país ainda é deficiente devido ao custo porque é uma ciência muito cara. Os laboratórios carecem de muitos materiais que são caros e que as escolas não têm condições para os suportar. Quanto a minha existem alguns materiais mas dos mesmos tipos mas não diversificadas.

P9 - O ensino da Química no ensino secundário em Cabo Verde é razoável, sendo que há algo a desejar. Pode-se realçar que a Química é importante para a compreensão do mundo que nos rodeia, e as vezes não se consegue mostrar isso no dia-a-dia. Em relação a ESPG tem-se preocupado com essa questão, mostrar a Química no quotidiano.

P10 - Há uma cultura, em que as aulas práticas laboratoriais não têm tanta importância ou seja há professores que não têm formação laboratorial e têm dificuldades em manusear equipamentos, por isso acomodam apenas em aulas teóricas.

P11 - O ensino da Química em Cabo Verde está absorvido integralmente por um programa vasto e teórico em que o professor é chamado atenção no seu cumprimento. Deste modo a componente prática fica sacrificada e também considerando que as escolas ainda não estão apetrechadas para o desenvolvimento da componente laboratorial.

P12 - O ensino é basicamente teórico e hoje, faz-se algumas experiências nas salas de aulas, pois não existe laboratórios nem espaço disponível para prática das mesmas. Os professores recorrem a manuais portugueses e à ajuda de computadores (ex: PowerPoint) e internet que vem auxiliando, na medida que permite que os alunos visualizem as imagens dos conteúdos leccionados, ao em vez de apenas ouvirem ou lerem.

P13 - Muita teoria e pouca ou nenhuma prática. As escolas ou não têm laboratórios ou não têm reagentes,

P14 - A Química é dada de uma forma teórica, criando nos nossos alunos uma base teórica de interpretar os fenómenos químicos, mas há um défice nas actividades práticas que deveria complementar a parte teórica.

P15 - O ensino da química em cabo Verde, a meu ver é demasiado teórico virado mais para a sala de aula. Nas aulas práticas das poucas vezes que são realizadas, faltam materiais (reagentes).

P16 - Muita teoria e pouca prática. Química fora do nosso quotidiano.

P17 - Pouco abrangente. Acho eu. É preciso formações pontuais para os professores de modo a estarem munidos de ferramentas actualizadas. Mais actividades, concursos, exposições, intercâmbios.

Na minha escola realiza-se actividades, encontro de professores e discussões de conteúdos e sua abordagem

P18 - O ensino de química é a base da teoria, utilizando manuais à venda no mercado e pesquisados na internet. Os professores e 9os alunos têm poucos conhecimentos de actividades laboratoriais.

P19 - O ensino da química em cabo verde é razoável. Quanto à minha escola é um pouco melhor, tendo em conta que se trata de uma escola técnica.

P20 - O ensino dessa disciplina faz-se na sua maioria numa abordagem teórica. A parte prática quando é feita não vai de encontro à realidade do aluno. Factor tempo (carga horária) é determinante. De um modo geral, no nosso país, a carga horária para essa disciplina é muito reduzida.

Na minha escola, temos um laboratório equipado de uma forma satisfatório, porém depara-se com um obstáculo que é de todas as escolas: a falta dos reagentes. Contudo faz-se algumas práticas consideradas importantes.

30 - Apresente algumas sugestões para a melhoria do ensino da química no ensino secundário

P1 - Um verdadeiro “despertar” dos dirigentes do Ministério da educação, para questão que tem a ver com o ensino da ciência e tecnologia.

- Equipar devidamente todos os laboratórios das escolas secundárias do país, ou arranjar outras alternativas (laboratórios móveis. Tinha-se inventado esta ideia há anos atrás).

-Reformar o actual programa, de modo a ajustar as cargas horárias das aulas teóricas e práticas + práticas laboratoriais, pois, com 4 tempos semanais, não estou a ver como dar aulas experimentais e conseguir ainda a proeza de se cumprir o programa.

- Ter pessoal auxiliar no laboratório, devidamente preparado para auxiliar os professores, pois não há tempo para se recorrer atrás de reagentes, equipamentos, etc.

P2 - Laboratório bem apetrechado; Professores reciclados na área; professores com formação na área e capacitados para tal.

P3 - Laboratório em condições mínimas para desenvolvimento de aulas práticas; horário adequado.

P4 - Realização de aulas práticas a par com as teorias.

P5 - Apetrechar os laboratórios.

P6 - O ensino da química deve ser essencialmente com aulas práticas. Em vez de dois testes teóricos podemos substituir um dos testes por trabalhos práticos.

P7 - Mais aulas experimentais e com aumento de cargas horárias. Para isso é preciso investir na formação contínua e também nos equipamentos e recursos para laboratórios.

P8 - Dosear as aulas laboratoriais no programa; diminuir a carga horária dos professores afecto à disciplina, incentivar os professores com actividades de formação contínua; criar condições nos laboratórios para tal.

P9 - Mais formação nas práticas laboratoriais; palestras; seminários a fim de pensar no ensino da química, fazendo com que os alunos participam activamente.

P10 - Deve-se alargar a carga horária da disciplina e diminuir a do professor, para ter mais tempo para preparar aula prática.

P11 - Reformular o programa dando espaço para a componente prática e preparar as escolas secundárias para o efeito.

P12- Construção de laboratórios devidamente equipados; formação contínua para os professores, de modo a ajuda-los e capacita-los a ministrar as aulas práticas; coordenação a nível nacional; mais apoio a nível do ministério.

P13 - Introdução de mais aulas práticas; incluir nos programas as aulas práticas; equipar as escolas com laboratórios e reagentes; dar formação contínua aos docentes.

P14 - Semanalmente realizar uma actividade prática para a consolidação dos conteúdos, para tal criar condições para essa realização.

P15 - Dar formação a nível das aulas práticas; programa a nível central (Ministério da Educação) maior número de aulas práticas.

P16 - Ensinar química do dia-a-dia.

P17 - Manuais adequados, recursos as novas tecnologias; laboratório adequado; reagentes em quantidades suficientes para a aula de química.

P18 - Mais aulas práticas.

P19 - Fazer uma reforma nos programas, principalmente em relação a carga horária para a prática laboratorial.

- Mais interesse por parte das entidades do governo no sentido de equipar os laboratórios das escolas secundárias.

- Intercâmbios entre escolas secundárias dentro e fora do país.

- Dar maior atenção as aulas práticas.

P20 - Aumento de carga horária (mais aulas laboratoriais com a sua carga horária)

- Formação contínua dos professores.

- Mais reagentes para as escolas.

ANEXO 9.4. Transcrição de inquérito feito aos docentes Portugueses, distrito de Évora

11- Que tipos de matérias didácticos utiliza nas aulas de Química

P21- Manual, power point.

P22- Manual/manual interactivo/, apresentações de power point, demonstrações experimentais.

P23- Material de laboratório; power point; manual adaptado.

P24- Manuais, computador (power point).

P25- Modelos, Power point; aulas laboratoriais.

P26- Ficha de trabalho; filmes; apresentação de power point.

P27- Filmes; power point; simulações no computador; ficha de trabalho.

16- Indique os conteúdos que foram abordados nas aulas práticas neste ano lectivo

P21- Ácido base; reacções de combustão; reacções de precipitação; lei de Lavoisier.

P22- Reactividade dos metais; carácter químico, movimentos; circuitos eléctricos.

P23- Processos físicos de separação de misturas; preparação de soluções; medição em química; espectros.

P24- Não respondeu.

P25- Série electroquímica; pilhas; ácido base; síntese de cristais; identificação de plásticos.

P26- Titulação ácido base; determinação da aceleração da gravidade; pesquisa de NH_4^+ em adubos e detergentes, processos de separação de misturas; trabalho com osciloscópio.

P27- Todos os referidos no programa de física e química A de 11º ano e reacções químicas, pH; velocidade das reacções químicas no 3º ciclo.

20- Acha importante que o conteúdo dos polímeros seja abordado numa perspectiva experimental? Indique algumas razões para isso.

P21- Para que os alunos tenham contacto como se obtêm os materiais poliméricos utilizados na técnica da medicina.

P22- Não respondeu.

P23- Tomar consciência da importância dos polímeros na sociedade actual e sua possível reciclagem. Relacionar a reciclagem com a poupança de recursos energéticos.

P24- Para se perceber os tipos de reacção que leva à síntese dos vários polímeros e as suas características.

P25- Abordagem a conceitos materiais do dia-a-dia; aplicação dos conhecimentos adquiridos teoricamente.

P26- Não respondeu.

P27- Não respondeu.

21- Como é abordada a questão da reciclagem dos polímeros nas suas aulas?

P21- Não é abordada a questão.

P22- Não respondeu.

P23- Por exemplo no ensino básico no ano anterior (8º ano) foi abordado o tema em colaboração com ciências naturais.

P24- Houve a realização de um trabalho por parte de um grupo de alunos com apresentação à turma e ainda em área de projecto, 2º ano, um grupo também realizou um projecto:” fabrico de uma manta a partir do PET”.

P25- Discussão em grande grupo; desenvolvimento de trabalhos de pesquisa com abordagem ao tema.

P26- É integrada quando é feita abordagem de reciclagem e de gestão sustentável nos recursos ao nível do 7º e 8º anos. Também no 12º ano de química é abordado.

P27- Quando se fala da reciclagem e da gestão sustentável dos recursos (3º ciclo).

23- Enumere 3 vantagens e desvantagens da realização de actividades laboratoriais.

Vantagens:

P21- Vantagens: consolidação da matéria teórica, contacto com o material de laboratório e desenvolvimento do espírito crítico.

Desvantagens: não respondeu.

P22- Vantagens: maior motivação dos alunos para disciplina, despertar o interesse e a curiosidade científica, responsabilizar e disciplina os alunos

Desvantagens. Não respondeu.

P23- Não respondeu.

P24- Desvantagens: Por vezes não há preparação em casa da actividade; dificuldade de arranjar materiais no laboratório para todos os grupos de trabalho e então os tempos de espera criam alguma confusão.

Vantagens: Cria-se autonomia e pesquisa por parte dos alunos e poderá criar mais discussão de resultados entre eles.

P25- Vantagens: relação entre os conhecimentos teóricos e o dia-a-dia; maior motivação e envolvimento dos alunos.

Desvantagens: falta de material e de reagentes.

P26- Vantagens: maior interesse nos alunos; abrir novas perspectivas face à matéria leccionada.

Desvantagens: o trabalho processa-se mais lentamente; é difícil gerir grupos grandes de alunos uma vez que nem sempre o material dá para todos.

P27- Vantagens: maior capacidade de concentração; trabalho de grupo e maior interesse.

Desvantagens: existência de muito material, gerir todos os grupos e dificuldade em cumprir o programa.

24- Quais as dificuldades que enfrenta quando realiza ou tenta realizar actividades laboratoriais envolvendo polímeros?

P21- Não respondeu.

P22- Não respondeu.

P23- Não respondeu.

P24- Na minha escola foi a falta de reagentes.

P25- Material (falta de reagentes e de equipamento).

P26- Só fiz quando leccionei 12º ano de química (o que já foi há muito tempo).

P27- Materiais e reagentes a utilizar.

27- Se respondeu sim, quais os benefícios que essa formação trouxe para a sua vida profissional?

P21- Não respondeu.

P22- Não respondeu.

P23- Aprendizagem de “ alguns pequenos truques” relativamente a algumas actividades; aperfeiçoamento de algumas técnicas.

P24- A possibilidade de uso de materiais de baixo custo e alternativo.

P25- Não respondeu.

P26- Não.

P27- Não

29- Diga em poucas palavras como é o ensino de Química no ensino secundário no seu país, sem esquecer de fazer uma referência à sua escola.

P21- Na minha escola não há ensino secundário, embora já tenha leccionada 10º, 11º e 12º.

Na minha opinião o ensino da Química no ensino secundário é orientado para as aprendizagens dos conteúdos para posteriormente serem aplicados nos exames nacionais.

P22- Não respondeu

P23- O ensino da Química parece-me um pouco teórico; nos programas existem diversas actividades laboratoriais. Semanalmente existe uma aula destinada a prática laboratorial, mas dada a grande extensão do programa, por vezes a realização destas actividades são abreviadas, e não se dá tempo suficiente aos alunos para sedimentarem os conhecimentos práticos. Outro grande problema que sinto em relação às actividades laboratoriais prende-se com a avaliação dos alunos nesta componente prática. Outro grande problema que sinto em relação às actividades laboratoriais prende-se com a avaliação dos alunos nesta componente prática.

Na escola onde eu lecciono o laboratório de Química não está equipada para a realização de muitas actividades para o 10º, 11º e 12º.

P24- Na minha escola durante muitos anos houve falta de laboratório e os conteúdos a leccionar eram dados teoricamente sem a execução prática que lhe deveria ser associada, agora já com laboratório temos por vezes dificuldade de acesso do mesmo; mas também a elevada extensão dos programas criam dificuldades aos professores para realizarem um importante trabalho experimental. Os professores têm de ter flexibilidade e uma boa planificação para desenvolver as actividades que são motivadoras de aprendizagem.

P25- Tento fazer uma abordagem laboratorial muito forte, sempre que é possível.

Na impossibilidade dessa abordagem laboratorial as aulas tornam-se muito teóricas e, conseqüentemente, pouco motivadoras, dada a profundidade e complexidade do programa.

P26- Os programas são ambiciosos. A escola está bem apetrechada, mas o tempo disponível é curto para tanta matéria a tratar nos vários níveis de ensino.

P27- É muito teórica, pois os programas são muito extensos. Não existem verbas para comprar os materiais e reagentes necessários.

30- Apresente algumas sugestões para a melhoria do ensino da química no ensino secundário

P21- Reformulação dos programas em vigor.

- Acção de formação para os professores.

- Existência de laboratório, material e reagentes na escola.

P22- Não respondeu.

P23- Não respondeu.

P24- Os laboratórios das escolas deviam estar melhor equipados e devia haver “autonomia” para escolher as várias valências de Química de forma a serem tratadas e poderem criar conhecimento e desenvolver competências.

P25- Protocolos experimentais mais acessíveis (nomeadamente em termos de materiais necessários).

- Maior componente de trabalhos do projecto.

- Maior componente laboratorial.

P26- Mais horas lectivas para a disciplina

P27- Laboratório melhor apetrechados.

- Maior nº de horas para práticas, diminuindo a extensão dos programas a leccionar.

ANEXO 10. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS AOS ALUNOS

ANEXO 10.1. Resposta de inquérito dos alunos da ESSF relativamente às questões 13, 22, 23, 25, 29, 30

Inquiridos	Questões					
	13 Polímero plástico Polímero não plástico	22 Resumo da actividade que envolve polímero	23 Definição de reciclagem	25 Exemplo de reciclar	29 Visita a instalação industrial de reciclagem	30 Tipo
			Respostas			
A1	PET Cortina	Não realizou actividade	Separação de vários resíduos para poderem ser aproveitados e reutilizados	Separoo o lixo em casa	Não	
A2	Garrafa de água objecto de cortiça	Não realizou actividade	Reutilizar produtos que já foram usados	Reciclagem de plástico	Não	
A3	Não respondeu	Não realizou actividade	Reaproveitar material que já foi utilizado	Não tem atitude recicladora	Não	
A4	garrafa de água Fibra vegetais	Não realizou actividade	A partir de materiais utilizados produzem-se novos produtos para fiins diferentes	colocar produtos utilizados na reciclagem	Não	
A5	Não respondeu	Não realizou actividade	Conversão de materiais não utilizáveis no feito para o qual foram concebidos em materiais utilizáveis	Reciclo as embalagens	Não	
A6	Não respondeu	Não realizou actividade	Reaproveitar os materiais após estes terem sido sujeito a processos	Não tem atitude recicladora	Não	
A7	Não respondeu	Não realizou actividade	Processo que permite que material usado seja utilizado para fazer novos produtos	Separo lixo em casa	Não	
A8	garrafa de água Quadro de cortiça	Não realizou actividade	Transformação de Alguns produtos através de determinados processos de a serem usados novamente	Reciclar embalagens	Sim	Aterro sanitário de Evora
A9	Garrafa de água cortiça	Não realizou actividade	Submeter certo produtos à transformações para serem utilizados novamente	Reciclar embalagens e papel	Sim	Aterro sanitário
A10	Pvc Poliéster	Não realizou actividade	É a reutilização de materiais ditos reciclados	Não tem atitude recicladora	Não	
A11	saco de plástico Peça de mobiliários	Não realizou actividade	Processo de transformação de materiais de forma a reutilizá- loos	separo o lixo	Não	
A12	garrafa de plástico Borracha	Não realizou actividade	Fazer a triagem de diferentes materiais, separando- os e tornando - os em novos materiais, havendo um reduzido perda de mat-eria	Ir ao ecoponto e fazer separação	Não	
A13	Não plástico proteínas	Não realizou actividade	O material é degradado para que possa dar origem a outro objecto	Separação de lixo e reutilização de objectos	Não	
A14	Garrafas de água Cortiça	Não realizou actividade	Um processo que irá permitir a reutilização dos materiais	Separação de lixos em diferentes sacos	sim	Papel
A15	Garrafa de plástico cortiça	Não realizou actividade	os materiais já utilizados são deteriorizados em locais próprios de forma a ficarem apfos a novas utilizações práticas	Não tem atitude recicladora	Não	
A16	Não respondeu	Não realizou actividade	Transformação de materiais para uma nova utilização	usar folhas usadas como rascunho e separar embajagens	Não	
A17	Não respondeu	Não realizou actividade	processo que permite a reutilização de compostos	Não tem atitude recicladora	Não	
A18	PET Proteínas	Não realizou actividade	Reutilização dos materiais	Separar pilhas, vidros papel, plástico	Não	

ANEXO 10.2. Resposta de inquérito dos alunos da ESPG relativamente às questões 13, 22, 23, 25, 29, 30

Questões						
	13	22	23	25	29	30
Inquiridos	Polímero plástico Polímero não plástico	Resumo da actividade que envolve polímero	Definição de reciclagem	Exemplo de reciclar	Visita a instalação Industrial de reciclagem	Tipo
	Respostas					
A1	Não respondeu	Não respondeu	É um processo de reutilização de materiais já utilizados	Não tem atitude recicladora	Não	
A2	Vidro Papel	Obtenção do nylon	Termo utilizado para designar o reaproveitamento de materiais para um novo produto	Não tem atitude recicladora	Não	
A3	Sapato Vaso	Como distinguir os tipos de polímeros	É a transformação de lixo em novos materiais utilizados	Não tem atitude recicladora	Não	
A4	Linha de seda Embalagem (bóias) de refrigerantes	obtenção do Nylon 6,6 e síntese de pega mostro	é quando se faz uma reutilização dos objectivos que já não se usa	Não tem atitude recicladora	Não	
A5	Tubo pvc e garrafa de água(plástico) Não respondeu-Não plástico	Estudou o comportamento de vários tipos de plásticos em diferentes substância e temperatura(na água, no óleo, no forno 270°C)	É transformar o que está fora de uso em algo útil para utilização	Quando bebemos água engarrafada guardamos as garrafas para colocar água ou outro líquido em vez de deitarmos em qualquer lixos	Não	
A6	.Linha de seda .Bolsa de plástico	Experiência com lã de animal (carneiro) observamos a divisão feita com o microscópio também com o nylon 6,6 e a síntese do pega mostro	É a renovação dos materiais velhos em materiais novos ou seja é a redução do lixo colocando materiais inúteis em materiais úteis.	Não deita para o lixo o copo de iogurt para o lixo utilizado como copo para apanhar água para tomar banho	Sim	papeis
A7	Vasos Sapatos	Obtenção do nylon 6,6	Transformação de materiais no qual para nós já não tem utilidade em algo útil	Não tem atitude recicladora	Não	
A8	Vasos Sapatos	Obtenção do nylon 6,6	Transformação de materiais que não tem utilidade para nós em materiais úteis	Não tem atitude recicladora	Não	
A9	Papel Não respondeu	Obtenção do nylon 6,6	Economizar, proteger a natureza, reutilizar os materiais que consideramos lixos	Reciclagem de cds	Não	
A10	Celulose Pvc	O plástico a alta temperatura muda de cor e pode ser moldado	Conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os detritos e reutilizar no ciclo de produção que já saíram	Não tem atitude recicladora	Não	
A11	vaso cortinas roupas vidro papel	obtenção do Nylon 6,6 e síntese de pega mostro	Termo utilizado para designar o reaproveitamento de materiais beneficiadas como matéria prima num outro produto	Não tem atitude recicladora	Não	
A12	vaso, roupa Vidro papel	obtenção do Nylon 6,6 e síntese de pega mostro	É uma forma de recuperar materiais velhos e fazer com que se transforma em outros produtos utilizáveis	Não tem atitude recicladora	Não	
A13	pvc celulose	Não recordo	É a conservação e transformação de materiais que não tem mais utilidades em algo que pode ser utilizado, em vez de os deixar acumular em lixo	Não tem atitude recicladora	Não	
A14	Não respondeu	o plástico foi aquecido a altas temperaturas até atingir um estado em que ele mudou de cor e de textura	É reutilizar objectos que foram deitados fora que não tem qualquer utilidade	Tenho estado a transformar alguns objectos que não tem utilidade em objecto úteis	Não	
A15	Não respondeu	Colocamos um polímero no microscópio para observar que é possível ver uma cadeia de fios ligados entre si	É a transformação daquela que parece já não ter mais utilidade em algo que poderá ser usado novamente.	Não tem atitude recicladora	Não	

ANEXO 10.3. Resposta de inquérito dos alunos da ESSF relativamente às questões 9, 10, 11, 12.

Questões				
	9 Vantagens/Desvantagens (Aulas teóricas)	10 Vantagens/Desvantagens (Aulas laboratoriais)	11 Exs. De Aplicação polímeros	12 Diferença entre polímeros e plásticos
Inquiridos	Respostas			
A1	V-Aquisição de conhecimentos e resolução de problemas analíticas D-pouca interação com a prática	V-Aplicação dos conceitos teóricos na prática D-Actividade prolongada	Não respondeu	Plásticos englobam os polímeros sintéticos Os polímeros são naturais ou sintéticos
A2	V-Aquisição de conhecimentos e resolução de exercícios D-pouca interação com a prática,pouca aplicação dos conhecimentos	V. Mais fácil aprendizagem, pôr em prática os conhecimentos D-Não respondeu	Alimentos, garrafas industriais, objectos de cortiça	Um plástico é um polímero e nem todos os polímeros são plásticos
A3	V-Aprende -se as matérias teóricas que se vão utilizar nas aulas laboratoriais D-Alguma aulas teóricas são um bocado monótonas	V- Aplica- se aquilo que se aprende nas aulas teóricas D-Podemos não ter os resultados esperados	Não respondeu	Todos os plásticos são polímeros, mas nem todos os polímeros são plásticos
A4	V-Desenvolvimento das capacidades intelectuais dos alunos D-Não ter a percepção da aplicação prática	V- Aulas estimulantes D- Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
A5	V-Adquirem -se os conhecimentos necessários `experimentação D-Maior probabilidade de provocar sonolência	V-Maior interação dos com o tema	Embalagem de plástico	Plásticos são polímeros artificiais
A6	V -Não respondeu D-As aulas são, por vezes monótonas Não temos aulas prática	D- os processos podem demorar algum tempo e nem sempre são atingidos os resultados esperados	Não respondeu	Não. Apenas sei que os plásticos são polímeros mas nem todos os polímeros são plásticos
A7	V.Maior aprendizagem D-Aborrecidas e requerem maior atenção	V- Aprende- se a trabalhar com o material e vê -se coisas concretas D-Há brincadeiras entre os alunos devido a maior liberdade	Garrafas de plásticos, plásticos dos automóveis	Não respondeu
A9	V-Maior compreensão da matéria leccionada;possibilidade de tirar duvidas D-Perda de concentração ; aulas monótonas	V-Aulas mais dinâmicas D-Ter dee elaborar relatórios; falta de materiais	Próteses, mesas, embalagens (plásticos)	Não respondeu
A10	V-Melhor conhecimento teórico;possibilidade de tirar dúvidas D- São muitas vezes exaustivas;pouco contacto com a parte prática do material	V-Maior contacto com coisas desconhecidas,conhecimento prático D-Muitas vezes demoram muito tempo	Mobiliário plástico	Sim. São substituintes de plásticos com características mais amigas do ambiente
A11	V- Maior conhecimento da matéria, possibilidade de expôr maior quantidade de matéria D-Não ter contacto e conhecimento prático com a matéria exposta	V-Conhecimento prático da matéria e fundamentação de conhecimentos D_Maior probabilidade de distrações	Garrafas plásticas, mesas , borrachas	Os polímeros fazem parte da constituição do plástico
A12	V-Conhecer a aplicar a matéria. D-Pouco contacto com a experiência	V-Melhor entendimento da matéria aplicada à prática D-Alguns materiais são dispendiosos	Garrafas de agua ou sumo, mesas de esplanada	Não
A13	V-Aprendizagem dos conceitos essenciais da disciplina D- Afastamento das situações práticas	V-Aplicação dos conceitos leccionadas, evolução da capacidade de observação D-Quando os resultados não são os esperados pode não se retirar conclusões	Garrafas revestimentos , fibras	plástico é um polímero artificial
A14	V-Sabes tudo a cerca da matéria D-Não respondeu	V-Aprendemos melhor a parte prática da Química D-Não respondeu	Garrafas, alimentos,proteinas	Plásticos são polímeros, mas nem todos os polímeros são plásticos
A15	V- Aprende-se D-Algumas são aborrecidas	V-Contaco com os materiais que não podemos utilizar noutras locais Aplicar conhecimentos teóricos. D-podem demorar muitotempo	Garrafas de plásticos,fibras e placares de cortiça	Plásticos são polímeros, mas nem todos os polímeros são plásticos
A16	V-Ganhar desenvolvimento cognitivo D_Não adquirir capacidades práticas	V-Adquirir capacidades práticas D-Não respondeu	Garrafas de plásticos	Não respondeu
A17	D-Tornam- se cansativa e aborrecidas V_Não respondeu	V-Aprendizagem de técnicas úteis D-Não respondeu	Biomédica(próteses),garrafas e depósitos , protecção(lã de vidro)	os plásticos são conjuntos de polímeros
A18	V-Conhecer e resolver problemas analiticamente. D-Não ter conhecimento prático da matéria	V-oportunidade de desenvolver a parte prática, conhecer, conhecer a relação da parte prática com a parte analítica. D-Algo mecânico,parecido a receita de cozinha, por vezes	Não respondeu	Não respondeu

ANEXO 10.4. Resposta de inquérito dos alunos da ESPG relativamente às questões 9, 10, 11, 12.

Questões				
	9	10	11	12
Inquiridos	Vantagens/Desvantagens (Aulas tóricas)	Vantagens/Desvantagens (Aulas laboratoriais)	Exs. De Aplicação polímeros	Diferença entre polímeros e plásticos
	Respostas			
A1	V-preparar para a prática laboratorial D- Não respondeu	V-aprender mais rápida e aplicar a teoria D- Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
A2	V-Aprende-se através das fichas e exercícios ajuda-nos a saber como resolver e concluir uma experiência laboratorial D-Não respondeu	V. Mais eficaz Aprende - se mais rapidamente	Isolamento,Vitrinas,pilhas	polímero macromolécula natural ou sintética Plástico.materiais orgânicos poliméricos sintéticos
A3	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
A4	V-prepar melhor para as aulas práticas D-As vesez ocupam muito tempo sem ter validade	V-Prática e motivadora	Tubo de pvc, fábrcos de roupa de seda	polímero macromolécula natural ou sintética Plástico são durosdo que os polímeros e são sintéticos.materiais orgânicos poliméricos
A5	V- Obter maior conhecimento Preparar para prática laboratorial	V-Aprende- se mais sobre os conteúdos estudados na teoria e permite-nos a realização de várias experiências D-Não se pode realizar experiências sem conhecimento do conteúdo	Tubo de canalização, embalagens, recipiente para guardar e armazenar produtos	O plástico é um tipo de polímeros
A6	V- Facilidade de compreensão na aula laboratorial D-Conteúdos exagerados e muitos deles não tem grande contribuição para a disciplina	V.ajuda-nos na subida da média e é mais colectivo e mais mitivadora D-Não observei	tubo de pvc , fabrico das roupas- seda	polímero macromolécula natural ou sintética Plástico.materiais orgânicos poliméricos sintéticos, tem maior percentagem de dureza
A7	V-Muito conhecimento sobre a matéria Ficamos mais preparados para o teste D-Quando a matéria é muita ficamos sem conhecer como decorre o processo.	V- aprender com mais facilidade D- Não vejo desvantagem	Não respondeu	polímero são macromolécula natural ou sintética enquanto que Plástico.materiais orgânicos
A8	V.Comprendemos com maior facilidade	V-comprender com mais facilidade	Fabricação de roupas (seda) e tubo pvc	polímero são macromolécula natural ou sintética enquanto que Plástico são .materiais inogânica
A9	V-Ganha experiência para a prática D- Não respondeu	V-Conhece-se melhor os materiais e facilita a sua manipulação D-Não respondeu	tubos de canalizações e Fabricação de roupas (seda)	polímero macromolécula natural ou sintética Plástico.materiais orgânicos poliméricos sintéticos
A10	V.-Permite conhecer as regras de segurança no laboratório D- não respondeu	D- Mais interessante e permite realizar o que é visto na teoria. D- Não respondeu	copos, CD, tubos pvc,,nylon fibras, cordas e roupas seda	Polímeros não são apenas plásticos, constituem também o nosso corpo.. Plástico são materias amolecíveis pelo calor e solúvel nesse estudo
A11	V-prepar melhor para as aulas práticas D- aula morta e dá sono	V. mais prática D.Nao respondeu	Não respondeu	polímero macromolécula natural ou sintética Plástico.materiais orgânicos poliméricos sintéticos
A12	D-Muitas vezes contribuem para a desmotivação-quando só falam os professores V-Não respondeu	V- Mais prática, mais objectiva D- Não existem	Tubo pvc, fabricações de roupas e detergentes	polímero macromolécula natural ou sintética Plástico.materiais orgânicos poliméricos sintéticos
A13	V-Importantes, interessante e adquire muito conhecimento D- não respondeu	V-Divertidas,mais interessante do que a teoria D- Não tem	O vestuário,embalagens para bebidadz, cds	Polímeros são produzidos por reacções de condensação, adição e copolimerização, en quanto que oos plásticos são produzidos pelo homem, são polímeros sintéticos.
A14	V.são dadas muitas informações e Adquire-se muitos conhecimentos D-Não respondeu	V-É sempre bom comprovar de perto o que se estuda na teoria e podemos manusear os materiais D-Podemos sofrer uma cidente laboratorial	para conservar ao alimentos Fabrico de tubos pvc e sacos de plásticos	Não respondeu
A15	V- Eigem muita concentração D- muitas vezes são desinteressantes e monótonas	V-Dar a noção de como são as coisas Vistas na teoria, exige muito conheci-da teoria D-Não respondeu	Não respondeu	O plástico é um polímero sintético, não deve ter a diferença

ANEXO 10.5. RESPOSTAS DE INQUÉRITOS DOS ALUNOS APÓS À REALIZAÇÃO DAS PRÁTICAS LABORATORIAIS

ANEXO 10.5.1. Resposta de inquérito dos alunos da ESSF relativamente às questões 1, 2, 3.

Questões	Categorias de resposta	Inquiridos								
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
1	Muito má									
	Má									
	Suficiente									
	Boa	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
	Muito boa									
2	Incentivar o trabalho em grupo	sim	Não	sim	Não	sim	sim	sim	sim	sim
	Aumentar a motivação para o estudo da química	sim	sim	Não	sim	Não	sim	sim	sim	sim
	Criar curiosidade em aprender mais em ciência	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
	Facilitar aquisição de conhecimento	Não	sim							
	Desenvolver habilidades na manipulação de materiais laboratoriais	sim	sim	sim	Não	sim	Não	sim	sim	sim

Questões	Categorias de resposta	Inquiridos								
		A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
1	Muito má									
	Má									
	Suficiente									
	Boa	sim	sim	sim						
	Muito boa				sim					
2	Incentivar o trabalho em grupo	Não	sim	Não	sim					
	Aumentar a motivação para o estudo da química	sim	sim	sim	sim					
	Criar curiosidade em aprender mais em ciência	sim	sim	sim	sim					
	Facilitar aquisição de conhecimento	Não	sim	sim	sim					
	Desenvolver habilidades na manipulação de	sim	Não	sim	sim					

Transcrição de inquérito aos alunos da ESSF após a realização das experiências.

1.1. Justifica a tua resposta indicando vantagens e desvantagens das mesmas.

A1- Vantagens: Adquirir capacidades práticas de laboratório; visualizar conteúdos leccionados;

A2 - Como vantagens podemos expor tudo o que aprendemos teoricamente e ver todos os erros possíveis que podemos fazer, pois no mundo não há só contos.

Desvantagens: há perigo de receber o protocolo e fazer tudo o que pede, sem saber ao certo porquê, torna-se quase como uma receita de cozinha.

A3 - Podemos “ contactar” com material de laboratório, são por vezes, muito demoradas e nem sempre são atingidos os resultados esperados.

A4- A vantagem é que podemos ganhar mais experiência ao trabalharmos com materiais do laboratório. A desvantagem é que, muitas vezes, como os trabalhos são tão demorados não conseguimos ter resultados.

A5 - Não respondeu.

A6 - Com as aulas práticas podemos observar a ocorrência de determinados fenómenos, o que contribui para a acumulação dos conceitos teóricos detalhes teóricos não são perceptíveis com as actividades o que pode levar à criação de dúvidas.

A7 - Oportunidade de adquirir novos conhecimentos; desenvolvimento de trabalho em grupo, novas experiências a nível do laboratório; os grupos estavam um pouco desordenados, e sendo que essa aula prática, é mais fácil houve pessoa menos participantes.

A8 - Vantagem: maior contacto com a parte prática.

Desvantagem: pouco conhecimento teórico sobre o tema.

A9 - Vantagem: maior contacto com a parte prática.

Desvantagem: pouco conhecimento teórico sobre o tema

A10 - Nestas aulas têm-se maior noção prática de como são feitas as experiências, mas há desvantagem como menos atenção

A11 - Ajudam a perceber como se obtêm o PET; são aulas que captam a tenção;

Como a turma é grande, por vezes os alunos dispersam em relação a experiência.

A12 - vantagem: actividade experimental bem preparada e com resultados conclusivas.

Desvantagem: atinge-se, no final, algo menos extraordinário do que esperado.

A13 - Vantagens: aproximação à área científica e contacto com reagente; conhecimento de várias aplicações dos polímeros.

Não encontrei desvantagens.

3. Faz duas sugestões para melhorar este tipo de actividades laboratoriais. Indica também um tema na área dos polímeros que gostasses que fosse abordado no futuro.

A1 - Sugestão: introdução teórica acerca dos trabalhos a desenvolver.

Tema: utilização de polímeros na área da biologia e medicina.

A2 - Fazer inúmeras perguntas aos alunos; O trabalho que está a ser realizado de modo a não apenas introduzir temas, e sim criar um gosto especial para a química e sobretudo criar um ambiente à vontade, mas não em demasia, para que os alunos não se sintam envergonhador ao ponto de terem dúvidas e não as proporem. A cerca dos polímeros a única coisa que me ficou especialmente a aplicação dos polímeros

A3 - Poderia haver uma aula teórica onde se abordasse o que iria estudar na actividade laboratorial. Ter material previamente seleccionado de modo a não se perder tempo.

A4 - Pode haver maior liberdade para as pessoas fazerem a experiência, sobre a vigilância do professor; poderia haver uma aula teórica onde se abordasse o que queria fazer na aula.

A5- Não respondeu.

A6 - Penso que as aulas práticas deviam permitir uma maior participação e manuseamento dos materiais por parte dos alunos, o que por vezes não é possível por motivos logísticos.

Era interessante abordar os polímeros orgânicos já que muitas vezes não são considerados como polímeros pelo comum das pessoas.

A7 - Acho que para a realização deste tipo de actividade laboratorial nas escolas, os grupos têm que ter menos elementos, a fim de haver mais oportunidade de participação dos alunos.

A8 - Não respondeu.

A9- Não respondeu.

A10 - Para estas actividades serem melhores seria benéfico o grupo de trabalho ser menor.

A11 - Fazer grupos pequenos.

A12 - Aumentar o número de “postos de trabalhos” de forma a intensificar a envolvência dos alunos. Possibilitar e atingir “metas” mais satisfatórias.

Tema: polímeros naturais.

A13 - Ser desenvolvidas mais actividades do mesmo género.

Um tema que gostaria de ser abordado na área dos polímeros seria a formação de borracha.

ANEXO 10.5.2. Resposta de inquérito dos alunos da ESPG relativamente às questões 1, 2, 3

Questões	Categorias de resposta	Inquiridos														
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
1	Muito má															
	Má														NR	
	Suficiente															
	Boa			sim	sim	sim		sim	sim				sim			
	Muito boa	sim	sim				sim			sim	sim	sim		sim		
2	Incentivar o trabalho em grupo	sim	sim	sim	sim	sim	sim		sim	sim	sim	sim	sim	Não		
	Aumentar a motivação para o estudo da química		sim	Não	sim											
	Criar curiosidade em aprender mais em ciência	sim	sim	sim	Não	sim										
	Facilitar aquisição de conhecimento	sim	sim	sim	sim	Não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	Não	sim		
	Desenvolver habilidades na manipulação de materiais	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim		

Transcrição do inquérito aos alunos da ESPG após a realização das experiências.

1.1 Justifica a tua resposta indicando vantagens e desvantagens das mesmas.

A1 - Porque aprendi muito, consegui aplicar o que aprendi nas aulas teóricas, aprendi qual é a importância da reciclagem e como é que se faz.

A2 - As aulas foram muito boas porque aprendemos bastante sobre as experiências.

A3 - Porque foi bom ter essas aulas práticas laboratoriais, porque aprendi que com o plástico podemos melhorar o ambiente com o processo da reciclagem; Aprendi também o que se deve e não fazer num laboratório.

A4 - Foram boas pelo facto de estar no laboratório, mais uma vez. Só que com melhores condições e poder fazer algumas experiências embora não podemos fazê-las por completo por falta de material.

A5 - Aprendi nas aulas laboratoriais o manuseamento de materiais e utilização dos reagentes. Aprendi como se faz a reciclagem de garrafas de plásticos.

A6 - Muito boa, isto porque vi algo que nunca tinha visto antes, a reciclagem de garrafas de plásticos. Foi muito divertido também. Aprendi a fazer reciclagem laboratorial com garrafa de plástico. Tivemos um bom aproveitamento.

A7 - Acha que foi boa porque aprendi muito, só que participei muito pouco nas experiências.

A8 - porque fiquei a conhecer os materiais laboratoriais, aprendi a fazer polimerização e despolimerização do PET.

A9 - Nas aulas práticas laboratoriais aprendi a importância dos polímeros, das reciclagens etc. Aprendi como manusear os instrumentos no laboratório e algumas regras ao fazer certas experiências.

A10 - Muito boas porque aprendi a trabalhar num laboratório e a adquirir alguma experiência em utilizar algumas substâncias (reagentes).

A11 - Porque foi mais clara, houve muito sucesso e aprendi a fazer pesagem das substâncias. Colocamos em prática o comportamento de estar no laboratório, não mais palavras para se descrever.

A12 - Não respondeu.

A13 - Foi muito boa porque aprendi como é que se faz a despolimerização, isto é, como é que podemos fazer o plástico decompor de forma rápido.

3. Faz duas sugestões para melhorar este tipo de actividades laboratoriais. Indica também um tema na área dos polímeros que gostasses que fosse abordado no futuro.

A1 - Arranjar mais equipamentos e materiais e formar grupos de trabalhos menores

Tema: polímeros biodegradáveis

A2 - Apetrechar os nossos laboratório evitando deslocamentos para outros laboratório.

Formar grupos de trabalhos menores.

Tema: polímeros naturais

A3 - Não tem.

A4 - Aumentar o tempo para essas actividades e arranjar mais materiais.

Tema: Fazer reciclagem de outros tipos de polímeros

A5 - Não respondeu

A6 - Maior participação dos alunos nas experiências por isso formar grupos pequenos de trabalho. Arranjar materiais suficientes para todos os grupos.

Tema: polímeros orgânicos.

A7 - Mais aulas teóricas sobre o tema e mais tempo para experiência,

Tema: polímeros naturais.

A8 - Não tem sugestão, estou de acordo com a experiência.

A9 - Fazer com mais frequências actividades laboratoriais deste tipo. Apetrechar o laboratório da nossa escola para que todos os alunos possam participar activamente nessas actividades.

Tema: qualquer um.

A10 - Grupo de trabalhos menores e aumentar matérias.

Tema: aplicação dos polímeros.

A11 - Aumentar aulas teóricas sobre o tema e aumentar números de experiências

Tema: formação do nylon.

A12 - Não respondeu.

A13 - Cada grupo deve ter os seus materiais de trabalho. Mais experiências deste tipo.

Tema: qualquer um sobre polímeros.